DİJİTAL KÜTÜPHANE KANALI

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

https://rantey.org

Yedek ve Duyuru Kanallarımız
Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

• Telegram: https://t.me/birkitapbir

• WhatsApp Kanalımız : https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4IvMoc0Y

KALITIM VE EVRİM

7. BASKI



Prof. Dr. Ali Demirsoy

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

Kapak: Doç. M. Turan Akay

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

KALITIM VE EVRİM

Prof. Dr. Ali Demirsoy

Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi
Biyoloji Bölümü Zooloji Anabilim Dalı

7. Baskı

1995
Ankara

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

ÖNSÖZ

Bundan yaklaşık 3 - 4 milyar yıl önce evrensel bir piyango çekilmiş ve büyük bir olasılıkla en büyük ikramiye dünyaya isabet etmiştir. Bu, kendi benzerini üretebilen, çoğalabilen, yenilenebilen, değişebilen; fakat, ancak belirli koşullar altında niteliğini koruyabilen canlılığın ilk mayasıdır. Bu eşsiz öz, doğanın laboratuvarlarında 3 - 4 milyar yıl süreyle işlenmiş, dallandırılmış, çeşitlendirilmiş ve geçmişdekini gözönüne almazsak bugün yaşayan yaklaşık 700.000 civarında bitki, 1.500.000 civarında da hayvan türünün ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Bu gelişimin son halkası, kuşkusuz, araştırma yeteneğine sahip, soyut düşünebilen ve öğrendiklerini zamandaşlarına ve gelecek kuşaklara en etkin bir şekilde aktarabilen **''insan''** *dır. Atalarımızın kazandıkları bilgileri aynı yolla bize aktarmaları, tarihsel bir kültürün meydana gelmesine ve doğan her* **''insanın''** *bu kültür üzerine birşeyler ekleme olanağı bulmasına neden olmuştur. Bu gelişim, durmayan ve durdurulamayan bir sürekliliktir. Değişim, evrenin özünde vardır. Her saniye genişleyen, yer değiştiren bir evrende, onun bir kısmını oluşturan parçaların sabit kalmasını düşünmek, doğaya ters düşmek demektir. Tüm canlılar ve cansızlar bu evrensel yasanın dışına çıkamazlar. Bu nedenle, evrenin gerek cansız gerekse canlı yapılarının zaman süreci içerisindeki değişimini incelemek, tarafsız ve somut bir düşünceyi, yani* **''insan''** *olmayı gerektirir. Bu nedenle o en gelişmiş varlık olarak nitelendirilir.*

Cansızların ve canlıların zaman süreci içerisinde meydana getirdikleri bu değişiklikleri inceleyen bilim dalına ''Evolusion = Evrim'' adı verilmektedir. Cansızların evrimini inceleyen alt bilim dalına ''Anorganik Evrim'' denir [çoğunluk uzay fizikçilerinin ve astronomistlerin araştırma alanı içerisine girer]. Canlı özün değişimi, ''Organik Evrim'' olarak bilinir [başta biyologlar olmak üzere, kimyacı ve diğer bilim adamlarının araştırma alanı içerisine girer]. Son olarak da soyut ve somut düşüncenin, onunla ilgili olarak sosyal ilişkilerin evrimidir [sosyal bilimlerle uğraşanların çalışma alanı içerisine girer].

Nereden geldik, nereye gidiyoruz, çevremizdeki canlılar niçin var ve neden her biri farklı şekilde yapılmıştır sorusunun ilk defa söylendiği tarih, evrim biliminin başlangıcını oluşturur. Bu da soyut düşünebilen insanlık tarihi kadar eskidir.

Her devirde, her kültür düzeyinde bu soruların değişik açıklamaları olmuştur. Düşünen insanın kafasını sürekli kurcalayan bu bilinmezlik, kökü Mezopotamya kültürlerindeki inanışlara dayanan bir formülle çözülmeye çalışılmıştır. Bu, her şeyin olduğu gibi ''bir defada'' Tanrı tarafından yaratıldığına inanmaktı. Bu düşünceyi köken alan değişik inanç grupları, özde aynı olmakla beraber, bazı küçük farklılıklarla yaratılış modelleri geliştirmeye çalışmışlardır. Başlangıçta ve bugün hâlâ geniş halk kitleleri tarafından benimsenen bu inanç, gerçekte binlerce yıl insanların rahatlatılmasına ve içini kemiren bu **''merak''** *duygusunun bastırılmasına büyük hizmetleri olmuştur. Yalnız bu rahatlık, toplumlarda doğmatik düşüncenin yaygınlaşması ve doğaya yabancılaşma gibi ağır bir faturayla ödenmeye başlandı. Öyleki, bu doğma-*

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

tizmin ortaya çıkardığı atıl tortu tüm dölleri ve bireyleri etkileyerek ***''yalnız beş duyumuzla algılayabildiğimiz şeyleri gerçek olarak tanımaya, her şeyi olduğu gibi kabul etmeye ve onların tümünün özellikle insan için yaratılmış olduğuna inandırarak''*** *buzdağının altındaki gerçek yapıyı öğrenmelerini engellemeye başladı.*

Tarih, düşündüklerini söyleyen ya da gerçeğe, alışılagelmiş yöntemlerin dışında yaklaşmak isteyen ***''bugünkü bilgilerimizin ışığı altında ister yanılmış, ister doğruyu bulmuş olsunlar''*** *düşünürlerin, bilim adamlarının çektikleri acı öykülerle doludur. Kiliseye karşı evrenin sonsuzluğunu savunan BRUNO, Roma meydanında yakılırken (17 Şubat 1600) tüm baskı ve acılara katlanarak, düşündüğünü ve inandığını korkusuzca savunmak suretiyle, gelecek kuşaktaki bilim adamlarına önderlik etmiştir...*

Fiziksel olarak her an değişen evreni, düşüncelerimizde ve inançlarımızda sabitleştirerek sonuca varmaya olanak yoktur. Çünkü hiçbir düşünce ya da işleyiş, evrensel yasalara karşı olamaz. Toplumların baskı altında tutularak ya da bazı doğmatik fikirler aşılanarak değişmez ve kararlı bir hale getirilmesi denenmiş; fakat, bu, evrensel yasaya aykırı olduğu için sonuç alınamamıştır. Son yüzyılımızda, bu gerçeği benimseyerek, bilimsel düşünceyi her boyutta serbest bırakan toplumlar, çağdaşlaşmış ve özellikle doğanın ana ilkelerini ortaya koyan temel bilimler alanında patlarcasına büyüme ve gelişmeyi sağlamışlardır. Bunun en doğal sonucu olarak evrim düşüncesinde de birçok gelişmeler ortaya çıkmıştır. Bu evrimsel düşünce değişimi tüm hızıyla zamanımızda da sürmektedir. Son 30 yılda gelişen alet ve aygıtlarla yapılan denemeler ve gözlemler, özellikle biyoloji alanında ve uzay çalışmalarında elde edilen bulgular, evrenin yapısını ve dokusunu gerçeğe biraz daha yaklaştırarak açıklamaya başlamıştır. Artık, bugün biz canlı ve cansız evren konusunda belirli temel bilgilere ve ilkelere sahibiz. Fakat bu ana ilkeler arasındaki dokunun örülmesi daha yüzlerce yıl alacaktır. Zaten evrimin ana ilkesi de budur. ***''Yeter ve Dur''*** *kelimeleri evrimin anlamına ters düşer. Bu nedenle, bu kitabı okuyanlar, bu bilgi bana yeter diyorsa o zaman bu kitap ve verilen bilgi amacına ulaşmamıştır ya da okuyan, zihnine yerleşmiş doğmatik düşüncenin kötü tortusundan arınmak zorundadır.*

Kitaba yeni birçok konunun ilave edilmesi gerektiğini ve mevcutların ise düzeltmesi gerekeceğini düşünmek kaçınılmazdır. Bana iletilecek tamamlayıcı bilgiler ve eleştiriler her zaman göz önünde tutulacaktır. Eğer bu kitapla öğrencilerime, çeşitli meslek gruplarından okuyucu kitlesine evrimsel temele dayalı bilgi verebildiysem kendimi mutlu addedeceğim.

Bu kitabın basımını üstlenen METEKSAN Limited Şirketi'nin ilgili tüm elemanlarına, ayrıca kitabın basımı sırasında düzeltmelerin yapılmasına katkıda bulunan Doç. Dr. ***İlhami Kiziroğlu'****na, Araştırma Görevlisi Sayın* ***Yıldız Aksu'****ya ve özellikle Sayın* ***Ertunç Gündüz****'e, kitabın moleküler biyoloji kısmını okuyan ve değerli katkılarda bulunan Dr.* ***Ay Öğüş,*** *Doç. Dr.* ***Hamdi Öğüş'****e; kitabın yazılması sırasında büyük bir sabır gösteren eşim* ***Duriye Demirsoy'****a, resimlerin çizilmesinde katkısı olan teknik ressam* ***Suzan Anuk, Muzaffer Eyvaz, Selma Demirkıran'****a; kitabın yazılmasında emeği geçen Zooloji Anabilim Dalı Sekreterlerinden* ***Züleyha Özçelik*** *ve* ***Hülya Çelen'****e burada teşekkür etmeyi bir borç bilirim.*

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

İÇİNDEKİLER

I. KISIM: EVRİMDEKİ ÖNEMLİ BASAMAKLAR

1. BÖLÜM: ANORGANİK EVRİM 3

1.1. GÖRESELİK KURAMLARI 3
1.1.1. Özel Göreselik Kuramı 4
1.1.1.1. Hızda Göreselik 6
1.1.1.2. Zamanda Göreselik 7
1.1.1.3. Kütlede Göreselik 10
1.1.2. Genel Göreselik Kuramı 12
1.1.2.1. Evrenin Boyutları 15
1.1.2.2. Birleşik Alanlar Kuramı 18
1.2. EVRENİN OLUŞUMU 19
1.2.1. Big-Bang Kuramı 23
1.3. DÜNYANIN OLUŞUMU 26
1.3.1. Güneş Sisteminin Oluşumu 27
1.3.2. Gezegenlerin Oluşumu 30
1.3.2.1. Dünyanın Oluşumu 31
1.4. ATMOSFERİN OLUŞUMU VE EVRİMİ 32
1.4.1. Oksijensiz Evre 33
1.4.1.1. Urey Efekti 35
1.4.1.2. Abiyotik Yoldan Organik Madde Sentezlenmesi 38
1.4.1.3. Atmosferin Mekanik Koruyuculuk Etkisi 39
1.4.1.4. Atmosferin Canlılığın Özelliklerini Belirleyici Yapısı 40

2. BÖLÜM: CANLILIĞIN ORTAYA ÇIKIŞI 42

2.1. TANRI TARAFINDAN CANLILIĞIN DOĞRUDAN DOĞRUYA YARATILIŞI 42
2.2. PLANETLER VEYA YILDIZLARARASI YAŞAMIN TRANSFERİ 43
2.3. KENDİLİĞİNDEN YARATILIŞ 45
2.4. MOLEKÜLER YARATILIŞ 45
2.4.1. Canlılığın Yapı Taşları 45
2.4.2. Enzimlerin Evrimdeki Yeri 53
2.4.3. Hücre Zarının Oluşumu (= Koaservatlar ve Proteinoid Mikrosfer Oluşumları) 56
2.4.4. Moleküler Yaratılışta Tesadüf Olasılığı 60
2.5. CANLILIĞIN ÖZELLİKLERİ 63
2.5.1. Özel Bir Kimyasal Dizilime Sahip Olmaları 63
2.5.2. Hücresel Dizilim 63
2.5.3. Büyüme 63
2.5.4. Enerji Kullanımı 64
2.5.5. Çevreye Uyum 64
2.5.6. Üreme 64
2.5.7. Evrimsel Uyum ve Varyasyonların Kalıtımı 65
2.5.8. Hareket 65

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

2.6. VİRÜSLER 65
2.6.1. Bakteriyofajların Belirlenmesi 69
2.6.2. Virüslerin Genel Özellikleri 69
2.6.2.1. Viron 70
2.6.3. Bitki ve Hayvan Virüslerinde Latens 70
2.6.4. Urların (Tümörlerin) Viral Kökeni 71
2.6.5. Bazı Canlı Gruplarında Virüslere Karşı Duyarlılık 71
2.6.6. Virüslerin Konukcu Zinciri 71
2.6.7. Virüslerin Sınıflandırılması 72
2.6.8. Virüsler ile Diğer Organizmalar Arasındaki Farklar 72
2.6.9. Virüslerin Kökeni 73

3. BÖLÜM: HÜCRESEL EVRİM 74

3.1. PROKARYOTİK (ÇEKİRDEKSİZ) HÜCRELER 74

3.2. EUKARYOTİK (ÇEKİRDEKLİ) HÜCRELER 74
3.2.1. Hücre Organellerinin Durumu 75
3.2.1.1. Çekirdek 75
3.2.1.2. Mitokondriler 76
3.2.1.3. Ribozomlar 77
3.2.1.4. Kamçılar 77
3.2.1.5. Kloroplastlar 78

3.3. HÜCRE ORGANİZASYONUNUN OLUŞMASI VE GELİŞMESİ 80
3.3.1. Kamçı ve Siller 87
3.3.2. Mitokondriler 88
3.3.2.1. Kimyasal Sentezler 88
3.3.2.2. Serbest Oksijen Olmayan Ortamda Enerji Elde Edilmesi 89
3.3.2.3. Oksijenli Solunuma Geçiş 92
3.3.2.4. Oksijenli Solunumun Ortaya Çıkışı 92
3.3.3. Çekirdek Zarının Ortaya Çıkışı 95

3.4. LABORATUVARDA EVRİM 96

4. BÖLÜM: EŞEYSELLİĞİN (SEKSİN) EVRİMİ 99

4.1. EŞEYSELLİK VE DEĞİŞİM (VARYASYONLAR) 99
4.1.1. Populasyonlardaki Kalıtsal Değişimler 99
4.1.2. Prokaryotlarda ve Birhücrelilerde Eşeysellik 100
4.1.2.1. Bakterilerde Gen Aktarımı 100
4.1.2.2. Gen Aktarımının Kökeni 102
4.1.2.3. Terliksi Hayvanlarda Kavuşum (Konjugasyon) 102
4.1.3. Çok Hücreli Organizmalarda Eşeysellik 103
4.1.3.1. Erselik (Monoecious) Hayvanlar 104
4.1.3.2. Ayrı Eşeyli (Dioecious) Hayvanlar 105
4.1.3.3. Bitkilerde Eşeysellik 105
4.1.4. Eşey Saptanması 117
4.1.4.1. Eşeysellik Yönünden Çift Potansiyellik 117
4.1.4.2. Çevre Tarafından Eşey Saptanması 117
4.1.4.2.1. Bonellia'da Eşey Saptanması 118
4.1.4.2.2. Crepidula'da Eşey Saptanması 118
4.1.4.2.3. Arisaema Japonica'da Eşey Saptanması 118
4.1.4.3. Fiziksel ve Kimyasal Koşulların Eşey Saptaması 118
4.1.4.4. Yaşam Sürecine Göre Eşey Saptanması 120
4.1.4.5. Kromozomların Eşey Saptaması 120
4.1.4.5.1. XX - XY Yöntemi 120
4.1.4.5.1.1. Autozom / Eşeysel Kromozom Oranına Göre 122
4.1.4.5.2. XX - XO Yöntemi 122
4.1.4.5.3. ZZ - ZW Yöntemi 124

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

4.1.4.5.4. Haploit - Diploit Yöntem ... 124
4.1.4.5.5. Bitkilerde Eşey Saptanması ... 124
4.1.4.5.6. Genetiksel Eşeyselliğin Değişimi ... 128
4.1.5. İnsanda Eşey Saptanması ... 129
4.1.5.1. Eşey Kromozomlarının Birbirinden Ayrılmama Durumu ... 130
4.1.5.1.1. Klinefelter Sindromu (Bulgusu) 131
4.1.5.1.2. Üç XXX'li Dişilik (Triple-X-Dişilik) ... 132
4.1.5.1.3. Turner Sindromu (Bulgusu) 132
4.1.5.1.4. X Kromozomsuz Düşük ... 133
4.1.5.1.5. XXY ve XO Zigotu ... 133
4.1.5.1.6. XYY Zigotu ... 134
4.1.5.2. Eşeysel Hormonlar ... 134
4.1.5.3. İnsanda Eşey Saptanmasının Özeti ... 135

4.2. EŞEYSELLİĞİN KALITIMDAKİ ETKİSİ 135
4.2.1. Eşey Kromozomlarındaki Genler ... 135
4.2.1.1. X Kromozomuna Bağlı Genlerin Bulunuşu ... 137
4.2.1.2. İnsanda X Kromozomuna Bağlı Özellikler 138
4 2.1.2.1. Renk Körlüğü ... 139
4.2.1.2.2. Kanama Hastalığı (Hemofili) ... 139
4.2.1.2.3. Bozuk Fenotip Meydana Getiren ve X Kromozomuna Bağlı Başat (Dominant) Genlerin Kalıtımı ... 140
4.2.1.2.4. Yalnız Erkeklerde Bozukluk Meydana Getiren X'e Bağlı Kalıtım ... 141
4.2.1.2.5. Kuşlarda Eşeye Bağlı Kalıtım ... 142
4.2.1.3. X ve Y Kromozomu Üzerindeki Homolog Genler 143
4.2.1.3.1. Sirkesineklerinde Kısa Kıllılık ... 143
4.2.1.3.2. Y Kromozomunun X'le Homolog Olmayan Bölgesinde Taşınan Özellikler ... 144
4.2.2. Eşeyle Sınırlı Genler ... 146
4.2.2.1. Evcil Hayvanlarda Eşeyle Sınırlı Kalıtım ... 146
4.2.2.2. Hormonlarla Olan İlgileri ... 147
4.2.2.3. Omurgasızlarda Durum ... 147
4.2.3. Eşeyselliğin Etkisi Altında Kalan Genler ... 149
4.2.3.1. Boynuzluluk 149
4.2.3.2. Dazlaklık ... 150
4.2.3.3. İnsanda Parmakların Durumu . 150

5. BÖLÜM: ÇOK HÜCRELİLİĞE GEÇİŞ ... 152
5.1. BİRHÜCRELİLERİN EVRİMSEL SIRASI 152
5.2. ÇOK HÜCRELİLİĞE GEÇİŞ 154
5.3. HÜCRE FARKLILAŞMASI 158
5.3.1. Görme 159

6. BÖLÜM: SUDAN ÇIKIŞ 163
6.1. SUDAN KARAYA GEÇİŞİN GETİRDİĞİ SORUNLAR 163
6.1.1. Ağırlığın Taşınması 163
6.1.2. Suyun Kullanımı ... 164
6.1.3. Sıcaklığın Korunması 164
6.2. KARAYA ÇIKIŞTA MEYDANA GELEN YAPISAL DEĞİŞİKLİKLER 164
6.2.1. Deri Oluşumu ... 164
6.2.2. Boşaltım Sistemlerindeki Gelişim ... 165
6.2.3. Solunumdaki Gelişim ... 167

7. BÖLÜM: SICAKKANLILIĞIN ORTAYA ÇIKIŞI ... 170
7.1. HAYVANLARDA VÜCUT SICAKLIĞININ KORUNMA SORUNLARI 171
7.2. UYKUNUN EVRİMSEL ÖYKÜSÜ 172

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

7.3. SICAKKANLILIĞIN ORTAYA ÇIKIŞI 172
7.4. ÜÇÜNCÜ GÖZÜN EVRİMDEKİ KATKILARI 174

8. BÖLÜM: PSİKO-SOSYAL EVRİM 178
8.1. BÜTÜN BEYİNLERDEN DAHA ESKİ ÖĞRENME (BEYİNSİZ ÖĞRENME) 178
8.1.1. Belleğin Temel Taşı (RNA) 178
8.1.1.1. Belleğin Nakli 180
8.1.2. Transduksiyonun Evrimdeki Önemi 181
8.1.3. Soyut Düşünceye Geçiş 183
8.2. BİLİNCİN GELİŞMESİ 183
8.2.1. Narkoz ile Evrimsel Gerçeklerin Açıklanması 183
8.2.2. Koşullandırma 186

9. BÖLÜM: GELECEKTE VARSAYILAN GELİŞMELER 189
9.1. UZAYA ÇIKMA DÜRTÜSÜ 189
9.2. EVRİMDE ÇIKMAZ SOKAKLAR 189
9.3. UZAYA ÇIKMA ÇABALARI 190
9.4. UZAYDA GELİŞMİŞ CANLILARIN OLMA OLASILIĞI 192
9.5. EVRENSEL BAĞLANTILAR VE EVRENSEL DÜŞÜNME ÇAĞLARI 194

II. KISIM: KALITIMIN ANA İLKELERİ

10. BÖLÜM: KALITIMIN ESASLARI 199
10.1. GENETİĞİN TARİHÇESİ 199
10.1.1. İlk Kurgular 199
10.1.1.1. Pitagor (Pytagoras) 199
10.1.1.2. Empedocles 200
10.1.1.3. Aristo (Aristotle) 200
10.1.1.4. Aristo Varsayımının Yanlışlığının Saptanması 201
10.1.2. Pangenezis ve Germ-Plazma Kuramları 201
10.1.2.1. Weismann'ın Germı-Plazma Kuramı 202
10.1.3. De Vries'in Mutasyon Kuramı 203
10.1.4. Mendel'in Buluşu ve Kalıtımın İlkeleri 204
10.1.4.1. Mendel'in Buluşu 204
10.2. KALITIMIN KROMOZOMAL ESASI 206
10.2.1. Kromozomların Yapısı 207
10.2.2. Mitoz Bölünme 212
10.2.2.1. Hazırlık Evresi (S Evresi) 214
10.2.2.2. Bölünme Evresi (M-Evresi) 215
10.2.2.2.1. Profaz 215
10.2.2.2.2. Metafaz 215
10.2.2.2.3. Anafaz 216
10.2.2.2.4. Telofaz 216
10.2.2.2.5. Sitoplazmanın İkiye Bölünmesi (= Sitokinez) 216
10.2.3. Hayvanlarda Mayoz Bölünme 216
10.2.3.1.1. Profaz-I 218
10.2.3.1.2. Metafaz-I 220
10.2.3.1.3. Anafaz-I 220
10.2.3.1.4. Telofaz-I 220
10.2.3.1.5. Profaz-II 220
10.2.3.1.6. Metafaz-II 220
10.2.3.1.7. Anafaz-II 220
10.2.3.1.8. Telofaz-II 220
10.2.3.2. Spermatogenez 221

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

10.2.3.3. Oogenez 225
10.2.3.4. Bitkilerde Mayoz 226
10.2.3.5. Mayozda Gen Çeşitlenmesi 226
10.3. GENLER VE ALLELLER 226
10.4. MONOHİBRİT ÇAPRAZLAMA 227
10.4.1. Monozigot Melez 227
10.4.2. Eugenik (Oyjenik) Önlemler 230
10.4.3. Reaksiyon Normu 230
10.5. GENETİK OLASILIK 230
10.6. YARI DOMİNATLIK (YARI BAŞATLIK): İNTERMEDİYER KALITIM 231
10.7. DİHİBRİT ÇAPRAZLAMA 232
10.7.1. Trihibrit Çaprazlama 233
10.8. GENOTİPİN HESAPLANMASI 234
10.9. ÇEKİNİK GENLERİN SAPTANMASI 235
10.9.1. Orak Hücreli Aneminin (Heterozigot Halde) Tanınması 235
10.9.2. Fenilketonürinin (Heterozigot Halde) Tanınması 236
10.9.3. Tay-Sachs Hastalığının (Heterozigot Halde) Tanınması 237
10.9.4. Sistik Fibrozisin (Heterozigot Halde) Tanınması 237
10.10. GEN FREKANSININ DENGELENMESİ 237
10.11. GEN BAĞLANTISI VE KROSSING-OVER (PARÇA DEĞİŞİMİ) 238
10.11.1. Tekli Krossing-Over 238
10.11.2. Çift Krossing-Over 243
10.11.3. Krossing-Over'in Evrimsel Önemi 246
10.12. GENLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER 246
10.12.1. Ekivalentlik = Yarı Dominantlık = İntermediyer Kalıtım 247
10.12.2. Komplementer Genler 247
10.12.3. Supplementer Genler 249
10.12.3.1. Farelerde Supplementer Kalıtım 249
10.12.3.2. Mısırda Supplementer Kalıtım 249
10.12.3.3. Domuzlarda Supplementer Kalıtım 249
10.12.3.4. Tavuklarda Supplementer Kalıtım 249
10.12.4. Engelleyici Genler ... 251
10.13. ÇOK GENLİ (POLİGENİK) KALITIM 252
10.13.1. Etkisi Kümülatif Olmayan (Üst Üste Eklenmeyen) Polimerik Genler 252
10.13.2. Epistasi 253
10.13.3. Etkisi Kümülatif Olan (Üst Üste Eklenen) Polimerik Genler .. 253
10.13.3.1. İnsanda Rengin Kalıtımı 254
10.13.3.2. İnsanda Boy Uzunluğunun Kalıtımı 254
10.13.3.3. Buğday Renginin Kalıtımı 256
10.13.3.4. Kümes Hayvanlarının Büyüklüğünün Kalıtımı ... 256
10.13.3.5. Polimerik İslah 257
10.13.3.6. Poligenik Kalıtımda Genlerin Sayısının Saptanması 257
10.14. PLEİOTROPİ . 257
10.14.1. *Drosophila*'da Pleiotropi .. 257
10.14.2. İnsanlarda Fenilketonüre (PKU) 258
10.14.3. Sistik Fibrozis (Cystic Fibrosis) 258
10.14.4. Marfan Sindromu 258
10.14.5. Pleiotropinin Evrimdeki Önemi . 260
10.15. MULTİPLİ ALLEL 260
10.15.1. Tavşanlarda Kürk Rengi ... 260
10.15.2. İnsanlarda Kan Grubu 261
10.15.3. İnsanlarda M-N Faktörü 262
10.15.4. İnsanlarda Rh Faktörü 262
10.16. IRK İÇİ VE IRK DIŞI ÇAPRAZLAMA 263

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

10.16.1. Akrabalar Arasında Çiftleşme 263
10.16.2. Melezleme 263
10.17. ÇEVRE KOŞULLARININ ETKİSİ 263
10.18. X^2 TESTİ'NİN GENETİK PROBLEMLERİNDE KULLANILMASI 264

11. BÖLÜM: KALITIMIN MOLEKÜLER AÇIKLAMASI . 280
11.1. GENEL TANITIM 280
11.1.1. Çekirdek Asitlerinin Bulunuşu 280
11.1.2. Sentral Dogma 280
11.1.3. DNA'nın Kalıtım Faktörü Olduğunu Destekleyen Kanıtlar 280
11.1.4. Kod 281
11.1.5. DNA Molekülünün Şekli .. 281
11.1.6. DNA'nın Büyüklüğü 281
11.1.7. DNA'nın Hücrede Bulunduğu Yerler 282
11.1.8. DNA'nın Denaturasyonu 284
11.2. KROMOZOMLARIN KİMYASI 284
11.2.1. Prokaryotik Organizmalarda Kromozomlar 285
11.3. WATSON-CRICK MODELİ 285
11.3.1. Kalıtsal Materyalin Replikasyon Özelliği . 288
11.3.2. DNA'nın Bilgi Taşıması 289
11.4. GENETİK KOD 290
11.4.1. Genetik Kodun Evrimi 290
11.4.2. Kodların Saptanması 292
11.4.3. Kodların Dizilimi 293
11.4.4. Kodların Başlangıç Noktası 293
11.4.5. İkili Kodlardaki Etkinlik 293
11.4.6. Kodların Nokta ve Virgül Yerleri 294
11.4.7. Özdeş Zincirler 294
11.4.8. DNA'nın İşlerlik Derecesi 294
11.5. DNA'nın SENTEZİ: REPLİKASYON 294
11.5.1. DNA Sentezindeki Katalizörler 297
11.5.2. Virüs DNA'sının Sentezlenmesi 298
11.5.3. DNA'nın Deney Tüpünde Kendini Eşlemesi 298
11.5.4. DNA Polimerazın Kalıbı 300
11.5.5. DNA'nın Kalıp Özelliği 301
11.5.6. DNA Sentezinin Zamanlanması 302
11.5.7. Yarı Eski - Yarı Yeni Düzeneği 302
11.5.8. Bakterilerde Semi-Konservatifliğin Saptanması 303
11.5.9. Yüksek Organizmalarda DNA'nın Kendini Eşlemesi 304
11.6. ŞİFRELERİN (KODLARIN) KOPYASI (TRANSKRİPSYON) – HABERCİ (MESSENGER) RNA'nın SENTEZİ 306
11.7. RNA TİPLERİ: HABERCİ (= MESSENGER – RNA) – RİBOZOMAL (= rRNA) VE TRANSFER (= tRNA) 310
11.7.1. Messenger (= Haberci) Ribonukleik Asit (= mRNA) 313
11.7.1.1. mRNA'nın Nakli 315
11.7.1.2. mRNA'nın İşlevi 316
11.7.2. Ribozomal Ribonukleik Asit (rRNA) ve Ribozomlar 317
11.7.2.1. Ribozomların Yapısı 317
11.7.2.2. Ribozomların Biyosentezi 321
11.7.2.3. Ribozomların İşlevi 324
11.7.2.3.1. Polizom Oluşumu 324
11.7.2.3.2. Okumanın Yönü 327
11.7.2.3.3. Ribozomlarda Zar Oluşumu 328
11.7.3. Çözünür RNA (tRNA) 329
11.7.3.1. tRNA'nın Biyosentezi 331

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

11.7.3.2. tRNA'ların Yapısı 331
11.7.3.3. Suppressör RNA 335
11.7.3.4. Amino Asitlerin Aktifleştirilmesi ve tRNA'ya Bağlanması 337
11.8. BİR POLİPEPTİT (PROTEİN) ZİNCİRİNİN SENTEZLENMESİ 342
11.8.1. Genel Tanım 342
11.8.2. Protein Sentezinin Ayrıntılı İncelenmesi 345
11.8.2.1. Protein Sentezinin Başlaması 346
11.8.2.2. Transfer Enzimlerin Rolü 351
11.8.2.3. Protein Sentezinin Bitirilmesi 352
11.8.2.4. Protein Sentezinin Bilançosu 355
11.9. İN VİTRO (HÜCRESİZ ORTAMDA) PROTEİN SENTEZİ 355
11.10. RNA'sız PROTEİN SENTEZİ 357
11.11. DNA'nın REJENERASYONU 358
11.12. GEN-ENZİM İLİŞKİLERİ 359
11.12.1. Renk Maddesi Oluşumu 359
11.12.2. *Neurospora*'da Mutasyon Kademelerinin Saptanması 360
11.12.3. Fenilketonüri 361
11.12.4. Alkaptonüri 361
11.13. BİLDİKLERİMİZİN IŞIĞI ALTINDA 'GEN NEDİR?' 361
11.13.1. Allel Genlerin Saptanması 361
11.13.2. Cis ve Trans Durumu 362
11.13.3. Cistron, Muton ve Recon 364
11.14. REGÜLASYON = DÜZENLEME 366
11.14.1. Allosterik Proteinler (= Enzim İşlevinin Düzenlenmesi) 366
11.14.2. Enzim Sentezinin Kontrolü- I: Operon 370
11.14.3. Enzim Sentezinin Kontrolü-II (Katabolik ve Anabolik Enzimler) 375
11.14.4. Enzim Sentezinin Düzenlenmesi-III: Regülatör Gen = Kaba Düzenleme 379
11.14.4.1. Anabolik Operonlar İçin Modelin Kullanımı 381
11.14.5. Profajlarda ve Diğer Episomlarda Düzenleme 383
11.14.6. Repressörlerin Kimyasal Yapısı 384
11.14.7. Promotor 385
11.14.8. Düzenlemenin İşleyiş Şeması 386
11.14.8.1. Bir Çember Şeklindeki Etki Düzeneği 386
11.14.8.2. Delbrück Modeli 387
11.14.8.3. Özel Hücreler 388
11.14.8.4. Effektörlerin Antagonistik Etkisi 389
11.14.9. Düzenleme ve Kromozom Yapısı 389
11.14.9.1. Politen Kromozomların Pufları 389
11.14.9.2. Lamba Fırçası Kromozomları 393
11.14.9.3. Histonlar 395
11.14.9.4. Çekirdekçik ve Gen Kuvvetlendirilmesi (Gen Amplifikasyonu) 397
11.14.9.5. X Kromozomunun İnaktivasyonu 398
11.15. YABANCI PROTEİNLERE (= ANTİJEN) KARŞI ANTİKOR OLUŞUMU (= İMMÜNOLOJİ) YA DA SAVUNMA MEKANİZMASI (= BAĞIŞIKLIK) 400
11.15.1. Tehdit ve Korunma "Bağışıklık Nedir?" 402
11.15.2. Antijen ve Antikor "İki Düşman Kardeş" 404
11.15.3. Serum "Antijen ve Antikorun Karşılaştıkları Yer" 405
11.15.4. Antijen ve Fagositoz 408
11.15.5. Antikor 412
11.15.6. Bağışıklık Aygıtı "Yiyici Hücreler Antijenlerle Savaşıyor" 414
11.15.7. Antikorların Üretildiği Plazma Hücreleri 415
11.15.7.1. İnstruktif ya da Matris Kuramı (Öğretici ya da Kalıp Kuramı) "Antijen Antikoru Damgalar" 416
11.15.7.2. Klon Seçme Varsayımı "Plazma Hücreleri Kahinlik mi Yapmakta?" 418

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

11.15.8. Bireysel Özgüllük "Biyolojik Bireysellik ve Autoimmun Hastalıklar" 421
11.15.9. Kendi ve Yabancı Olma Aynı Şey mi? "Yeni Doğanlar Antijen Tanımazlar" 422
11.15.10. Doku ve Organ Nakli "Tehlikeli İmmun Tepkimelerinden Nasıl Kaçınılabilir?" 424
11.15.11. Gençlikte Bağışıklık 426
11.15.12. Bağışıklık ve Yaşlılık 427
11.15.13. Kaderi Saptayan Bağışıklık 428
11.16. GELİŞMENİN DENETİMİ VE BÖLGELERİN ÖNCEDEN SAPTANMASI 429
11.16.1. Gelişmenin Determinasyonuna İlişkin Bazı Bağımsız Örnekler 432
11.16.2. Genler ve Farklılaşma ... 440
11.16.2.1. Kalıtsal Bilginin Saklanması 440
11.16.2.2. Dev Kromozomların Çalışması 440
11.16.2.3. mRNA Üretimi ve Farklılaşma 441
11.16.2.4. DNA'nın Maskelenmesi 442
11.16.2.5. mRNA'nın Maskelenmesi 442
11.16.2.6. Çekirdek mRNA'sı 442
11.16.2.7. Dokulardaki Enzim Farklılıkları 443
11.16.2.8. Farklılaşmanın Dış Etkenlerle Değişmesi 443
11.17. KALITIMIN MATEMATİKSEL ESASLARI: OLASILIK YASALARI 444
11.18. İNSAN GENETİĞİ 445
11.18.1. İnsanlarda Bazı Kalıtsal Özellikler ve Hastalıklar 448
11.19. ÇEKİRDEĞİN DIŞINDAKİ FAKTÖRLERE DAYANAN KALITIM = SİTOPLAZMANIN KALITIMDAKİ ROLÜ 451
11.19.1. Ananın Dolaylı Etkisi 452

III. KISIM: EVRİM KONUSUNDA FİKİRLERİN GELİŞİMİ

12. BÖLÜM: EVRİM KAVRAMININ GELİŞİMİ 459
12.1. GÖZLEMLER VE VARSAYIMLAR 459
12.2. EVRİM KONUSUNDAKİ İLK YORUMLAR 460
12.2.1. Din Kitaplarındaki Bilgiler 460
12.2.2. Eski Yunandaki Varsayımlar 461
12.2.3. Fosillerin Bulunması 461
12.3. EVRİM FİKRİNE DİRENİŞLER 462
12.4. DOĞAÜSTÜ AÇIKLAMALAR . 462
12.4.1. Yaşamın Kökeni ve Gelişmesi Hakkında Fikirler 463
12.5. YÜZYILIMIZDAKİ KARŞI KOYMALAR 464
12.5.1. Scopes'un Mahkemesi 464

13. BÖLÜM: EVRİM KONUSUNDA BİLİMSEL DÜŞÜNCELERİN GELİŞİMİ 465
13.1. JEAN BAPTISTE LAMARCK 465
13.1.1. Bir Organın Kullanılıp Kullanılmamasına Göre Değişimi 465
13.1.2. Lamarckizme İlişkin Diğer Örnekler 466
13.2. CHARLES LYELL 466
13.3. CHARLES DARWİN 467
13.3.1. Yaşamının İlk Evreleri ve Eğitimi 467
13.3.2. Beagle ile Yolculuk 468
13.3.3. İngiltere'deki Gözlemleri 470
13.3.4. Alfred Wallace'ın Etkisi 472
13.3.5. Tepkilerin Doğuşu 472
13.3.6. Darwin'in Kuramına Karşı Bilimsel İtirazlar 473

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

IV. KISIM: EVRİMİ DESTEKLEYEN KANITLAR

14. BÖLÜM: EVRİMİ DESTEKLEYEN KANITLAR 479

14.1. PALEONTOLOJİK KANITLAR 479
14.1.1. Fosil Oluşumu 479
14.1.1.1. Fosillerin Yorumlanması 480
14.1.2. Yaş Saptama Yöntemleri 481
14.1.2.1. Radyoaktif Maddelerle Yaş Saptanması 481
14.1.2.2. Jeolojık Katmanlar ve Sedimanlarla Yaş Saptanması 482
14.1.2.3. Çağlayanlarda Yaş Saptanması 483
14.1.2.4. Dendrokronoloji ve Ağaç Halkalarıyla Yaş Saptanması 483
14.1.3. Jeolojik Zamanlar ve Canlıları 483
14.1.3.1. Criptozoık (Kryptozoyik) 483
14.1.3.1.1. Archeozoik (Archeozoyik) 483
14.1.3.1.2. Proterozoyik 488
14.1.3.2. I. Zaman-Paleozoyik 488
14.1.3.2.1. Kambriyen 488
14.1.3.2.2. Ordovisiyen 490
14.1.3.2.3. Sıluriyen (Silür) 491
14.1.3.2.4. Devoniyen (Devon) 492
14.1.3.2.5. Karbonifer 496
14.1.3.2.6. Permiyen 497
14.1.3.3. II. Zaman-Mezozoyık 499
14.1.3.3.1. Triyas 500
14.1.3.3.2. Jura 500
14.1.3.3.3. Kretase 503
14.1.3.4. III. Zaman-Senozoyik 505
14.1.3.4.1. Tersiyer 505
14.1.3.4.1.1. Paleosen 511
14.1.3.4.1.2. Eosen 511
14.1.3.4.1.3. Oligosen 511
14.1.3.4.1.4. Miyosen 511
14.1.3.4.1.5. Pliyosen 512
14.1.3.4.2. Kuaterner (Anthropozoyık ≐ IV. Zaman) 513
14.1.3.4.2.1. Pleistosen 513
14.1.3.4.2.2. Şimdiki Zaman 513

14.2. SINIFLANDIRMADAN ELDE EDİLEN KANITLAR 515

14.3. MORFOLOJİDEN ELDE EDİLEN KANITLAR 515
14.3.1. Pentadaktil (Beş Parmaklı) Üye 520
14.3.2. Homoloji ve Anoloji 522
14.3.3. İz Halinde Kalmış ya da Körelmiş Organlar ve Yapılar 523

14.4. EMBRİYOLOJİDEN ELDE EDİLEN KANITLAR 526
14.4.1. Haeckel'in Varsayımı 526
14.4.2. Embriyonik Gelişim ile Akrabalık Saptanması 527
14.4.3. Organların Gelişimindeki Benzerlik 529
14.4.4. Ortak Genler 531

14.5. KARŞILAŞTIRMALI FİZYOLOJİDEN ELDE EDİLEN KANITLAR 532
14.5.1. Parazitik Enfeksiyonlardan Elde Edilen Kanıtlar 532
14.5.2. Hormonlardan ve Endokrinolojiden Elde Edilen Kanıtlar 533
14.5.3. Bitki Fizyolojisinden Elde Edilen Kanıtlar 534

14.6. KARŞILAŞTIRMALI BİYOKİMYADAN ELDE EDİLEN KANITLAR 535
14.6.1. Kan Akrabalığı 535
14.6.2. Elektroforesiz ve Kromatografi 537

14.7. GENETİK VE SİTOLOJİDEN ELDE EDİLEN KANITLAR 539

14.8. EVCİLLEŞTİRME YOLU İLE ELDE EDİLEN KANITLAR 539

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

14.9. ORGANİZMALARIN COĞRAFİK DAĞILIMINDAN ELDE EDİLEN KANITLAR ... 540
14.9.1. Develerin Yayılışından Elde Edilen Kanıtlar ... 541
14.9.2. İnsanların Yayılışı ... 542
14.9.3. Bazı Ekolojik ve Evrimsel Genelleştirmeler 542
14.9.4. Biyocoğrafik Bölgeler 544
14.9.4.1. Palearktik 544
14.9.4.2. Nearktik 544
14.9.4.3. Neotropik ... 547
14.9.4.4. Ethopya ... 547
14.9.4.5. Oryental 547
14.9.4.6. Avustralya 547
14.10. İNSAN KANININ KALITSAL YAPISI VE EVRİMSEL ÖNEMİ 547
14.10.1. A, B ve O Grupları 548
14.10.1.1. Antijen ve Antikorların Yapısı ... 548
14.10.1.2. A ve B Antijenleri ... 548
14.10.1.3. H-Maddesi ... 550
14.10.1.4. Salgısal Özellikler 551
14.10.2. Rh Antijenleri ... 551
14.10.2.1. Rh Antijenine Duyarlılık ... 551
14.10.2.2. Rh Faktörünün Karmaşıklığı ... 552
14.10.3. Diğer Kırmızı Kan Hücre Antijenleri ... 553
14.10.3.1. MN Antijenleri ... 553
14.10.3.2. Seyrek Bulunan Duyarlılıkların Açıklanması 553
14.10.4. Plazma Proteinleri 554
14.10.4.1. Haptoglobinler 554
14.10.4.2. Transferrinler ... 555
14.10.4.3. Immunoglobulinler 555

V. KISIM: EVRİMİN KULLANDIĞI HAM MATERYALLER

15. BÖLÜM: KROMOZOM DEĞİŞMELERİ ... 559
15.1. KROMOZOMLARIN YAPISININ DEĞİŞMESİ ... 559
15.1.1. Delesyon ... 559
15.1.1.1. Uçta Parça Yitirilmesi (Terminal Delesyon veya Defisiyens) 561
15.1.1.2. Aradan Parça Yitirme ... 561
15.1.1.3. İzokromozomlar ... 561
15.1.2. Duplikasyon ... 561
15.1.3. Inversiyon 563
15.1.4. Translokasyon 563
15.2. KROMOZOMLARIN SAYISININ DEĞİŞMESİ 564
15.2.1. Aneuploidi (Anöployidi) ... 564
15.2.1.1. Monosomi ... 565
15.2.1.2. Nullisomi 565
15.2.1.3. Polisomi ... 566
15.2.1.4. Somatik Aneuploidi (Anöployidi) ... 566
15.2.2. Euploidi (Öyployidi) ... 566
15.2.2.1. Monoploidi ... 566
15.2.2.2. Poliploidi ... 567
15.2.2.3. Poliploidinin Önemi ... 568
15.2.2.4. Yapay Olarak Poliploidi Meydana Getirilmesi ... 569
15.3. İNSANLARDA KROMOZOM DEĞİŞMELERİ 572
15.3.1. Down Sindromu (Mongolizm) ... 574
15.3.2. Edward Sindromu 575
15.3.3. Patau Sindromu ... 575
15.3.4. Kronik Miyelojenik Lökomi (Myelogeneous - Leukemia) ... 575

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

15.3.5. Cri de Chat Sindromu 576
15.3.6. X-Kromozomunun Delesyonu 576
15.3.7. Diğer Değişmeler 576

16. BÖLÜM: GENLERDEKİ DEĞİŞİKLİKLER: MUTASYONLAR (Değişinim) 577
16.1. GEN MUTASYONLARI (Değişinimler) 577
16.1.1. Nokta Mutasyonu 577
16.1.2. Mutasyonların Saptanması 579
16.2. KALITSAL DEĞİŞİKLİKLER MEYDANA GETİRME "Mutasyon Oluşturma" 580
16.2.1. Yüksek Enerji Işınımı (Radyasyon) 581
16.2.1.1. X-Işınlarının Bulunuşu 581
16.2.1.2. Radyoaktif Elementlerin Bulunuşu 582
16.2.1.3. İzotoplardan Çıkan Işınım 583
16.2.1.4. Zincirleme Tepkimelerin Bulunuşu ve Atomık Fission (Atomik Parçalanma) 583
16.2.1.5. Atomik Fusion (Atomik Birleşme) 584
16.2.1.6. Atomik Parçalanmanın Denetimi ve Çekirdek Enerjisi 584
16.2.2. Yüksek Enerjili Işınımın Kalıtsal Etkisi 585
16.2.2.1. X-Işınlarının Mutajenik Etkisinin Bulunuşu 585
16.2.2.2. Kromozom Değişiminin Artırılması 585
16.2.3. İnsanın Aldığı Işınımların Önemi 585
16.2.3.1. Temel Işınım (Background Radiation) 586
16.2.3.2. Tıbbi Muayene ve Tedaviden Gelen Işınım 586
16.2.3.3. Ticari Işınımdan Aldıklarımız 587
16.2.4. İnsan Kalıtsal Materyalinin Değişimi 587
16.2.4.1. Çift Doz 588
16.2.4.2. Eşik Doz 588
16.2.4.3. Tüm Populasyon Üzerindeki Etkisi 588
16.2.4.4. Kromozom Değişimi 589
16.2.4.5. Diğer Mutajenik Faktörler 589
16.3. MUTASYON ÇEŞİTLERİ 590
16.3.1. Görünebilir Mutasyonlar 590
16.3.2. Başatlığın Evrimi 591
16.3.3. Lethal Mutasyonlar 592
16.3.4. Zararlı Mutasyonlar (Semilethal ve Sublethal Mutasyonlar) 595
16.3.5. Nötral Mutasyonlar 595
16.4. MUTASYON FREKANSI 596
16.4.1. Mikroorganizmalarda Mutasyon Oranı 596
16.4.2. Diğer Organizmalarda Mutasyon Oranı 597

17. BÖLÜM: VARYASYONLAR (Çeşitlenme) ve MODİFİKASYONLAR 599
17.1. MODİFİKASYONLAR 599
17.1.1. Toprak ve İklim Koşullarının Neden Olduğu Değişiklikler 602
17.1.2. Mekanik Etkenlerin Neden Olduğu Değişiklikler 602
17.1.3. Besin Etkeninin Neden Olduğu Değişiklikler 603
17.2. KALITSAL DEĞİŞİKLİKLER 603
17.2.1. Mutasyonlarla Meydana Gelen Varyasyonlar 603
17.2.2. Rekombinasyonlar ile Meydana Gelen Varyasyonlar 603
17.2.3. Krossing-Overle Meydana Gelen Varyasyonlar 604
17.2.4. Konjugasyon 604
17.2.5. Transdüksiyon 604
17.2.6. Transformasyon 604

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

18. BÖLÜM: UYUM (Adaptasyon) 605
18.1. DIŞ ETKİLERİN SINIRLADIĞI DEĞİŞİKLİKLER 606
18.1.1. Koşullandırma ... 606
18.2. KALITSAL YAPININ UYUMDAKİ SINIRLAYICI ÖZELLİĞİ 607
18.2.1. Kaçma 607
18.2.2. Ölü Taklidi ve Korkutma Renkleri 608
18.2.3. Organ Atma 613
18.2.4. Renkle Ortama Uyum 613
18.2.5. Maskelenme ve Mevsimsel Uyumlar 617
18.2.6. Mevsimlere Göre Çoğalmada Uyum 620
18.2.7. Biyotopa Uyum 622
18.2.8. Biyotopa Renkle Uyum 625
18.2.9. Taklit 626
18.2.10. Mimikri 629
18.2.10.1. Karınca Misafirleri 629
18.2.10.2. Yabancı Ot Tohumlarındaki Mimikri 631
18.2.10.3. Sinek - Arı Arasındaki Mimikri (I) 631
18.2.10.4. Sinek - Arı Arasındaki Mimikri (II) 632
18.2.10.5. Sinek - Arı Arasındaki Mimikri (III) 633
18.2.10.6. Yılanlarda Mimikri 634
18.2.10.7. Kelebeklerde Mimikri (I) 635
18.2.10.8. Kelebeklerde Mimikri (II) 635
18.2.10.9. Işık Çıkarmada Taklit 636
18.2.10.10. Yumurta Parazitleri 639

VI. KISIM: EVRİMİ SAĞLAYAN DÜZENEKLER

19. BÖLÜM: DOĞAL SEÇME 643
19.1. YÖNLENDİRİLEN SEÇME 643
19.2. DENGELENMİŞ SEÇME 649
19.3. DALLANAN SEÇME (UYUMSAL AÇILIM) 651
19.4. DOĞAL SEÇMEDE ÖNEMİ DAHA AZ OLAN GÜÇLER 654
19.4.1. Heterozigotlar Yararına Seçim (Dengelenmiş Polimorfizm) 654
19.4.1.1. Sirkesineğinde Dengelenmiş Polimorfizm 654
19.4.1.2. Orak Hücreli Anemide Dengelenmiş Polimorfizm 654
19.4.1.3. Melez Üstünlüğü 655
19.4.2. Uyum Yeteneği Olmayan Özellikler Yararına Seçim 656
19.4.3. Preadaptasyon (Önuyum) 657
19.4.4. Renk Uyumu (Kamuflaj) ile Yaşam Üstünlüğü Sağlama 659
19.4.5. Uyarı Renkleri ve Koruyucu Taklit (Mimikri) 662
19.4.6. Nesil Tükenmesi 663
19.5. DAVRANIŞLARIN EVRİMİ 665
19.5.1. Göç ve Yuva Yapımı 666
19.5.1.1. Yılanbalıklarında Göç 666
19.5.1.2. Alabalıklarda Göç 668
19.5.1.3. Çekirgelerde Göç 668
19.5.1.4. Kuş Göçleri 669
19.5.2. Köpeklerde Yapay Seçme ile Ortaya Çıkan Davranışlar 671
19.5.3. Omurgasızlarda Davranış ... 672
19.5.4. İnsan Davranışlarının Kalıtsallığı 672

20. BÖLÜM: EŞEYLE İLGİLİ SEÇME VE ÜREMEYE UYUM 674
20.1. EŞEYSEL SEÇME 674
20.1.1. Erkeklerin Kavgası 674
20.1.2. Çiftleşmede Dişinin Seçimi 676

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

20.1.3. Yumurtlamanın (Ovulasyon) Uyarımı 676
20.1.4. Territoryumun Savunulması 676
20.1.5. Görme ve Kokuyla Seçme 678
20.1.6. Dans Örnekleri 678
20.2. ÜREMEYE UYUMDA MEYDANA GELEN SEÇME 679
20.2.1. Üremenin Biyolojik Önemi 679
20.2.2. Döl Sayısında Göreceli Uyumlar 681
20.2.3. Doğurganlığa Karşı Zıt Seçme 683
20.3. FARKLI ÜREME EĞİLİMLERİ 685
20.3.1. Rastgele Çiftleşme 685
20.3.2. Kendi Grubundakileri veya Niteliğindekileri Seçerek Çiftleşme 685
20.3.3. Tercihli Çiftleşme 685

21. BÖLÜM: ÜREMEDE YALITIM (İZOLASYON) VE TÜRLERİN KÖKENİ 688
21.1. ÜREME YALITIMINDAKİ YÖNTEMLER 689
21.1.1. Allopatrik Yalıtım (Allopatrik İzolasyon) 689
21.1.2. Simpatrik Yalıtım (Simpatrik İzolasyon) 691
21.2. ÇİFTLEŞME SONRASI YALITIM YÖNTEMLERİ 693
21.2.1. Gamet Yalıtımı 693
21.2.2. Fertilizin ile Yalıtım 693
21.2.3. Melez Kısırlığı 694
21.3. DEME IRKLARI VE ALTTÜRLER 694
21.3.1. İnsan Irkları 694
21.3.2. Diğer Omurgalılardan Örnekler 695
21.3.3. Irk Zinciri 695
21.3.4. Klinler 696
21.3.4.1. Anadolu'daki Pamphaginae'lerin Durumu 696
21.3.4.2. Pasifik Ringa Balıklarının Durumu 697
21.3.4.3. Kan Antijenleri 697
21.3.4.4. Evrimdeki Ekolojik Genelleştirmeler 697
21.4. MELEZLENME İLE TÜR OLUŞUMU 697
21.4.1. Tür İçi Melezlenme (Intraspesifik Hibridizasyon) 697
21.4.2. Tür Dışı Melezlenme (Interspesifik Hibridizasyon) 698
21.4.3. Poliploidi 698
21.4.4. Gen Sokma (Introgression) 698

22. BÖLÜM: EVRİMDE ŞANSIN ÖNEMİ (GENETİK SÜRÜKLENME) 701
22.1. EVRİMSEL DEĞİŞİKLİKLERİN DÖNÜŞÜMSÜZLÜĞÜ 701
22.1.1. Çiçeklerde Petallerin Yitirilmesi 701
22.1.2. Su Hayvanlarında Solunum . 703
22.1.3. İnsanlarda Sıtmaya Dayanıklık 704
22.2. GENETİK SÜRÜKLENME 704
22.2.1. Bounty'deki İsyan 704
22.2.2. Sirkesineklerinde Kıllılık 705
22.2.3. İnsan Toplumlarında Sürüklenme 705
22.2.4. Amerika'daki Yerli Toplumları 707
22.2.5. Genetik Sürüklenmede Afetlerin Önemi 707
22.2.6. Sürüklenmede Sığınma Etkinliği 708

VII. KISIM: İNSANIN EVRİMİ

23. BÖLÜM: İNSANIN EVRİMİ 709
23.1. FİLLERİN EVRİMİ 711
23.2. ATIN EVRİMİ 713

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

23.3. İNSANIN EVRİMİ . 715
23.3.1. İnsan Evrimi İçin Kanıtlar . 716
23.3.2. Böcekçillerden (= Insectivor) İlkel Primatlara Gelişim 718
23.3.2.1. Böcekçiller (= Insectivora) 718
23.3.2.2. Primatların Özelliği . 719
23.3.2.3. Primatlarda Evrim ve Özelleşme . 720
23.3.2.4. İlkel Primatlar . 721
23.3.2.4.1. Ağaç Böcekçilleri . 722
23.3.2.4.2. Lemur 723
23.3.2.4.3. Tarsius . 725
23.3.2.5. İlk Primatların Fosili . 726
23.3.3. Maymunlar . 729
23.3.3.1. Yenidünya Maymunları (Ceboidea) . 729
23.3.3.2. Eskidünya Maymunları (Cercopithecoidea) . 730
23.3.3.2.1. Makako ve Rhesuslar 731
23.3.3.2.2. Mangabey 731
23.3.3.2.3. Guenon . 731
23.3.3.2.4. Langur . 731
23.3.3.2.5. Baboon ve Mandriller . 731
23.3.4. Anthropoid (İnsansı) Primatlar 732
23.3.4.1. Gibbonlar 734
23.3.4.2. Orangutanlar (Pongo) . 734
23.3.4.3. Şempanzeler (Pan) 734
23.3.4.4. Goriller (Gorilla) . 734
23.3.4.5. İnsanlar (Homo) . 735
23.3.5. Fosil Maymunlar ve İnsansı Maymunlar . 735
23.3.5.1. Parapithecus 735
23.3.5.2. Propliopithecus . 736
23.3.5.3. Dryopithecus (= Proconsul) . 737
23.3.5.4. Ramapithecus . 738
23.3.6. İnsanların Özelliği . 739
23.3.7. Australopithecinae . 741
23.3.7.1. Australopithecus (= Paranthropus) robustus 744
23.3.8. Homo erectus . 745
23.3.9. Pleistosen Periyodu ve Homo sapiens'in Kökeni 749
23.3.10. Neandertal İnsan
(Homo neanderthalensis veya *Homo sapiens neanderthalensis)* 759
23.3.11. Afrika ve Asya'daki Neanderthaloid'ler . 764
23.3.12. Homo sapiens sapiens (Geç Palaeolitik Zamanda) 765
23.3.13. İnsan Irkları 767
23.3.13.1. Caucasoid . 768
23.3.13.2. Mongoloid . 768
23.3.13.3. Congoid 770
23.3.13.4. Capoid . 770
23.3.13.5. Australoid 770
23.3.4. Kültürel Evrim . 773
23.3.14.1. Bitki Tarımının Gelişimi . 773
23.3.14.1.1. Hububat Bitkilerinin Tarımı 774
23.3.14.1.1.1. Buğday 774
23.3.14.1.1.2. Arpa 777
23.3.14.1.1.3. Darı . 778
23.3.14.1.1.4. Yulaf ve Çavdar . 778
23.3.14.1.1.5. Çeltik . 778
23.3.14.1.1.6. Mısır . 779
23.3.14.1.2. Baklagiller 779
23.3.14.1.3. Yağ Bitkileri . 780

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

23.3.14.1.4. Meyveler 780
23.3.14.2. Hayvanların Evcilleştirilmesi 780
23.3.14.2.1. Köpeklerin Evcilleştirilmesi 781
23.3.14.2.2. Keçilerin Evcilleştirilmesi 782
23.3.14.2.3. Koyunların Evcilleştirilmesi 782
23.3.14.2.4. Domuzların Evcilleştirilmesi .. 783
23.3.14.2.5. Sığırların Evcilleştirilmesi . 783
23.3.14.3. Neolitik'te Diğer Gelişimler 784
23.3.14.3.1. Suda Taşımacılık 784
23.3.14.3.2. Kara Taşımacılığı 785
23.3.14.3.3. Sanat 785
23.3.14.3.4. Dinsel İnançların Doğuşu 786
23.3.14.4. Kominikasyonun (İletişimin Önemi) 788
23.3.14.5. İnsan Dışındaki Zeka Düzeyleri 789

VIII. KISIM: POPULASYON GENETİĞİ

24. BÖLÜM: POPULASYON GENETİĞİ 795
24.1. GEN HAVUZLARINDAKİ GEN FREKANSI 795
24.1.1. Hardy-Weinberg Kuralı 796
24.1.1.1. Multipli Allelde Frekans Hesaplanması 798
24.1.1.2. Alleller Arasında Sıralı Bir Başatlık Varsa 799
24.1.2. Düşük Frekanslı Genlerin Saptanması 799
24.1.2.1. Akşınlığın (Albinoluğun) Saptanması 800
24.1.2.2. Fenilthiokarbamidin Tadını Algılayanların Oranı 800
24.1.3. Zararlı Genleri Taşıyıcı Olarak Bulunduran Bireylerin Oranının Saptanması 800
24.1.4. Seçme ile Eşitliğin Değişmesi 801
24.2. SEÇMENİN ETKİNLİĞİ 802
24.2.1. Başat Genlere Karşı Doğal Seçmenin Etken Olduğu Durumlarda Gen Frekansının Değişmesi 802
24.2.2. Çekinik Genlere Karşı Doğal Seçmenin Etkin Olduğu Durumlarda Gen Frekansının Değişmesi 803
24.2.3. Çekinik Genlere Karşı Kısmi Seçim Olduğu Zaman Gen Frekanslarındaki Değişmeler 804
24.2.4. Heterozigotların Döl Verme ve Yaşama Gücü Bakımından Homozigotlardan Daha Üstün Olduğu Durumlarda Gen Frekansının Değişmesi .. 805
24.2.5. Mutasyon ve Seçme Arasındaki Denge 806
24.2.6. Yapay Seçmede Gen Frekansının Hesaplanması 807
24.2.7. İnsan Populasyonunda Seçmenin Değeri 808
24.2.8. Tamam Olmayan Seçmenin İnsan Toplumundaki Önemi 809
24.2.9. Gen Dengesi 810
24.2.9.1. Mutasyonun Gen Frekansına Etkisi 810
24.2.9.2. Sürekli ve Düzenli Meydana Gelen Mutasyonların Etkisi .. 811
24.2.9.3. Geriye Mutasyonların Gen Frekansına Etkisi 812
24.3. GEN GÖÇÜNDEN MEYDANA GELEN FREKANS DEĞİŞİMLERİ 814
24.4. İÇ ve DIŞ ÇAPRAZLAMANIN ETKİSİ 815
24.4.1. Akraba Evliliklerinde Gen Frekansları 815
24.4.2. Yaşam Gücünün Azalması 818
24.4.3. Çekinik Genlerin Frekansıyla İlgili Bilgiler 821
24.4.4. Akrabalı Çiftleşmelerde Kalıtsal Yararlar 824
24.5. GENETİK SÜRÜKLENMENİN GEN FREKANSINA ETKİSİ 825

25. BÖLÜM: DOĞAL POPULASYONLARIN YAPISI ve EVRİM HIZI 830
25.1. DOĞAL POPULASYONLARIN YAPISI 830
25.2. EVRİM HIZI 833

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

25.2.1. Taksonomik Evrim Hızı 834
25.2.1.1. Filetik-Taksonomik Hız 834
25.2.1.2. Grup Evrim Hızı 835

26. BÖLÜM: İNSAN GEN HAVUZUNDAKİ DEĞİŞİKLİKLER 836

26.1. GENETİK ÖLÜMÜN AZALMASI 836
26.1.1. Bulaşıcı Hastalıkların Önlenmesi 837
26.1.1.1. Halk Sağlığı ile İlgili Önlemler 838
26.1.1.2. Aşı 838
26.1.1.3. Tıbbi Önlemler 838
26.1.1.4. Kalıtsal Önem 839
26.1.2. Sakatlık Yapan Hastalıkların Kontrolü 839
26.1.2.1. Beslenememeden Meydana Gelen Bozukluklar 839
26.1.2.2. Vücutta Üretilen Maddelerdeki Bozukluklar 840
26.1.3. Bozuklukların Ameliyatla Düzeltilmesi 841
26.1.4. Doğal Yaşamada Yarar Sağlamayan Özelliklerin Korunması 841
26.1.5. Üremenin Getirdiği Yüklenmeler 842
26.2. GENETİK YÜKLENMELERİN ARTMASI 842
26.2.1. Genetik Kirlenme 843
26.3. İNSAN YIĞINLARININ SORUNLARI 844
26.3.1. Malthus'un Önbildirimi 844
26.3.2. Populasyon Artmasının Sonuçları 845
26.3.3. Populasyonların Büyümesi 845
26.3.4. Populasyon Patlaması 846
26.3.5. Populasyonun Sınırlandırılması 847
26.3.6. Çoğalmanın Gen Havuzlarına Etkisi 848
26.3.7. Populasyon Sorununa Çözüm Gösterilen Seçenekler 849

27. BÖLÜM: İNSAN IRKLARI ARASINDAKİ FARKLILAŞMALAR 850

27.1. GEN HAVUZUNDAKİ VARYASYONLAR 851
27.1.1. Sürekli ve Kesintili Varyasyonlar 851
27.1.2. Gen Oranlarının Varyasyonu 853
27.1.3. Farklı Zeka 853
27.1.4. Zararlı Genlerin Oranı 855
27.1.4.1. Spina Bifida 855
27.1.4.2. Pyloric Stenosis 855
27.1.4.3. Tay Sachs 855
27.1.4.4. Cystic Fibrosis 855
27.1.4.5. Orak Hücreli Anemi 855
27.2. POPULASYONDAKİ VARYASYONLARIN NEDENİ 856
27.2.1. Doğal Seçme 856
27.2.1.1. Üstün Başatlık 858
27.2.2. Eşeysel Seçme 858
27.2.3. Nadir Genlerin Farklı Mutasyonları 859
27.2.4. Göç 861
27.2.5. İşgal 862
27.2.6. Ziyaret 862
27.2.7. Doğal Seçmede Farklı Yol İzlenmesi 862
27.2.8. Genetik Sürüklenme 863
27.2.9. Farklı Üreme 864

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

IX. KISIM: GELECEKTE İNSAN YAŞAMI

28. BÖLÜM: GELECEKTE İNSAN YAŞAMI 867

28.1. VARSAYIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 867

28.2. GELECEK İÇİN NE YAPILABİLİR? 869

28.2.1. Zararlı Genlerin Girişini Önlemek İçin Gönüllü Sınırlamalar 869

28.2.2. Genetik Öneriler 870

28.2.3. Taşıyıcıların Tanınması 871

28.2.4. Amniyon Sentezleri 872

28.2.5. Tohum (Germinal) Seçme 873

28.2.6. Klon Yapma 874

28.2.7. Yapay Rahim 876

28.2.8. Üremenin Zorla Düzenlenmesi 876

28.2.9. Tohum Seçme ile İslah 877

28.3. GEN MÜHENDİSLİĞİ 878

28.3.1. Zararlı Genlerin Değiştirilmesi 879

28.3.2. Virüs Transferi (Transdüksiyon) 879

28.3.3. Doğrudan DNA Nakli (Transformasyon) 880

28.3.4. Hücre Kaynaştırılması ile Yeni Genlerin Kazanılması 880

28.3.5. Tüm Hücre Nakli 881

28.3.6. Gen Sokma 881

KAYNAKÇA 883

İNDEKS 889

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

I. KISIM

EVRİMDEKİ ÖNEMLİ BASAMAKLAR

GEÇTİĞİMİZ BASAMAKLAR:

1. BÖLÜM : ANORGANİK EVRİM
2. BÖLÜM : CANLILIĞIN ORTAYA ÇIKIŞI
3. BÖLÜM : HÜCRESEL EVRİM
4. BÖLÜM : EŞEYSELLİĞİN EVRİMİ
5. BÖLÜM : ÇOK HÜCRELİLİĞE GEÇİŞ
6. BÖLÜM : SUDAN ÇIKIŞ
7. BÖLÜM : SICAKKANLILIĞIN ORTAYA ÇIKIŞI
8. BÖLÜM : PSİKO-SOSYAL EVRİM

GELECEK BASAMAK:

9. BÖLÜM : GELECEKTE VARSAYILAN GELİŞMELER

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

1. BÖLÜM

ANORGANİK EVRİM
"Bir Zamanlar Yalnız Tanrı Vardı"

İnsanların merak duygusuna sahip olmalarından beri en çok sordukları ve üzerinde en çok düşündükleri konu, kuşkusuz, "nereden geldik, nereye gidiyoruz, niçin varız, içersinde yaşadığımız evren nasıl ve neden oluşmuştur, sonsuzluk varsa ne demektir.... ?". Bu sorulara doyurucu bir cevap vermek, evrenin tüm sırları çözülmedikçe ve bununla ilgili olarak belirli düşleme yöntemleri geliştirilmedikçe olanaksız görülmektedir. Deneysel olarak evrendeki tüm sistemleri teker teker incelemek, zaman koşulu düşünülürse, olanaksızdır. Çünkü bulunduğumuz Samanyolu Galaksisinin her yıldızını bir saniyede incelediğimizi düşünürsek, yine milyarlarca yıla gereksinmemiz olacaktır. Bu durumda bazı özel bağıntılardan evrensel kurallar çıkarmak ve daha ileri aşamalarda düşünce sistemimizi geliştirerek, evrenin herhangi bir noktasını gitmeden düşleyip yorumlayabilecek yetenekleri geliştirmek zorundayız. Bu ise bugün emekliyen ve binlerce yıldır deneysel olarak düşünmeye alıştırılmış insan beyni için oldukça zordur. Fakat önümüzdeki yüzyıllarda daha değişik düşünce şekillerinin geliştirilmesi kaçınılmaz olacaktır. Bugün maddesel olarak gidemeyeceğimiz birçok evren parçasının fiziksel olarak ölçümlerini almak gelişen teknolojinin en önemli buluşlarıdır. Bu ölçümlere ve matematiksel işlemlere dayanılarak birçok kuram geliştirilmiştir.

1.1. GÖRESELİK KURAMLARI

Evrenin boyutları karşısında çaresiz kalan insan, çıkar yolu çok defa doğmatizme kaymakla bulmuştur. O vardır ve var olacaktır; evrendeki her şey insan için yaratılmıştır; ne görüyorsak, ne algılıyorsak doğru olan odur, mantık silsilesiyle 'merak' duygusunu bastırmaya çalışmışlardır.

Bütün bu anlatılanların, bir an, insan için geçerli olduğunu varsayalım. Yalnız unutmayalım ki evrenin tek sahibi biz değiliz ve algıladığımız her şey de doğru değildir. Örneğin, dünyada belirli koşullar içinde yaşayan insan ve diğer canlılarda, bu koşulları algılayabilecek bir takım yapılar 'duyu organları' ve onlara verilecek tepkiyi saptayan bir takım merkezler gelişmiştir. Hareketsiz duran cisimler göz tarafından

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

şekil olarak algılanır. Bu cisim belirli bir frekansla titreştirilirse (20-40.000/sn) kulak ilk olarak bas, daha sonra tiz ses olarak duymaya başlar. Algılama gözden kulağa geçmiştir. Bu cisim, daha doğrusu cismi oluşturan molekül ve atomların belirli parçaları daha hızlı titreştirildiği zaman (40.000-400.000/sn) derimiz bir ısı duygusunu algılar. Titreşim daha da arttığı zaman (400.000-650.000/sn) göz tekrar devreye girerek renkleri görmeye başlar. Daha sonraki titreşimler (daha doğrusu dalgalar) bizde herhangi bir uyarı meydana getirmez. Bu spektrum belki değişik canlı grupları için biraz daha geniş veya dar olabilir (arıların ultraviyole = morötesi - ışınları görmesi; yarasaların ultrasonik = çok kısa dalgaları - duyması gibi). Bu sapmaları gözönüne almazsak, canlıların duyu organlarında belirli bir birlik ve benzerlik olduğu açıktır. Maddenin değişik enerji düzeyleri, daha bilimsel bir tanımla değişik frekanslı dalgalar, bizde değişik algılar uyandırmaktadır. Ama gerçekte evrende ne gördüğümüz gibi ışık, ne işittiğimiz gibi ses ve ne de algıladığımız gibi bir sıcaklık mevcuttur. Yani duyu organlarımız dış çevre ile beyin arasında bizi yanıltmakta ve beyinde gerçekle ilgisi olmayan yorumlara neden olmaktadır. Bu, çevremizdeki ve evrendeki gerçekleri tam anlamıyla anlamamıza engel olmaktadır. Eğer, biz, ileride evrenin sırlarına gerçek anlamda hakim olmak istiyorsak, ne gariptir ki, beş duyunun dışarsında, en azından onların koşullandırılmasından meydana gelen yanlış yönlenmelerden kurtulmuş olarak düşünmemiz gerekecektir.

Evren hakkındaki yaratılış kuramları insanlık tarihi kadar eskidir. Çözüm bulamayan insan, evrenin bir ya da birkaç defada, Tanrı tarafından, olduğu gibi yaratıldığına inanmıştır. Bugün bu düşünce geniş halk kitleleri tarafından en geçerli çözüm yolu olarak hala kabul edilmektedir. Neden-sonuç ilişkisine dayanmayan ve herhangi bir evrensel soruna bilimsel açıdan açıklık getiremeyen bu varsayım, doğmatik yapıda olanlar için daha uzun süre geçerliliğini koruyacağa benzemektedir. Din kitaplarına göre, insan, yedi alemden meydana gelmiş evrende, yalnız, ikisi ile ilişki kurabilecektir. Acaba bu açıklama ile, görünürde, aynı kanunlara bağlı yıldız ve galaksi sistemleri ve atom sistemi arasındaki bağlantı mı anlatılmak istenmiştir? Acaba bugün galaksiler ve yıldız sistemleri daha üst bir alemin atomlarını; atom sistemi dediğimiz düzen daha alt bir alemin galaksilerini mi oluşturuyor? Bunlara yanıt vermemiz olanaksızdır. O halde ilişki kurabileceğimiz iki alem bizim için şu anda önemlidir. Atom ve yıldızlar sistemi. Bu iki sistemi açıklamaya çalışmadan önce özel ve genel göreselik (izafiyet) kuramlarını kısaca gözden geçirelim.

1.1.1. ÖZEL GÖRESELİK KURAMI

Doğadaki bir olayı ya da cismi tanımlayabilmemiz için, daha genel bir açıklama ile doğanın mekaniğini anlayabilmemiz için üç niceliğe gereksinmemiz vardır. Bunlar: Zaman, mesafe (hız) ve kütledir. Bu sabiteler NEWTON fiziğinin temelidir.

Bu sabitelerin kesinliğini sarsan buluşların ilki 1900-1927 yılları arasında *'Kuantum Kuramı'* ve yine aynı yıllarda temeli atılan göreselik kuramlarıdır. Bu iki kuram bugünkü fiziğin temel direkleridir ve olayları sağlam matematiksel bağıntılarla açıklar.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

1900 yıllarında MAX PLANCK, ışığın, *'Kuantum'* adını verdiği parçacıklarla taşındığını buldu ve her kuantumun enerjisini dalga boyuna göre saptadı. E = hv (v: ışınımın frekansı, E: enerji, h: doğanın en önemli sabitelerinden sayılan Planck sabitesidir; bu sabitenin değeri aşağı yukarı $10^{-26} \times 6624$'dür). Görmemiz, retinanın; ısınmamız, derinin bu küçük parçacıklarla bombardımanı sonucu ortaya çıkıyordu. EINSTEIN, bu eşitlikten yararlanarak fotoelektrik yasalarını ortaya koydu ve bunun sonucu olarak televizyon ve fotoelektrik hücrelerinin yapımı gerçekleşti. Bir madeni levhaya ışık verildiğinde elektron çıkar ve çıkan elektronun hızı, ışığın yoğunluğuna değil, frekansına yani rengine bağlıdır. EINSTEIN'e göre ışık, *'Foton'* denen küçük parçalardan oluşmuştu ve madeni levhaya çarpınca iki bilardo topunun birbirine çarpması gibi, enerjisini madeni levhadaki bir elektrona devrederek, onun levhadan hızla çıkmasını sağlıyordu. EINSTEIN, bu yasaları açıklamasından sonra Nobel ödülü aldı.

Işık, kırınım ve girişim olaylarında parça özelliği değil, bir dalga özelliği gösterir. Birçok fiziksel deneme ile bu dalga özelliği saptanmıştır. Fakat aynı zamanda parça özelliği de göstermektedir. Bu ikilemin açık kanıtlarla bağdaştırılması çok zor görülmektedir. Bu nedenle bugün ışığın parçalardan oluştuğunu ve dalga gibi davrandığını kabul etmek zorundayız.

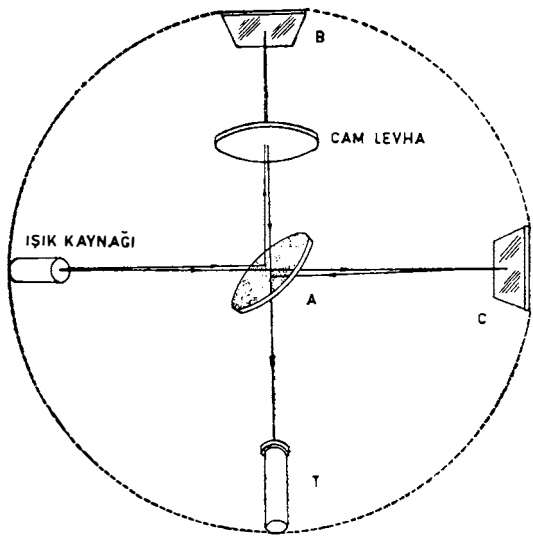
1925'de BROGLIE, elektronların, parçacıklar olarak değil de, dalgalar olarak kabul edilmesi halinde madde ve ışınım arasındaki karşılıklı etki olaylarının daha iyi açıklandığını buldu. BROGLIE, **'Madde Dalgaları'** kuramını ortaya attıktan sonra SCHRÖDINGER, proton ve elektronlara özgü **'Dalga Mekaniği'** diye bilinen eşitliği buldu. Daha sonraki çalışmalar sadece elektronların değil, atomların, hatta moleküllerin, kristal bir yüzey üzerinde kırılınca dalga meydana getirdiklerini ve bu dalga uzunluğunun her iki araştırıcının formülüne aynen uyduğunu göstermiştir. MAXWELL'in savunduğu gibi evrenin yok olmaz temel taşları savı, artık geçerliliğini yitirmeye başlamıştı ve o eski küre şeklindeki elektron, bir dalga ve atom da birbiri üzerine konmuş dalgalar sistemi haline dönüşmüştü. Sonuç şuydu: Evrendeki tüm maddeler dalgalardan meydana gelmişti ve biz bir dalgalar denizinde yaşıyorduk.

Işığın bir taraftan dalga bir taraftan parça özelliği göstermesiyle ortaya çıkan paradoks (ikilem), BORN ve HEISENBERG'in çalışmalarıyla büyük ölçüde çözümlenmiştir. Bu durumda bir elektron ile uğraşmak sakıncalı idi; denemeler bir elektron demetinin davranışlarına yöneltilmeliydi. Bu demetin içerisinde elektronun hızı saptanmak istenirse, yeri belirsiz; eğer yeri saptanmak istenirse hızı belirsiz oluyordu. HEISENBERG, ortaya attığı bu **'Kesinsizlikler veya Belirsizlikler Kuramı'** ile Nobel ödülünü aldı. Bu buluş şimdiye kadarki düşünce sistemimizi tamamen karıştırdı. Çünkü evrende bir cismin yeri ve hızı aynı zamanda saptanamıyordu. Birinden biri belirsizliğe itiliyordu. Özünde duyu organlarımızla evreni tanımaya kalkışsak gerçeği bulamıyoruz; duyu organlarımızın dışında tanımaya çalışsak elimizde sadece ruhsuz matematiksel formüllerden başka birşey kalmıyor. Bir körün kar tanesini anlamaya çalışması gibi birşey. Vücuduna değen kar tanesi eriyor; fakat kör, uzaktan bu kar tanesinin esas yapısını öğrenemiyor.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

1.1.1.1. *Hızda Göreselik*

Bir geminin güvertesinde yürüyen adamın hızı, değişik şekillerde hesaplanır. Gemi suya göre, adam gemiye göre belirli bir hıza sahiptir. Dolayısıyla bir hızın açıklanması ancak sabit bir noktaya göre ve göreli olarak tanımlanabilir. Geminin içerisinde bulunan bir kimse ise hareket halinde olup olamadığını kesinlikle anlayamaz. NEWTON ve GALİLEİ'ye göre hızı aynı olan yerlerde aynı mekanik yasalar geçerlidir. NEWTON'a göre evrenin herhangi bir yerinde kesin olarak hareketsiz bir nokta vardır ve tüm hareketler bu noktaya göre saptanabilir. Fakat, bugün biz dünyanın kendi ekseni etrafında (1.500 km./saat), güneş etrafında (30 km./sn.) hareket ettiğini; buna ilave olarak güneşin sabit yıldızlar sistemi içerisinde (25 km./sn.), sabit yıldızların samanyolu içerisinde (300 km./sn.) ve samanyolunun diğer galaksiler içerisinde (150 km./sn.) ve tüm evrensel sistemin büyük hızlarla yayıldığını biliyoruz. Bu yayılmalar belirli bir yönde değil, ayrı ayrı yönlerdedir. Bu durumda sabit bir noktanın kabul edilmesi olanaksız görülmektedir.



Şekil 1.1 : MICHELSON ile MORLEY'in "Interferometer-Girişim Aygıtı" dedikleri alet birkaç aynadan oluşmuştur. Aynalar o şekilde düzenlenmiştir ki, bir kaynaktan gelen ışın bölünüyor ve aynı zamanda iki yönde de gönderiliyordu; bu, A aynası aracılığıyla oluyordu. Bu aynanın yüzü ince bir gümüş tabakası ile sıvanmış olduğundan ışının bir kısmı aynadan geçip ayna C'ye gidiyor, öteki kısmı da ayna B'ye doğru dik bir açı ile yansıtılıyordu. B ve C aynaları, üzerlerine düşen ışınları A aynasına doğru yansıtıyorlar ve bu aynada tekrar birleşen ışınlar T gözleme teleskopuna doğru harekete geçiyorlardı. Ancak C'ye gidip dönen ışın (ACT) A'nın camından üç kere geçtiği için, aynı kalınlıkta bir cam levha A ile B arasına konarak ABT ışınının bu camdan geçmesi sağlanmış ve böylece ACT'nin gecikmesi giderilmiş oluyordu. Alet, çeşitli yönlere döndürülmüş, ABT ve ACT ışınları esir akımına karşı, akıma dikey olarak ve akım yönünde gönderilmiştir. ilk bakışta, örneğin B'den A'ya akım yönünde gidiş, A'dan B'ye akıma karşı gidişteki gecikmeyi (yavaşlamayı) zaman bakımından giderir sanılır. Fakat bu böyle değildir. Bir kayıkla bir mil akıntıya karşı, bir mil de akıntı yönünde gitmek, durgun suda veya akıntıya dikey olarak iki mil gitmekten daha çok zaman alır. Her iki ışın parçası "esir" akımının etkisi ile hızlanmış veya yavaşlamış olsaydı, T'deki optik alet bunu kesinlikle meydana çıkarırdı (Barnett'den).

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

Işığın dalgalardan oluştuğunu kabul eden kuramların geçerli olduğu devirlerde, ışığın, uzaydaki boşlukta yayılmasını sağlayan maddenin **'Esir'** adı verilen bir dolgu maddesi olduğu savunulmuştur. Bu esir maddesinin varlığını saptayabilmek için MİCHELSON ve MORLEY 1881'de ilginç bir deney yaptılar. Eğer esir varsa, dünya, bunun içerisinde, bir geminin suyun içerisinde yüzüşü gibi hareket ediyordu. O halde dünyadan bir ışık gönderilince (o devirde ışığın hızı tam doğrulukla saptanmış ve 299792, 5 km/sn olduğu bulunmuştur) gönderiliş doğrultusuna göre ışığın hızı azalacak ya da çoğalacaktır. Çünkü dünya güneş etrafında 30 km./sn. hızla yol almaktadır. Eğer ışığı hareket yönünde gönderirsek, esire çarpacağı için hızı 30 km./sn. azalacaktır; ters yönde ise hızı 30 km./sn. artacaktır. Çok büyük bir titizlikle hazırlanan aynalar sistemi aracılığıyla bu fark ölçülebilecekti (Şekil 1.1). Deneme sonucunda ışığın her yönde de aynı olduğu ve 300.000 km./sn. hızının hiç değişmediği görülmüştür. Dünyanın güneş etrafında yol aldığı kuşkusuzdur. Esir maddesinin yokluğunu kabul etmek de birçok sorunun çözümünü zorlaştıracaktı. Çok daha ayrıntılı denemeler yapılmasına karşın, sonuçta hiç bir değişiklik gözlenemedi. Işığın hızı her zaman, her koşulda sabitti.

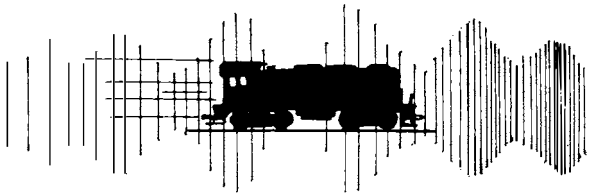
Işık, dünya hareketinden etkilenmiyordu. Bu, ışığın diğer gök cisimlerinde de değişmediğini ve hızının sabit olduğunu kanıtlamaktaydı. 1905 yılında, EİNSTEİN, yayınladığı çalışmada sabit bir başvuru (müracaat) unsuru olan esir fikrini kabul etmiyor ve GALİLEİ'nin de göreselik kuramını içine alan yeni bir varsayım ortaya atıyordu. Bu varsayıma göre, hızları birbirinin aynı olan tüm sistemlerde, doğa yasaları, bununla ilişkin olarak, ışık ve diğer elektromanyetik olaylar aynı şekilde yürütülüyordu. Bu, evrende sabit bir başvuru sisteminin (nirengi noktasının) aranmasının boş olduğunu; evrenin her an değiştiğini, durgunluk kavramının kesinlikle evrende bulunmadığını kanıtlamaktaydı. Uzaydaki cisimlerin hareketleri birbirlerine göre tanımlanabilir, yani, Alman matematikcisi LEİBNİZ'in ifade ettiği gibi ''şeylerin kendi aralarındaki düzeni ya da ilişkisidir''. İçinde şeyler olmayan uzay bir hiçtir. Daha sonra göreceğimiz gibi uzayda yön ve sınır da yoktur. Bu nedenle ışığın bir ölçü çubuğu gibi alınıp sistemlerin hızını ölçmek de gereksizdir. Çünkü ışığın hızı, çıktığı yerin ve döküldüğü yerin davranışının ve hareketinin etkisi altında değildir. Bu durumda hareket göreseldir.

1.1.1.2. *Zamanda Göreselik*

EİNSTEİN, salt uzay fikriyle beraber salt zaman kavramını da reddetmiştir. Nasıl uzay olası cisimlerin bir düzeni ise, zaman da muhtemel olayların bir dizisinden başka birşey değildir. Nesnel bir kavram getirebilmek için, yani, nasıl renkleri gözlerimizle görüp tanıyorsak, birbiri ardı sıra gelen olayları da tanımlayabilmek için nesnel bir zaman ölçüsü sistemini ortaya çıkarmak gereğini duymuş ve dünyanın güneş etrafındaki dönüşlerinin belirli bir dilimini saniye, saat, gün ve yıl olarak ölçüt almışızdır. Gerçekte tüm zaman kavramları, belirli bir hız içinde olduğu kabul edilen (diğer gök cisimlerine göre) güneş ve dünya için geçerlidir. Diğer gök cisimleri için daha değişik zaman kavramları sözkonusudur. Örneğin, Merkürde bir sene ile bir gün aynı şeydir.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

Çünkü güneş etrafında bir kere döndüğünde (88 gün), kendi etrafında da ancak bir defa dönmüştür. Güneş sisteminden ayrıldığımızda tüm zaman kavramlarımız değerlerini yitirirler. Çünkü evrende 'Şimdi' ve 'Zamandaşlık' kavramları yoktur. Otuz sekiz ışık yılında ışığı bize gelen Arkturus yıldızına baktığımızda, şimdi sözcüğünü kullanmamız anlamsızdır; çünkü dünyadaki şimdi sözcüğü, 38 yıl sonra ışığını gördüğümüz bu yıldız için geçersizdir. Çünkü biz onun 38 yıldan beri ancak bir hayalini görmekteyiz. Belki dünyanın, şimdisinde, o yıldız çoktan yok olmuştur. Fakat biz görmeye hâlâ devam etmekteyiz.

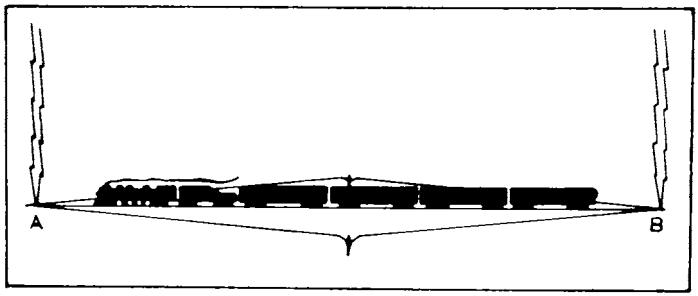


Şekil 1.2 : Hareket halindeki bir lokomotifin düdüğü, hareket yönünde daha tiz, uzaklaştığı yönde daha bas olarak duyulur. Uzaklaştığı ve yaklaştığı noktalara gelen ses dalgalarında hızına bağlı olarak farklılıklar ortaya çıkar.

EİNSTEİN'e göre birbiriyle ilişkisi olmayan sistemlerdeki olayların aynı zamanda yer aldığını düşünmek saçmadır. Uzay ile zaman arasındaki bağıntıları belirleyen matematik kuralları **'Transformasyon Yasaları'** olarak bilinir. GALİLEİ'den beri hızların birbiri üzerine eklendiğini biliyoruz. Örneğin, bir trende (hareket halinde) gidiş yönünde yürüyen bir adamın hızı, yere göre tren hızı artı adamın hızıdır. Gidiş yönünün ters tarafına yürüyen adamın hızı da yere göre trenin hızı eksi adamın hızıdır. Bir trenden atılan merminin hızına, eğer tabanca hareket yönüne tutulmuşsa, trenin hızını da eklemek suretiyle, yere göre gerçek hızı bulabiliriz. Bu, ışık hızına kadar (daha doğrusu ışık hızına yaklaşık değerlere) geçerlidir. Eğer tren bir ışık kaynağına doğru hızla giderse, ışığın göresel hızı, v(trenin hızı) + c(ışık hızı) ve tren ışık kaynağını geçtikten sonra göresel hız v-c olacaktır (Şekil 1.2). Bu düşünce tarzı MİCHELSON MORLEY deneyi ile tamamen karşıttır. Çünkü bu bilim adamlarının kuşku götürmeyecek şekilde yaptıkları ve defalarca tekrar ettikleri deneylere göre, ışığın hızı, çıktığı kaynağa ve döküldüğü kaynağa göre değişmiyordu; yani ışık hızı her koşulda sabittir. Bu ilginç olay, ortak bir ağırlık merkezi etrafında dönen çift yıldızların incelenmesi ile de kanıtlanmıştır. Bir eksen etrafında dönen yıldız çiftlerinden biri uzaklaşırken, diğeri yaklaşmaktadır. Fakat her ikisinin de gönderdiği ışık hızı aynıdır (Şekil 1.11). Yani bir hız eklenmesi (yıldızın hızı) ya da azalması görülmemiştir. Trenin hızı ne olursa olsun (saniyede 200.000 km./sn. olduğunu düşünsek dahi) öndeki kaynaktan gelen ışığın hızı, trendeki adamın ölçümlerine göre yine 300.000 km./sn. olacaktır. Keza ışık kaynağı geride kalsa da bu değer değişmeyecektir. Biz bir kaynağa giderken etkinin kuvvetlenmesine daha doğrusu hızın artmasına, dalga ise frekansının çoğalmasına 'D o p p l e r E f f e k t i = 'Çifte Etki' diyoruz. Örneğin bir siren sesine doğru giderken, sirenin daha tiz (daha yüksek frekanslı), uzaklaşırken daha bas(daha düşük frekanslı) işitilmesinin nedeni bu doppler efektinden dolayıdır.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

EINSTEIN, hem ışığın hızının sabit olmasına, hem hızların eklenmesi kuralına inanıyordu. Hızların eklenmesi kuşku götürmez bir matematiksel yasa idi. Işığın hızı da EINSTEIN'e göre değişmez bir sabite idi. Sonuç ise her ikisine de tersti. EINSTEIN,bu iki kuralı da (hareket halinde olan sistemlerde) bağdaştıracak yeni bir transformasyon kuralının bulunmasını kaçınılmaz görüyordu.



Şekil 1.3 : Açıklama metin içerisinde.

EINSTEIN'in istediği denklemleri Hollandalı LORENTZ verdi ve kendi kuramı için geliştirdiği bağıntıları EINSTEIN, kendi göreselik kuramı için yapı taşı olarak kullandı. Bunun ne olduğunu anlamak için önce hızların eklenme kuralının aksaklıklarını görmek gereklidir. EINSTEIN, bu aksaklıkları göstermek için diğer bir tren örneği daha verdi. Bir trenin iki ucuna aynı zamanda yıldırım düştüğünü düşünelim (Şekil. 1.3). Dışarıdaki bir adam (katarın tam ortasına gelecek bir yerde duran adam) yıldırımın iki uca da aynı zamanda düştüğünü görecektir. Trenin içinde ve katarın ortasında bulunan diğer bir adam da özel ayna sistemleriyle bu yıldırım düşmelerini incelerse, öne düşen yıldırımın zaman olarak daha önce düştüğünü savunacaktır. Çünkü tren belirli bir hızla öndeki yıldırıma doğru yaklaşmaktadır ve arkadan gelen yıldırımın ışığı daha geç olarak algılanacaktır. Hatta trenin ışık hızıyla gittiği varsayılırsa, katardaki adam arkadaki yıldırımın ışığını hiçbir zaman algılayamayacağı için, sadece öne yıldırım düştüğünü savunacaktır. Böylece hat yanında duran adama göre aynı zamanda düşen yıldırımlar, katardaki adama göre farklı zamanlarda oluşmuştur. Bu yıldırım ışıkları arasındaki paradoks (yanıltmaç) EINSTEIN felsefesinin en ince ve en güç kavramlarından biridir: **Zamandaşlık Göreseliği.** EINSTEIN'e göre 'Şimdi' kavramı evrenin her yerinde aynı değerde kullanılamaz. Bir zaman kavramı ancak bağlı olduğu koordinatlarda ve başvuru (müracaat) cisimlerinde anlamlıdır. Geminin güvertesinde yürüyen adamın hızı, geminin hızı aynı zaman koordinatlarında olduğu varsayılmış ve dışarıdaki bir şamandrada bulunan saatle aynı koordinatı paylaştığı düşünülmüştür. Bu da hızların eklenmesi kuralında ikinci sakatlığı oluşturmaktadır. Çünkü mesafe de zaman gibi göresel bir kavramdır ve hareket halinde olan bir sistem, hareketsiz bir uzay koordinatıyla ölçülemez.

Işık kaynağına doğru hızla giden bir sistemde zamanın yavaşladığı ve ışık hızına ulaşıldığı anda zamanın sıfır olduğu EINSTEIN'in göreselik kuramının en çarpıcı sonucuydu. Bunun yanı sıra tüm ölçü birimlerimiz,ışık hızına yaklaşıldığında, hız yönünde

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

kısalıyordu (eni ve boyu değil, uzunluğu kısalıyordu). Örneğin ışık hızının % 95'ine ulaşan bir metrelik cetvel, duran bir cetvelin ancak 50 cm.'si kadar gelebiliyordu. Yani yarı yarıya kısalıyordu. Işık hızına ulaştığı anda kural olarak boyunun sıfır olması gerekirdi. Bu, cetvelin yapıldığı madde ve şekliyle kesinlikle ilgili değildi. Bundan çıkan sonuç şudur: Ne tür kuvvet uygulanırsa uygulansın, hiçbir şey ışıktan daha büyük bir hızla hareket edemez. Böylece göreselik kuramının diğer önemli bir yasası daha açığa çıkmış oluyordu: Işığın hızı evrendeki en büyük hızdır. Hızla orantılı olarak zamanın da yavaşladığını söylemiştik. Saatin yapıldığı maddeye ve şekline bağlı olmadan, hareket eden bir sistemdeki saat, göresel olarak daha yavaş hareket eden bir sistemdeki saatten daha yavaş çalışır. Hareket halindeki sistemde bulunan bir kimse bu değişmeleri ayıramaz; fakat duran veya daha yavaş hareket eden bir sistemdeki kimse ölçü birimlerinin kısaldığını ve saatin yavaşladığını (hareket halindeki sistemde bulunan) kendi ölçü birimi ve saatiyle karşılaştırınca anlayacaktır. Saatin yavaşlaması ve ölçü birimlerinin kısalması mekanik olaylar değildir. Işığın hızının sabit olması da bu şekilde açıklanmış olmaktadır. Çünkü hızla orantılı olarak ölçü birimlerinin boyu kısalacak ve zaman yavaşlayacaktır. Küçük hızlarda bu değişmeler çok azdır. Tüm bu anlatılanları anlayabilmek için, EINSTEIN'ın değindiği gibi, onsekiz yaşına kadar sağduyu diye zihnimize yerleşmiş peşin hükümlerin tortusundan kurtulmak gereklidir.

EINSTEIN, duyularının dışında düşünebilen nadir insanlardan biridir ve bu yeteneğiyle bilimde büyük bir çığır açmıştır. Nitekim bu son buluşu da 1936'da Bell telefon şirketinin araştırma laboratuvarlarında ve Apollo füze denemelerinde kanıtlanmıştır. Araştırma laboratuvarlarında çalışan IVES büyük hızla hareket eden hidrojen atomlarının çıkardığı ışınlarla, hareket halinde olmayanlarınkini karşılaştırmış ve hareket edenlerin çıkardığı ışınların frekansının EINSTEIN denklemine uygun olarak azaldığını saptamıştır. Ayrıca Apollo füzesine yerleştirilen bir atomik saatin, aynı şekilde yere yerleştirilmiş olandan daha geri kaldığı (Apollo füzesinin hızı en fazla saatte 40.000 km./saat olmuştur) saptanmıştır. Bu geri kalma, ışık hızına ulaşan sistemlere uygulandığında gerçekten zamanın sıfır olduğu tam bir doğrulukla kanıtlanmaktadır.

EINSTEIN'e göre, insan kalbi de bir saattir ve hıza bağımlı olarak insandaki tüm işlevler oransal olarak azalacaktır, daha doğrusu yavaşlayacaktır. Fakat kişinin kendisi bu yavaşlamanın farkına varamayacaktır. Çünkü saat ve diğer ölçü birimleri de orana bağlı olarak yavaşlayacaktır. Ancak hareket etmeyen bir insana göre çok daha yavaş yaşlanacaktır. Işık hızında, büyük bir olasılıkla yaşam sonsuz olacaktır. [Yalnız bir cismin ışık hızına ulaşması olanaksız sayılmaktadır. Çünkü ışık hızında kütle sonsuz olacağı için, sonsuz kütleyi harekete geçirmek sonsuz kuvvete gerek gösterecektir. Bu da mantık dışıdır].

1.1.1.3. *Kütlede Göreselik*

Zaman ve hızın göresel olduğu bir sistemde, kütlenin de göresel olabileceği düşünülmüştür. Özünde, kütle, maddenin hareket değişmelerine gösterdiği direnci ifade eder. Bir vagonu harekete geçirmek, bir bisikleti harekete geçirmekten daha

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

zordur. Çünkü vagonun kütlesi bisikletin kütlesinden daha büyüktür. Klasik fizikte bir cismin kütlesi sabit ve değişmezdir. Yani bir vagon ister dursun, ister 100 km./sn., ister 100.000 km./sn. hızla hareket etsin kütlesi aynıdır. Göreselik kuramında, klasik fiziktekinin tersine, hız arttıkça kütlenin de arttığı saptanmıştır. Ulaşabildiğimiz (şimdilik) hızlarda bu kütle artımı çok az olduğundan saptanması güçtür. Fakat ışık hızına yaklaşırken kütlenin artımını saptamak olasıdır. Hızla boy kısalmasına karşın, en ve kalınlık değişmediğinden herhangi bir çelişki söz konusu değildir. Ayrıca kütle sadece ağırlık değil, harekete dirençtir.

EINSTEIN hız-kütle bağıntısını şu şekilde isbatlamıştır;

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - (v^2 / c^2)}}$$

, m = v hızı ile hareket eden bir cismin kütlesidir; m_o = cismin hareket halinde olmadığı zamanki kütlesidir; c de ışığın hızıdır. v hızı az ise m_o ve m arasındaki fark hemen hemen sıfırdır. Fakat v, c ye yaklaşırsa kütle artması büyür ve c hızında sonsuz olur. Sonsuz kütlesi olan bir cismi harekete geçirmek, direnç sonsuz olacağından, olanaksızdır. Buradan çıkan sonuç şudur: Hiçbir cisim ışık hızına ulaşamaz. Bugün yapılan proton-siklotron ve daha başka süper enerji makineleri, bu formüle uygun olarak yapılırlar. Aksi taktirde çalışmaları olanaksızdır. Bugün yine atom bombasının yapımında ışık hızının % 99'una ulaşan parçacıkların kütle artımlarının hesaba katılması vazgeçilmez ana kurallardan biridir.

EINSTEIN, kütle göreseliği kuramından bir çeşit yorumlama ile bizim için son derece ilginç olan bir sonuca ulaşmıştır. Hareket eden cisimlerin kütlesi arttığına göre ve hareket de bir çeşit enerji olduğuna göre (kinetik enerji), hareket halindeki cismin kütle artışı onun enerjisinin artışından ileri gelmektedir. Yani, enerjinin bir kütlesi vardır! Oldukça basit birkaç matematik formülü ile bu bağlantıyı şu şekilde ifade etti. $m = E/c^2$. Bu formül, belki de şu ana kadar bulunmuş en önemli ve ünlü formüldür. Yani $E = mc^2$'dir. Bu, atom bombasının temelini oluşturmuştur. Diğer bir açıklama ile bir kilogram kömürün hepsi enerjiye çevrilebilirse 25 milyar kilovat-saat elektrik enerjisi verecektir (1980 Türkiye'sinin tüm elektrik üretimine eşit). Bu formül, ayrıca, radyoaktif elementlerin neden yıllardır, hızlı parçacıklar çıkarabildiğini ve yıldızların neden milyarlarca yıl ışık çıkarabildiğini açıklamıştır. Birkaç gramlık uranyumun bir şehri nasıl ortadan kaldırdığı çok yakın tarihte yaşanmış bir olaydır.

Göreselik kuramından önce, bilim adamları, evrende, madde ve enerji olarak iki ayrı unsuru kabul etmişlerdir. Madde, atıl, dokunulur ve kütlesi olan bir unsur olarak kabul edilmiştir; enerji ise, hareketli, görünmez ve kütlesi olmayan bir unsur olarak düşünülmüştür. EINSTEIN, bu iki unsurun aynı olduğunu ve madde dediğimiz unsurun yoğunlaşmış enerji olduğunu kanıtlamıştır. Yani madde enerjidir, enerji de madde; aralarındaki ayırım sadece geçiş durumları ile ilgilidir ve bu geçiş tam anlamıyla aydınlatılamamıştır.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

1.1.2. GENEL GÖRESELİK KURAMI

EINSTEIN, NEWTON'un değişmez ve belirli kurallar içerisinde düzenli olarak bir makine gibi çalışan evren kavramına, özel göreselik kuramlarını göz önüne alarak, değişik bir açıdan bakmaya ve tüm evrene hakim olan gerçek kuralları ve unsurları bulmaya yöneldi. Sonuç insan düşüncesinin bir harikasıydı. Evren, düşünüldüğü gibi sabit ve değişmez bir yapı değil, her an yapısını ve mimarisini değiştiren bir kavramdı. Bir çeşit düzensizliklerin, oluşturduğu mükemmel bir düzendi. Bu evrensel kavram daha sonra geniş olarak değineceğimiz yaşamın da özünü oluşturmaktaydı.

EINSTEIN şöyle der: Matematikci olmayan bir kimse dördüncü boyutu kolay kolay şekillendiremez. Gerçekte içinde yaşadığımız dünya dört boyutlu bir uzay-zaman sürekliliğidir.

Bir trenin yerini kilometre başına, bir geminin yerini enlem ve boylama, bir uçağın yerini ise enlem, boylam ve yüksekliğe göre saptarız. Halbuki hareket halinde olan bu yukarıdaki araçların gerçek konumunu bilebilmemiz için bir zaman kavramını da düşünmemiz gerekecektir. İşte hareket halindeki bir cismin bu durumu, uzay-zaman sürekliliği içerisinde değerlendirilir. Özünde uzay-zaman kavramı veya sürekliliği beş duyu ile değerlendirilecek bir kavram değildir; tablosu, grafiği ve modeli çizilmez; matematikle formüllendirilir ve pek az kimse tarafından da tasarlanabilir.

Dünya bir uzay-zaman sürekliliğidir. Her gerçek, hem uzayda, hem zamanda bulunur ve ikisini birbirinden ayırmak olanaksızdır. Bütün zaman ölçüleri gerçekte uzay ölçüleridir ve uzay ölçüleri de zaman ölçülerine bağlıdır. Bir teleskopla uzaya baktığımızda, sadece dışarıya doğru değil, aynı zamanda, zaman içerisinde geriye doğru da bakmış oluruz. Çünkü bugün ışığını aldığımız birçok gök cismi, belki yıllarca önce tamamen ortadan kalkmıştır. Bu zaman-uzay ilişkisini şekillendirebilmemiz için tüm evreni bir arada tutan ve onun boyutlarını saptayan gravitasyonu **(Kütle Çekimi)** bilmek gerekir.

Hareket, başka bir cisme göre yer değişimi olarak kabul edilmişti. Evrende, yalnız dünya bulunsaydı ve büyük bir hızla hareket etseydi, biz onun bu hareketini hiçbir zaman saptayamayacaktık; aynen düzgün hareket eden bir trenin içerisindeki kişinin, trenin hareketini anlayamaması gibi. Fakat dünya ya da tren değişik hızla hareket etmeye başlarsa, bir direnç, yani atalet **(eylemsizlik)** doğar ve o zaman bir nirengi **(danışma)** noktası olmadan dahi hareket ettiğimizi anlarız. Özel göreselikte hızları değişmeden hareket eden sistemlerde aynı doğa kuralları geçerlidir demiştik. Halbuki burada hızın değişimi söz konusudur ve ortaya çıkan olaylar da bir danışma (nirengi) noktası olmadan saptanabilmektedir. Hareketi değişen trenin içindeki kişinin bunu algılayabilmesi gibi. Bu hız artmalarında ortaya çıkan olay başka olaylara bağlı olmadığından bir karşılaştırma (müracaat) sistemi ya da bir danışma (nirengi) noktası olarak kullanılabilmelidir. Genel göreselik kuramındaki doğal yasalar, sistemlerin hareket noktaları ne olursa olsun, aynıdır.

Bir gülleyi ve bir tenis topunu atmak farklı kuvvetler ister. Buna karşılık bir mendil ile bir tenis topu aynı hızla dünyaya düşer (hava direnci giderilirse).

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

NEWTON'un atalet (eylemsizlik) kuralları düşey düşüşlerde, bu durumda geçerliliğini yitirmektedir (yatay düzlemlerde geçerliliğini korumaktadır). NEWTON,bunu şu şekilde açıklamıştır. Kütlesi büyük cisimlere gravitasyon kuvveti (bir cismin başka bir cismi çekiş kuvveti) daha büyük etki etmekle beraber, kütlesi büyük cisimlerin eylemsizlikleri (ataletleri) de büyük olduğu için bir denge oluşmaktadır. Bu nedenle mendil ve tenis topu aynı hızla yeryüzüne düşmektedir.

EINSTEIN bu açıklamayı yetersiz hatta hatalı bulmuştu. Gravitasyonun (kütle çekiminin) büyük mesafelerde ani etki yapabilecek bir kuvvet olabileceğine inanmıyordu ve gravitasyon (kütle çekimi) ile atalet (eylemsizlik) arasındaki dengenin bir rastlantı olabileceğinden kuşkulanmıştı.

EINSTEIN şu basit örneklerle bu konuya açıklık getirmiştir. Düşen bir asansörün içerisinde deneme yapan bilim adamları şu gözlemleri yaparlar. Asansör içerisindeki maddeler havada duruyormuş gibi asılırlar. Bilim adamları o zaman bulundukları kabinin gravitasyon (yerçekim) alanının dışında bir yerde olduğunu varsayarlar. Çünkü sıçradıklarında başları tavana vurur. Maddelere vurduklarında, itilen yönde, asansör duvarına çarpıncaya kadar hız değiştirmeden hareket ederler. Bu tamamen NEWTON yasalarına uymaktadır. Fakat içeridekiler bir gravitasyon denizinde mi düştüklerini yoksa dış etkilerden tamamen uzakta mı olduklarını saptayamazlar.

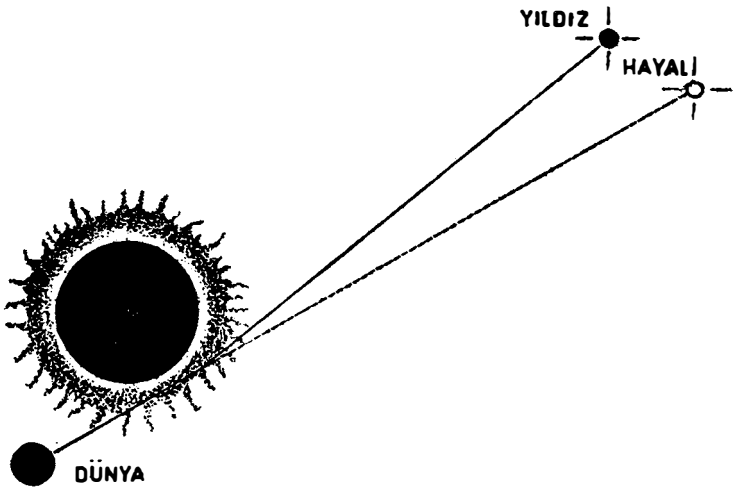
Eğer bu kabin gravitasyon (yer çekimi) etkisi dışındaki bir yerde bir kabloya bağlı olarak çekilirse, cisimlerin tabana doğru yapıştıkları ve ayakların tabana doğru çekildiği, sıçranmak istendiği zaman tavana doğru yükselinmediği gözlenir. Cisimlerin parabolik eğrilerle yere doğru düştükleri görülür. Bilim adamları bu durumu gravitasyon (yer çekimi) alanı içerisinde hareketsiz bir kabin olarak tanımlayacaklardır. Yani, bir boşlukta çekildiklerinin ya da bir gravitasyon (kütle çekimi) alanı içerisinde durduklarının kesinlikle ayırımını yapamayacaklardır. Keza atlı karıncada çevrilen bu kabinde de aynı durumlar izlenecektir. Buradaki merkezkaç kuvveti ile kütle çekim kuvveti birbirine karıştırılır. Burada yukarıyı ve aşağıyı saptayan faktör, hızın yönüdür. O halde evrende bir üst ve alt kavramı da düşünülemez. Örneğin güney yarım kürede yaşıyanların bize göre başaşağı durması gibi.

EINSTEIN'e göre, hız artması, geri tepme, merkezkaç kuvveti vs. gibi atalet kuvvetlerinin neden olduğu hareket ile gravitasyon kuvvetinin neden olduğu hareketi birbirinden ayırmaya olanak yoktur. Uçakta ani hareketlerin oluşturdukları G-yükü (gravitasyon yükü) de aynı izlenimi vermektedir. Örneğin, dalışa geçen pilotun, yeri, yukarı sanması gibi (kan başa toplandığı için).

Genel göreselik kuramında bu mutlak hareket ve gravitasyon sorununa ortak bir çözüm getirilmiştir. Bu kuram şudur: Hızı değişen hareketin özelliği ya da mutlaklığı diye birşey yoktur. Çünkü uzayda kendi başına hareket eden bir cismin doğurduğu olaylar, gravitasyon etkilerinden ayrılamamaktadır.

EINSTEIN'e göre gravitasyon diye birşey yoktur. Bu, cisimlerin, örneğin, gezegenlerin, izledikleri yol ile açıklanabilir. Çünkü gravitasyon denen çekim kuvveti ataletin bir parçasıdır ve izledikleri yol da uzay-zaman sürekliliğinin ölçüleri ile saptan-

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org



Şekil 1.4 : Yıldızdan gelen ışığın güneşin gravitasyon (kütleçekimi) alanında sapması. Güneşin gravitasyon (kütleçekimi) alanından geçerken yıldızın ışığı güneşe doğru saptığından, yıldızın görüntüsü dünya üzerindeki gözlemcilere göre güneşten dışarı doğru kaymış görünecektir.

mıştır. Bir mıknatısın etrafında bazı alansal özellikler yarattığı gibi, evrendeki cisimler de çevrelerinde uzayın özelliklerini düzenleyici bir etkiye sahiptir. Bir cismin gravitasyon alanındaki yolunu işte bu gök cisimlerinin oluşturdukları alanların geometrisi saptar. Bu, çok basit bir örnekle şu şekilde açıklanabilir. İnişli çıkışlı bir bahçede bilye yuvarlayan bir çocuğun bilyeleri, yukarıdan bakıldığında belirli bir yol izleyerek gidiyormuş izlenimi verir ve bu yol bir rastlantı olarak kabul edilir. Çünkü iniş ve çıkışlar yukarıdan görülmemektedir. Halbuki yerden izleyen bir kimse için bu yollar engellerin oluşturduğu patikalardan başka bir şey değildir ve bilyeler bu yolları izlemek zorundadır. NEWTON olayı yukarıdan, EINSTEIN ise yerden izlemiştir. EINSTEIN'in ortaya koyduğu yasaların bir kısmı cisimlerle etrafındaki alan arasındaki yasaları; diğer kısmı da gravitasyon alanlarındaki hareketlerin çizdiği yolları tarifler. Bu sonuncular hareket kanıtlarıdır. Bunlardan çıkarılan sonuç şudur: Evren sabit bir yapısı olmayan, değişken, yapısı her zaman bozulabilen bir sürekliliktir. Denizde hareket eden balığın, suyu karıştırdığı gibi, hareket eden gök cisimleri de uzay-zaman geometrisini bozar. Bu kuramın ilk sağlaması, bu kuramın ortaya atılmasına kadar bir türlü açıklanması yapılamayan Merkür uydusunun yörüngesinde görülen ilginç değişimin açıklanması ile yapılmıştır. İkinci büyük uygulanması, gravitasyonun ışık üzerindeki etkisidir. Öyleki, ışığın, daha doğrusu enerjinin bir kütlesi olduğunu biliyoruz. Bu durumda ışık, gravitasyon alanının etkisi altında ve belirli şekilde kıvrılarak hareket edecektir. EINSTEIN bu eğrilmenin derecesini saptamış ve güneşe en yakın yıldızlarda bir arkın 1.75 saniyesi olduğunu bildirmiştir. Çok daha sonra ekvatorda yapılan denemelerde bu kırılmanın gerçekten 1.64 saniye olduğu ilginç bir şekilde saptanmıştır. Yani güneş tutulduğunda, güneşin yanında görünen yıldızlar, gerçekte, gördüğümüz yerlerde değil, daha başka bir yerdedir (Şekil 1.4). Bu yıldızlardan gelen ışıklar güneşin yanından geçerken, güneşe doğru çekilirler ve biz yer olarak ancak, yıldızların gerçek yerini değil, hayalde oluşan yerlerini görürüz. Bu ışığın evrende doğru

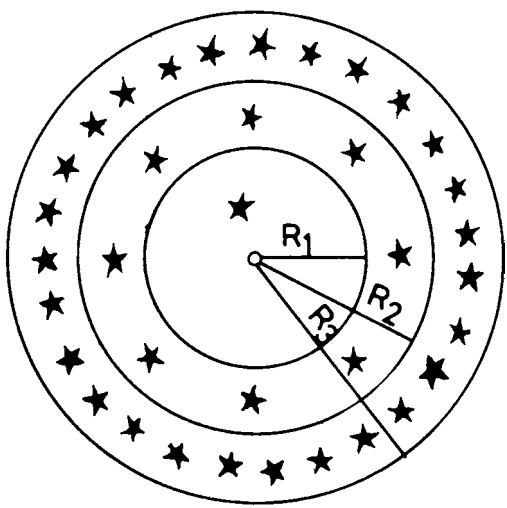
Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

değil, gravitasyon alanının etkisi altında kırılarak, daha doğrusu eğrilerek yol aldığını kanıtlamaktadır. Aynı yorumdan hareket eden EİNSTEİN, zamanın da gravitasyon alanlarında ilginç bir şekilde değiştiğini, daha karmaşık bir yorumlama ile açıklamaya çalıştı. Sonuç: Güneşteki bir saat, dünyadakinden daha yavaş çalışacaktır. Işınımlı güneş atomu, dünyadakinden (aynı unsurlu) daha az frekanslı ışık çıkaracaktır. Bu frekans farkı gravitasyon alanı çok güçlü olan Sirius ve yoldaşında çok belirli olarak saptanmıştır. Siriusun yoldaşındaki gravitasyon alanı (bu yıldızın 15 cm. küpünün ağırlığı dünyada bir ton gelecek kadardır) güneşe göre çok büyük olduğundan, kendi ışınımını, dünyadan çok belirli olarak izleyeceğimiz derecede yavaşlatır. Bu genel göreselik kurallarının en önemli sağlamalarından biridir.

Birçok gök cisminin oluşturduğu gravitasyon alanına göre kümeler, bulutlar, galaksiler vs. oluşmuştur. Bunların içinde bulundukları zaman-uzay sürekliliğinin genel geometrisi, gerçekte evrenin boyunu ve şeklini verir. Daha ötesinde ne var sorusunu yanıtlayabilmek için, birçok bilim adamı, evreni sonsuz olarak kabul etmişlerdir. Fakat sayısız madde içeren bir sonsuz evrenin gravitasyonu sonsuz olacağından, NEWTON, evrenin sınırlı olacağına kesinlikle inanmıştı.

1.1.2.1. *Evrenin Boyutları*

Difteri hastalığı konusunda önemli buluşları olan hekim OLBERS, geceleri gökyüzünün neden aydınlık olmadığını merak etmiştir. Çünkü dünyanın 10 ışık yılı uzaklığındaki bir bölgede bizi hafifçe aydınlatan aşağı yukarı 100 kadar yıldız vardır (Şekil 1.5). Biz ışığın, uzaklığın karesiyle orantılı olarak zayıfladığını biliyoruz. Eğer dünya çevresindeki uzaklığı 20 ışık yılı olarak alırsak, uzaklık bir misli arttığı için bu uzaklıkta bulunan yıldızların ışık şiddeti birinci uzaklığa göre, 1/4, yani karesi oranında azalır. Fakat bu hacim içerisindeki yıldızların sayısı 200 çıkmamış, hacim oranında arttığın-



Olbers paradoksu
(Her yıldız şekli
100 yıldızı gösterir.)

Şekil 1.5: OLBERS paradoksu. R, her 10 ışık yılını göstermektedir.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

dan, yani küpüyle arttığından, 8 misli çoğalmıştır. Bu durumda 20 ışık yılı uzaklıktaki bir hacim içerisinde 800 kadar ışık veren yıldız vardır. Sayı küple çoğalıp, ışık kareyle azaldığına göre, uzaklık arttıkça gelen ışık şiddetinin artması gerekliydi. Halbuki durum böyle değildir. Geceleri gök karanlıktır. Toz ve meteor bulutlarıyla bu ışıklar engellenmiştir varsayımı ile çözüm bulunmaya çalışılmışsa da, toz bulutlarının devamlı ışık alması sonucunda bir zaman sonra akkor hale geçeceği ve kendisinin bir kaynak gibi ışık vereceği kanıtlanmıştır. Dolayısıyla sonsuz bir evren kavramı bu hesaplamaya göre tümüyle geçerliliğini yitirmiştir. OLBERS'in bizzat kendisi, belirli uzaklıktan sonra yıldızların ışık şiddetinin azalacağını söyleyerek bu eşitliği sağlamaya çalışmıştır. Bugünkü bilgilerimizin ışığı altında, geceleri gökyüzünün aydınlık olması için, uzayın çapının en az 10^{20} ışık yılı olması gerekir. O zaman yıldızlar arka arkaya gelerek dünyaya belirli bir ışığın gelmesini sağlarlar (uzaklık/hacim oranını düşünerek). Evrenin çapı bu sayıdan çok daha küçük olduğu için geceleri karanlıktır.

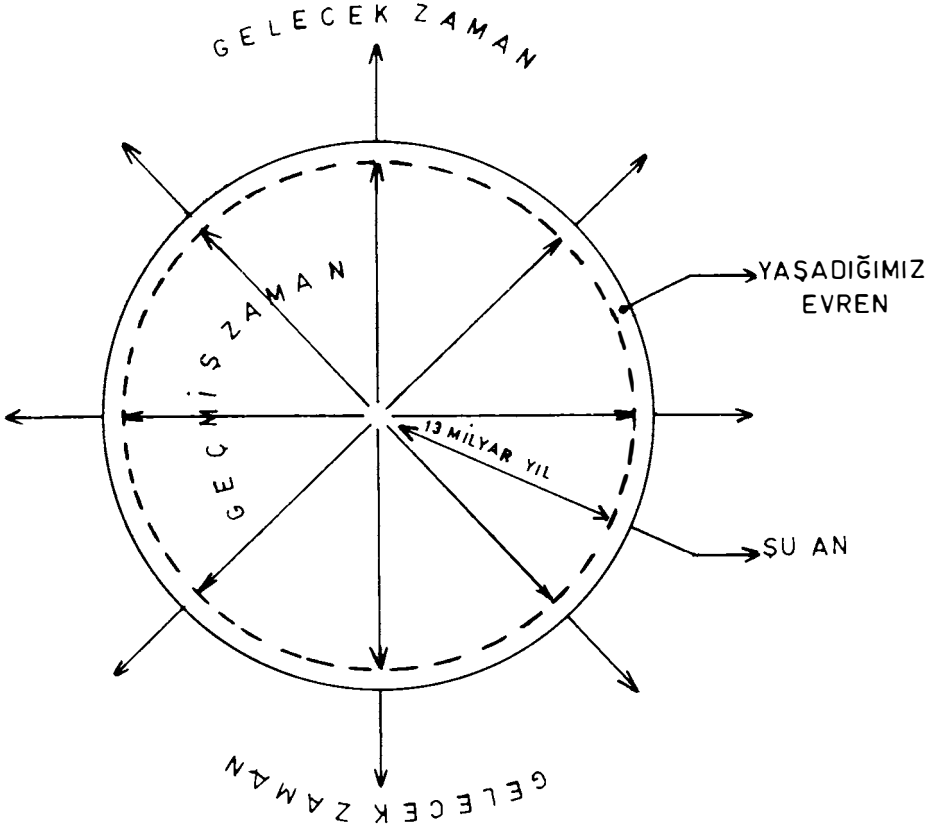


Şekil 1.6 : Açıklama metin içerisinde.

EİNSTEİN, tüm bu anlatılanların yetersiz olduğunu ve özünde dünyada geçerli olan Öklit geometrisi ile uzay geometrisinin birbirinden farklı olduğunu, dolayısıyla Öklit geometrisine koşullandırılmış insanların uzay geometrisini düşleyebilmelerinin çok zor olduğunu savunmuştur. Dünya üzerinde sürünen solucanın, dünyayı düz zannetmesi gibi, insanlar da uzayı düz-geometrinin geçerli olduğu bir ortam olarak kabul etmektedirler. Öklit geometrisine göre iki nokta arasındaki en yakın yol bir doğrudur; ama, bugün biz biliyoruz ki Londra ile New-York arasındaki en yakın hava

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

yolu ikisini birleştiren çizgi değil, hafifçe İzlanda'ya doğru kaymış bir eğridir. Öklit iki nokta arasındaki düz çizginin en kısa yol olduğunu kabul etmiştir; fakat kanıtlayamamıştır. Yani Öklit geometrisinde paralel çizgiler sonsuza kadar birbirine kavuşmazlar. Tabanı ekvatorda olan ve ucu kutuplara birleştirilmiş bir üçgenin iç açıları toplamı Öklit geometrisinde olduğu gibi 180 derece değildir. Daha büyüktür (Şekil 1.6). Bu uyuşmazlık dünyanın eğriliğinden ileri gelmektedir.



Şekil 1.7 : Uzay-zaman boyutu içerisinde evrenin kuramsal durumu.

EİNSTEİN, evrende geçerli olan geometrinin dünyaya, daha doğrusu Öklit geometrisine uymadığını düşünmüştür. Özellikle Öklit geometrisi gravitasyon alanları içerisinde geçersizdir. Işık, gravitasyon alanı içerisinde düz değil, en kısa yol olarak, bir eğri veya çemberi izlemektedir. Tüm evrendeki maddelerin oluşturduğu gravitasyon, uzay-zaman boyutu içerisinde, zaman boyutunun kendi üzerine kapanmasıyla sonlu; fakat sınırsız bir sistem oluşturmuştur. Sanki şişmekte olan bir sabun köpüğü gibi. Sabun köpüğünün oluşturduğu zar evrenin kendisidir. Burada üç uzay boyutu (en, kalınlık ve boy) vardır; yüzeyleri ise zaman boyutuna kaynaşmıştır (Şekil 1.7). Öyle ki büyüklüğü sınırlı; fakat hudutları sınırsız olan bir sistem oluşmuştur. Nasıl mikrokozmos (atom ve atom altı parçacıkları) şekillendirilemiyorsa, makro-

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

kozmos da gözönünde canlandırılamaz. Çağdaş gökbiliminin güvenilir ölçümleri, EINSTEIN'in alan denklemlerine uygulandığında, sınırsız; fakat sonlu olan EINSTEIN evreninin çapını saptamak olasıdır. Bildiğimiz gibi evrendeki eğrilik gravitasyondan, gravitasyon da madde varlığından oluşmaktadır. O halde evrendeki eğriliği saptayabilmek için evrenin yoğunluğunu bulmak gerekir. Elimizdeki en modern aygıtlarla gökteki bölgeler incelenerek madde miktarı çıkarılmıştır. HUBBLE, bu yoğunluğun $10^{-29} \times 1$ gr olduğunu bulmuştur. Bu değer EINSTEIN'in alan denklemlerine uygulanınca çapı 35 milyar ışık yılı, çevresi 210 milyar ışık yılı olan bir sistem ortaya çıkmaktadır. Bu şu demektir: Eğer biz bulunduğumuz yerden bir ışık demeti gönderirsek, yaklaşık 210 Milyar yıl sonra ışık tekrar çıktığı yere gelecektir. Yani sabun köpüğünün neresinden ışık gönderirsek gönderelim adı geçen sürede ışık çıktığı yere gelir; bu, gravitasyon alanındaki zaman boyutunun kendi üzerine kıvrılmasından dolayı ortaya çıkmaktadır. Bu geometri içerisinde bir iç ve bir dış kavramını düşünmek ve şekillendirmek hem gereksiz hem olanaksızdır.

1.1.2.2. *Birleşik Alanlar Kuramı*

Son olarak EINSTEIN, tüm evren ve mikrokozmos için geçerli olabilecek, her iki sistemi tek bir kuram içerisinde birleştirebilecek yolları aramış ve **"Birleşik Alanlar Kuramı"**nı ortaya atmıştır. Bugün insanın düşüncelerinin dış sınırı genel göreselik, iç sınırı ise özel göreselik ve kuantum kuramı ile kapatılmıştır. Bu iki sistem de birbirinden ayrı kurallar üzerine oturtulmuştur. Birleşik alanlar kuramı bu iki sistem arasında bir köprü kurmayı amaçlar. Hem uzay hem atom olaylarını açıklayabilecek bir fiziki bina kurmak gereklidir. EINSTEIN, son 25 senesini bu konuya vermekle beraber, tam anlamıyla bir açıklamayı getirememiştir. Genel kanı, bu konudaki çözümler, bilim ve düşüncede devrim yaratacaktır. En azından elektromanyetik kuvvet ile gravitasyon kuvvetleri tek bir evrensel temel üzerinde birleştirilebilecektir. EINSTEIN'e göre bu iki kuvveti ayrı ayrı düşünmek bilimde cinayettir. Fakat tüm uğraşılarına karşın, aralarındaki ilişkiyi ortaya koyamamış ve elektromanyetik kuralları genel göreselik kuramının içine yerleştirememiştir. Fakat matematiksel mantığı sayesinde amacına doğru bir sürü yol almıştır. Özünde evrensel sorunlar, çeşitlendirme ile değil, indirgenme yolu ile daha kolay çözülebilir. Dünyadaki çeşitli maddelerin 92 atom çeşidine daha sonra da birkaç atom parçacığına indirgenmesi gibi. Tüm enerji ve ışınım olaylarının elektromanyetik yasalara, tüm uzay-zaman sorununun gravitasyona bağlanması çözümlemede kolaylıklar getirdiği gibi, bu iki göreselliğin de birbirine belirli yasalarla bağlanması bugün bizim için çok karanlık görünen olayların (belki metafizik ve metabiyolojinin konuları da dahil!) çözümlenmesinde büyük yararlar sağlayacaktır. Özel göreselikte madde ile enerjinin aynı olduğu; genel göreselikte uzay-zaman sürekliliğinin bölünmezliği gösterilmiştir.

Gerçeğe indikçe, düzensizliklerden, düzen; çeşitlilikten, birlik çıkar. Kavramlar birleşip temel yasalar halinde toplanmaya başlayınca, bizim algıladığımız gerçeklerden sapmalar da ortaya çıkar. İnsanın bilebileceği evren, algılayabildiği evrendir; duygu organlarımızın aktardığı, belleğimizin sakladığı izlenimler silinirse, geriye hiçbir şey kalmaz. HEGEL'in dediği gibi salt varlık ve hiçlik aynı şeydir. Bugün her şeyi ile

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

gözlediğimiz dünya, içinde tutuklandığımız, yalancı bir dünyadır. Gerçeği, birçok bilim adamının ve düşünürün yaklaşmaya çalıştığı buzdağının altındaki gerçek yapıdır.

Kozmoloklar ilk kökenin araştırılmasında biraz dikkatli ve hoşgörülüdürler. Çok defa da onu din adamları ve filozoflara bırakırlar. Tamamen deneysel düşünen bir bilim adamının da inandırıcılığı tam olamaz. Yine EINSTEIN'in dediği gibi "Duyabileceğimiz en güzel ve en derin heyecan, mistik olan şeylerin duyumudur. Bu, gerçek bilimin tohumudur. Bu heyecana yabancı bir kimse hayranlık duymaz, coşku ile içi dolmazsa ruhen ölmüş demektir. Bizim derinliklerine işleyemediğimiz, ayrıntılarını öğrenemediğimiz bir şeyin var olduğunu bilmek ve onun yüce bilgeliğinin ve eşsiz güzelliğinin yansımasını, sınırlı ve yetersiz yeteneklerimizle anlamak, içimizde duymak,gerçek dine inancın vazgeçilmez bir temelidir. Zayıf ve yetersiz zihinlerimizle algıladığımız, en basit ayrıntıda dahi kendini gösteren, o eşsiz kuvvete inanmak gerekir. Kişinin bilgeliği arttıkça, Tanrı konusundaki inançları da gittikçe kuvvetlenecek ve onu düşleyen boyutlar her ayrıntıda biraz daha büyüyecektir. Gerçek Tanrı inancı pozitif ilimlerle ortaya çıkar ve kuşkusuz şekilde belleklerimize yerleştirilir."

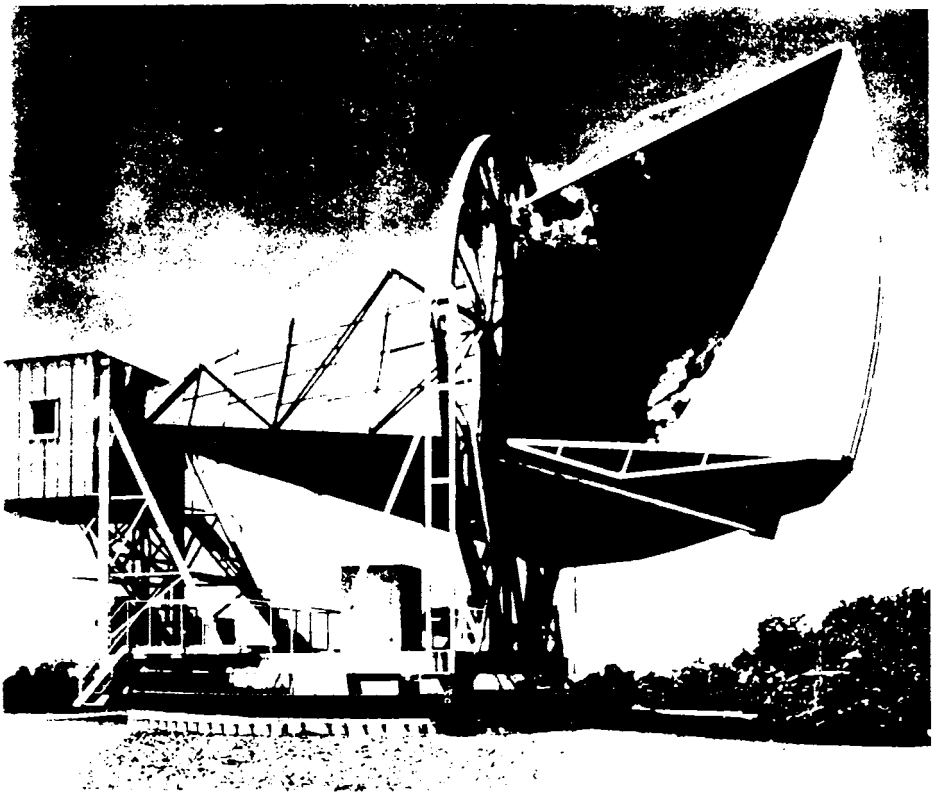
1.2. EVRENİN OLUŞUMU "Bir Başlangıç Vardı"

İlk defa iki bilim adamı, ARNO A. PENZİAS ve ROBERT W. WİLSON, 1965 yılının ilkbaharında evrenin oluşumu sırasında çıkan ezeli patlamanın yankısını saptadılar; fakat ne olduğunu anlayamadılar.

Bu iki bilim adamı, 1500 km. yüksekliğe fırlatılmış, 60 kg. ağırlığında, gazla şişirilmiş, "Echos" adlı 30 m. çapında yapay bir meteoroloji uydusunun dünyaya yansıttığı radyo dalgalarını parazitsiz ve ayrıntılı alabilmek için, geliştirilmiş bir antenin yapımına görevlendirilmişlerdi. Dünyadan gönderilen dalgaların yansıtılması ile ve bu dalgaların stratosfer ve atmosferden geçerken uğradığı değişikliklerin yorumu ile meydana gelecek atmosferik değişiklikler tahmin ediliyordu. Geliştirdikleri anten 10 m. boyunda, bir tarafı açık ve huni gibi geniş, öbür tarafı daralmış ve gerekli aygıtlarla donatılmış, boynuz şeklinde, eskiden ağır işitenlerin kullandıkları kulaklık gibi bir cihazdı (Şekil 1.8).

Bu antenle yapılan denemelerde alıcının, devamlı, çevrildiği yönle kuvveti değişmeyen, bir çeşit radyo hışırtısı veya paraziti verdiği görüldü. Tüm yan etkiler ortadan kaldırılsa dahi bu ses devam ediyordu. Sonuçta, bu iki araştırıcı, sesin, aygıtın doğal yapısından ileri geldiğini sanarak uygulamayı bıraktılar. Fakat bu sırada Princeton Üniversitesinden kozmos sorunları ile ilgilenen fizikçi ROBERT H. DİCKE bu ilginç sonucu duymuştu ve adı geçen araştırma ünitesi ile ilişki kurdu. Her iki çalışma grubunun ayrıntılı araştırmaları bu sesin 13 milyar yıl önce evrenin oluşması sırasında çıkan elektromanyetik dalgaların bir yankısı olduğunu ve dalga boylarının 7.3 cm. olduğunu ortaya çıkardı. Özünde bu saptama evrenin zaman ve mekan bakımından sonlu olduğunun deneysel kanıtıdır.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org



Şekil 1.8 : Şimdiye kadar yapılmış en duyarlı antenin şekli. Solda bağlandığı kulübede −235°C'ye kadar soğutulmuş bir yakut kristali vardır. Bu kristal kuvvetlendirici olarak ödev görmektedir 1960-1966 yıllarında atılan uyduların sinyallerini almak için geliştirilen bu alet, 13 milyar yıl önce Big-Bang ile ortaya çıkan radyo dalgalarını saptamaya başlamıştır.

Açık bir yaz gecesi yıldızlı gökyüzüne bakan her insan, evrenin sonsuz olmasını düşününce irkilir; ama, onun sınırlı olmasını da düşünmek o denli ürkütücüdür. Özellikle o sınırın ötesinde ne olduğunu düşünmeye çalışınca...

Gerek ilkçağ, gerekse ortaçağa kadar olan düşünceler, dünyanın, evrenin merkezi olduğu ve sabit olarak durduğu; tüm diğer gök cisimlerinin bu küre üzerinde çakılı gibi olduğunu varsaymıştır. Bu kürenin ötesi tanrısal gök olarak tanımlanmıştır. Bu durumda evrenin sınırlı boyutlar içerisinde olduğu kabul edilmiştir.

GIORDANO BRUNO, ilk defa, yıldızların, bizim güneş sistemimiz gibi gökte asılı durduğunu ve evrenin sonsuz olduğunu savundu. Birçok din görevlisi ve filozofla tartışmaya girdi, 1592'de Helmstedt'daki üniversitede dersler verdi. Daha sonra davetlisi olarak gittiği bir Venezuella'lı asilin ihbarıyla engizisyon mahkemesinde yargılandı ve 1600 yılında Roma'da halkın gözü önünde yakıldı. Son ana kadar fikrinden

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

vazgeçmedi. BRUNO'ya göre evren Tanrının kendisiydi ve onu sınırlı düşünmek Tanrı kavramına ters düşerdi, BRUNO, gerçek olarak düşündüğü konularda canını veren insanların simgesi olmuştur. Daha sonra bunun tersini savunanlar da canlarını verdiler. BRUNO inandığı gerçeği sonuna kadar kahramanca savunmuştu. Ama, bugün sonsuz zamanın ve sonsuz mekanın hala Tanrıya ait olduğunu, evrenin sonlu ve zamanlı olduğunu, BRUNO'ya ters de olsa artık biliyoruz.

IMMANUEL KANT, BRUNO'dan 150 yıl sonra evrenin sonsuz büyük olduğunu ve değişmez olduğunu savundu. "Doğanın Tarihi ve Göklerin Kuramı" adlı eseriyle bunu ortaya koydu. Evreni Tanrı yarattığına göre onun sonsuz olması gerekirdi diyen KANT, herhangi bir pozitif kanıta dayanmıyordu.

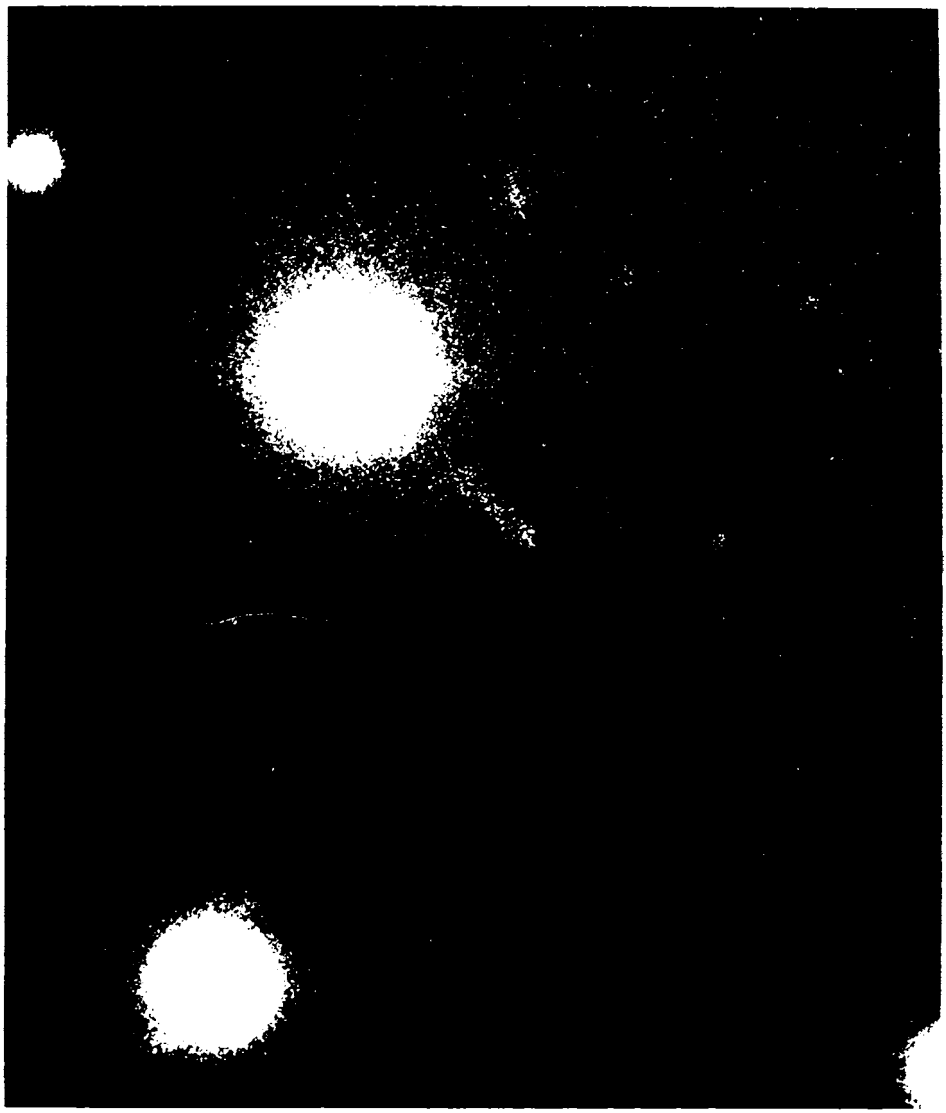
Hekim OLBERS, daha önce anlattığımız nedenlerle evrenin sonlu olması gerektiğini, aksi taktirde geceleri gökyüzünün aydınlık olması gerekeceğini inanılır bir şekilde ortaya koydu. Evrenin yoğunluğuna göre yarı çapı 25 milyar ışık yılı olduğu saptanmasına karşın, daha sonra anlatacağımız uçtaki hızların orantısından ve bazı deneysel sonuçlardan bu yarı çapın 13 milyar ışık yılı olduğu da varsayılmaktadır. Daha önce EİNSTEİN'ın açıkladığı gibi bir sınır yoktur, çünkü içi ve dışı yoktur. Her iki yüzey zaman boyutuna kaynaşmıştır.

EİNSTEİN eşitliklerini bulurken, sonuç kendisine dahi inanılmaz geliyordu. Bu nedenle doğal kuvvetler dediği bir takım kozmik terimleri bu eşitliklerin içerisine soktu. Bu terimlerin, yani sayıların seçimi tamamen keyfiydi ya da sonradan EİNSTEİN tarafından eklenmişti. Çünkü evren sabit boyutlar içerisinde çıkıyordu ve bu da EİNSTEİN'i rahatsız ediyordu.

1926 yılında P. HUBBLE, Kaliforniya'da dünyanın en gelişmiş teleskopu ile (aynalı teleskop) çıplak gözle görünmeyen; ama, fotoğraf camı üzerinde şekiller meydana getiren birçok spiral nebula saptadı. Bu spiral nebulalar samanyolundan çok uzaklarda bulunuyorlardı. Bunun üzerine HUBBLE'ye çok gelişmiş bir teleskop yapıldı ve bu yeni aygıtın devreye girmesiyle HUBBLE, evrenin bir balon gibi genişlediğini gösteren ünlü kuramını ortaya attı. 1912 yılından beri spiral nebulaların uzun dalgalı ışık çıkardığı (kırmızı ışık) ve spektrumda kırmızıya kaydıkları bilinmekteydi. 1929 Yılında HUBBLE spiral nebulaların ışığının kırmızıya doğru kaymasını doppler efekti ile açıklıyordu. Çünkü gözlenen tüm bu nebulalar büyük hızlarla bizden ve birbirlerinden uzaklaşıyorlar; bu nedenle gönderdikleri dalgalar bir çeşit uzun dalgaymış gibi gözükmekte ve kırmızı görünmektedir. Eğer bize doğru yaklaşsalardı maviye doğru kayma gözlenecekti. Bu hız uzaklara doğru inanılmayacak şekilde artıyordu. En uzakta gözlediğimiz bu gök cisimleri birkaç yıl içerisinde kaybolup, yerlerini kuvvetli radyo dalgaları veren '**Quasare**' denen garip yapılara bırakıyorlardı (Şekil 1.9). Bu quasarlar mutlaka yıldız değildir; ama, nasıl bir gök cismidir? Bunu da bilemiyoruz. Birçok astrofizikçi tarafından uzayın kıyısında bulunan cisimler olarak kabul edilir. En uzaktaki spiral nebula (hala fotoğraf camına iz bırakabilir) bizden bir milyar ışık yılı uzaktadır ve uçuş hızı 50.000-60.000 km/sn.'dir. Saptanmış en hızlı quasare ise bizden 8 milyar ışık yılı uzaklıkta ve 240.000 km./sn. hızındadır. HUBBLE'nin bu buluşunu

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

duyan EINSTEIN daha önce denklemlerine soktuğu kozmos terimlerini ve ilave sayıları sessizce geri çekti; çünkü onlarsız yaptığı formüller tamamen doğru idi. Çünkü sonuçta evrenin sonlu olduğu ve sabit olmadığı kanıtlanmıştı. O halde bir başlangıç vardı.



Şekil 1.9 : 3C273 koduyla anılan bu quasar, fotoğrafını çekebildiğimiz bizden en uzak gök cismidir. En azından üç milyar ışık yılı uzaktadır. Sol alttaki, büyük enerji içeren gazlardan oluşmuş diğer bir quasarı göstermektedir.

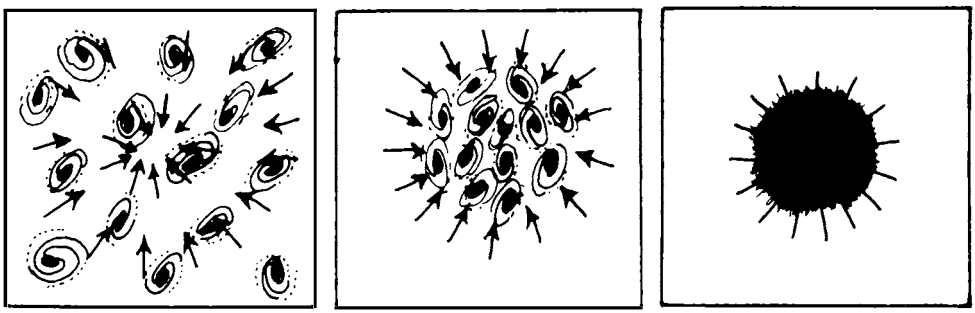
Evren patlarcasına genişliyordu ve buna bağlı olarak madde oranı gittikçe azalıyordu, yani yoğunluğu düşüyordu. Bu genişleme sonsuz olmadığı gibi, sonsuz olarak da devam edemez. Birçok bilim adamının birleştiği gibi bir başlangıç vardı.

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

Evrenin bir başlangıcı olduğu savı, birçok çevrede değişik yorumlara yol açtı. Bazı din adamları ve bilim adamları şiddetle karşı koydular. Bazıları (keza din adamları) bunun böyle olması gerektiğini savundular. Biz bu geliştirilen kuramın ayrıntılarına girmeyeceğiz. Fakat eldeki pozitif kanıtların yorumlanması gerçekten mantık silsilesinin kusursuz bir yapıtı gibi görünmektedir.

1.2.1. BİG-BANG KURAMI

PENZİAS ve WILSON'un yaptıkları anteden işittikleri ses işte tüm evrenin bir zamanlar bir öz halinde iken, patlamasıyla **'Ezeli Patlama'** ortaya çıkan elektromanyetik dalgaların bir kalıntısıydı. Bu patlama ile bir genişleme başlamış, en hızlı hareket edenler en önde, daha yavaş hareket edenler daha içte olarak yayılmaya başlamıştır. Evrenin kıyısındaki spiral nebulaların ve quasarların en büyük hıza sahip olmaları bunu kanıtlamaktadır. Bu gök cisimlerinin uzaklıkları ve hızları göz önüne alınarak yapılan hesaplamalarda patlamanın 13 milyar yıl önce oluştuğu varsayılmıştır. EİNSTEİN'in formüllerine göre evren ya genişlemeye devam edecek **'Evrenin Nefes Alması'** ya da tekrar bir araya gelerek çökecektir **'Evrenin Nefes Vermesi'** (Şekil 1.10). Bu kurama *B i g - B a n g* kuramı denmiştir. Din kitaplarındaki kıyamet belki bu çöküşün simgesel tarifinden başka birşey değildir. Tüm inandırıcılığına karşın, bir buluşun, denemesi tekrar yapılamıyorsa onu kuşkuyla karşılamak tüm doğa bilimcilerinin ortak özelliğidir. Bu konudaki çalışmalar bizi büyük bir olasılıkla gerçeğe biraz daha yaklaştırmaktadır. Bu çalışmaların başlıcaları şunlardır:



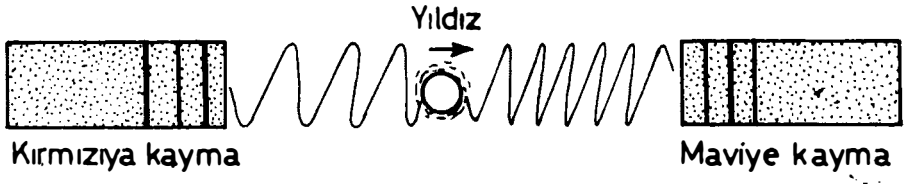
Şekil 1.10: Kapalı (sınırlı) evren modeline göre, genişleme durduktan sonra galaksiler birbirine doğru gittikçe artan bir hızla yaklaşmaya başlayacak, sonunda evren ilk yaratılış anında olduğu gibi yine bir noktada toplanacaktır.

DİCKE, bu patlamanın sonucunda ortaya çıkan enerjinin tüm evreni belirli ölçüde ısıtacağını ve yaptığı hesaplarla bunun mutlak sıfırdan 3 kelvin derecelik (mutlak sıfır −273.15 Celcius derecesidir) daha yüksük olacağını bulmuştur. Patlama tüm boyutlarda tek-düze olduğundan, sıcaklığın da evrende tek-düze yayılmış olduğunu savunuyordu. Bu sıcaklığı ölçecek aracı geliştirmeye çalışırken, Bell telefon şirketinin araştırma laboratuvarlarında daha önce değindiğimiz anteni buldu ve yukarıda anlattığımız gibi olaylar gelişti; yani ilk baştaki dalga yayılımları saptanmaya başlandı. Televizyonda program bittikten sonra ya da program başlamadan önceki hışırtı ve bir çeşit kar yağması gibi görüntüler, yine bu ezeli patlamadan doğan

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

elektromanyetik dalgaların yansımasından başka birşey değildir. DICKE'in önceden hesap ettiği 3 kelvin derecelik evrensel sıcaklık ve izotropi (sıcaklığın tek-düze yayılımı) son yıllardaki astrofizik çalışmalarıyla kuşkusuz bir şekilde kanıtlandı. Bu saptama gaz nebulalarının içerdikleri siyan moleküllerinin analizi ile olmuştur. Öyle ki siyan moleküllerinin oluşturduğu gaz içerisinden geçen arkadaki bir yıldızın ışıklarının analizi bize evren sıcaklığı konusunda kesin bilgiler vermektedir. Bu yöntemle 3 kelvin derecelik sıcaklık saptanmıştır.

Başlangıçta belki de santimetre küpü milyarlarca ton olan bir kozmik öz veya baz vardı. Bazılarına göre bu bazın çapı dünyadan pek büyük değildi. Yine bazı araştırıcılara göre başlangıçta dev bir atom vardı ve bunun patlamasıyla evren ortaya çıktı. Başlangıçtaki bu kozmik öz kararlılığını yitirdi, belki de içinde oluşan hafif gazlar, özü kararsızlığa itti. Kuşkusuz bu evrede özün sıcaklığı belki de şu anda evrende herhangi bir noktada olmayan yüksek sıcaklığa sahipti. Öz, tamamen yoğunlaşmış bir enerjiden başka birşey olamazdı. İşte kararsız hale geçen bu enerji kütlesi, ki mistik düşünenlerin 'Tanrı Tarafından Verilen Yaratılsın Emri idi' tüm boyutlara doğru korkunç bir hızla yayılmaya ve yayıldıkça soğumaya, galaksiler, yıldızlar, gezegenler halinde düzenlenmeye başlandı. Özden ilk çıkanların hızı büyük bir olasılıkla daha fazla idi ve bugün evrenin kıyıları dediğimiz kısımlarda bulunan spiral-nebula ve quasarların astronomik hıza sahip olmalarının nedeni budur (Şekil 1.9). Evrensel tabakanın daha iç tarafındaki gök cisimlerinin hızı büyük bir olasılıkla daha azdır. Çünkü bunlar özü daha geç olarak terketmişlerdir. Burada insanın aklına bir soru gelmektedir. Bir tarafta baz bir enerji yığını ortada kararsız bir sıfır noktası ve öbür tarafında ise madde vardır. EINSTEIN'in de kanıtladığı gibi bu iki unsur birbirine çevrilebilmektedir. Fakat her iki unsur bu kararsız sıfır noktasından geçerken hangi özelliktedir. Madde de olamaz, enerji de. Belki de işte bu sıfır noktasında gerçekte hiçbir şey yoktur. Yani enerji ve madde kavramları da, bir sıfır noktasına göre düşünmeye alışmış insan için görelidir. Çünkü tüm yargılarımızda bir sıfır noktasından hareket etmeyi düşünce sistemimizin temeli saymışız. Acaba aslında gerçekten hiçbir şey yok mu?



Şekil 1.11: Doppler etkisinin yıldız tayflarında saptanması. Yıldızın hareket yönünde yaydığı ışık dalgalarının boyu kısalır, uzaklaşma yönünde ise dalga boyları uzar. Bu durum yıldız ışığının tayfındaki emilme çizgilerinde maviye ve kırmızıya kayma şeklinde gözlenir.

Ezeli patlama dediğimiz bu görkemli olay sonucu tüm unsurlar her yöne akıl almaz hızlarla yayılmaya başladı ve bugün algıladığımız evreni oluşturdu. Çoğu düşünürün ve bilim adamının üzerinde birleştikleri ortak fikir, evrenin bugün hâlâ genişlemeye devam ettiğidir. Çünkü saptayabildiğimiz en uzak gök cisimlerinin ışığı kırmızıya doğru kaymaktadır (Şekil 1.11). Yani doppler effektine göre bizden uzak-

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

laşmaktadır. Eğer bir büzülme ve içe doğru toplanma olsaydı, bu kuraldan dolayı, gök cisimlerinin ışıkları maviye doğru kayacaktı. Çünkü bize doğru veya birbirine doğru yaklaşmalarından dolayı dalga boylarında göresel bir kısalma olacaktı ve bu da ışık spektrumlarının maviye doğru kaymasını sağlayacaktı.

Bu yayılma, çoğu astrofizikçiye göre sonsuz olamaz, bir noktada frenlenmesi gerekir. Çünkü maddeler arasındaki çekim bu hızın frenlenmesine ve bir noktada durmasına neden olacaktır. İlk patlama ile yayılan bu cisimlerin hızı, birbirini gravitasyon alanlarının yardımıyla çektikleri için azalacak ve bir noktada sıfıra inecektir. İşte bu noktaya biz **'Tepe Noktası'** diyoruz. Bu noktada evren ya tamamen dengeli bir sistem haline geçecek, hareket duracak, ısı tüm evrende tekdüze şekilde yayılmış olacak ve bir ölüm sessizliği başlayacaktır. Bu evrede sıcaklık her noktada aynı olduğundan, sistemler arasındaki enerji farkı da ortadan kalkacaktır ve enerjiden yararlanma olanağı da tümüyle yitirilecektir. Entropi sıfır olacaktır. Tüm sistemler kararlı, yani değişmez duruma geçecektir. Ya da cisimler arasında çekim devam edecek ve tepe noktasından içeriye doğru bir büzülme ve merkeze doğru madde akımı başlayacaktır. Bu büzülme **'Evrenin Nefes Vermesi',** büyümesi gibi milyarlarca yıl sürecek, tüm maddeler merkeze yaklaştıkça büyük hızlara ulaşacak, tüm cansız ve yıllarca evrenin laboratuvarında çeşitlenmiş canlı varlıklar, onların oluşturduğu her düzeydeki kültür, büyük bir patlama ile bir noktaya birleşecek ve herşey bir anda yok olacaktır (Şekil 1.10). Çağlarca tariflenmeye çalışılan **'Kıyamet'** fiziki anlamda oluşacaktır. Bu, belki de yeni bir evrenin ham maddesini oluşturacak, yine kozmik öze dönüş ve yeni evrenin başlangıç noktası olacaktır. Yine herşey kararsız sıfır noktasından geçecektir ve yine galaksiler, yıldızlar, gezegenler ve düşünen varlıklar ortaya çıkacaktır. Belki bugün yaşadığımız dünya, geçmişteki bir evrenin yıkıntıları üzerine kurulmuştur. Bu evrenin kaçıncı yaratılışıdır, yaratılış devam edecek mi, biz kaçıncı kuşağız? Hepsi... hepsi... bizim için sonsuza kadar o görkemli gizliliğini saklayacaktır.

Uzayda, dağılan yıldızların tozlarından, boşluktaki atom ve moleküllerden, birbirini çekmek ya da bazı gravitasyon alanlarının etkisi altında bir araya toplanmak suretiyle yeniden yıldız, galaksi oluşumu olabileceğini savunanların sayısı da oldukça fazladır. Bu evrenin devamlı kendini yenilediğini savunan kimselerdir. Toz bulutlarının bazı kütleler meydana getirdiği küçük ölçülerde kanıtlanmıştır. Fakat evrensel bir yaratılışın temelleri olabileceği hiçbir zaman kesinlikle kanıtlanmamıştır.

Evrenin bu genişleyip daralmasını savunan kurama **'Pulsiyon** veya diğer bir ifadeyle **Nabız Kuramı'** da denir. Kesin olmayan hesaplamalara göre genişleme ile daralma arasındaki süre aşağı yukarı 80 milyar yıl kadardır.

İnanç insanı mutlu kılan unsurların başında gelir. Yeter ki onu bağnazlık bataklığı içerisinde boğmayalım. Her fikre her düşünceye başlangıçta yeterince gelişmesi için fırsat ve kredi verelim ve çıkacak sonuçların güvenilir bilimsel yöntemlerle sağlanmasını sabırla bekleyelim. Bilim, bir mucize değildir, sabrın, çalışmanın, emeğin ve kafanın son ürünüdür. O, yalnız zamanla, çalışmayla geliştirilebilir. Bilimin sabit yöne

Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

yönlendirilmesi sakıncalıdır. Buraya kadar anlattıklarımızda, olayların değişik düzeylerde farklı görünümleri vardır; özde evrende bir birlik olmasına karşın, her düzeyde de açıklamanın yeterli ölçüler içerisinde ve inandırıcı olarak yapılması kaçınılmazdır. Her olasılık aranıp açığa çıkarıldıkça doğruya doğru giden bilim ırmağı gerçek yatağına oturmuş olacaktır. Bu ırmağı yapay bir kanal içerisinde yönlendirmek ancak belirli bir amaca götürür. Biz ise evrensel düşünmek ve her şeyi her olasılığa göre ve her düzeyde irdelemek ve onu pozitif bilimin gereklerine göre kanıtlamak zorundayız. Çünkü gelecek döllerimizi doğru yönlendirme, onlara araştırma ruhunu vermekle mümkündür. Doğmatik düşüncelerin aşılanması, insanın gerçek yapısında var olan araştırma ruhunu köreltmeden başka birşeye yaramaz. Belki bugüne dek metafizik, metabiyoloji konularına doğa bilimcilerinin yeterince eğilmemeleri onların tarihten gelen bir korkusu olmuştur; fakat gelecekte eğilmemeleri onların yanılgısı olabilir.

Milyarlarca yılın görkemli bir meyvesi olan düşünebilmeyi sınırlamak, evreni kafes içerisine almak kadar zordur. Onu her boyutta serbest bırakmak gerekir. Yukarıda anlatılanlar bugüne dek yapılmış pozitif görünen araştırmaların, çalışmaların, yorumların çok öz anlatımından başka birşey değildir. Yazar, çağdaş bilim adamlarının çoğunun üzerinde ortak birleştikleri gerçek sonuçları veya yorumları, okuyucuların gelecekte bu konularda yapacakları çalışmalara ve yorumlara katkısı olur amacıyla, 'bunlar da var, bunlar da yapılmıştır' dercesine getirmeyi amaçlamıştır. Yoksa herhangi bir kimseye herhangi birşeyi zorla kabul ettirmek veya empoze etmek, yazarın bilim anlayışına aykırıdır. Sonuçlarını, matematik, fizik, kimya ve biyolojik açıdan, bugünkü pozitif bilimin öngördüğü yöntemlerle açıklayan ve kanıtlayan, belirli felsefik kurallar içinde yorumlayan her düşünceye saygılı ve ilgilidir. Sevgili öğrencilere ve okurlara, bu hususa özellikle dikkat etmelerini, dayandıkları pozitif kaynaklara göre yorumlarını, herhangi bir art niyetin ve doğmatik baskının altında kalmadan yapmalarını içtenlikle öneriyorum. Sabit fikir, doğmatik düşünce, 18 yaşına kadar koşullandırılmış insanın beynine yerleşmiş tortudan başka birşey değildir diyen bilim adamının sözünü tekrar hatırlatarak, sonlu, ama, sınırsız ve kararlı olmayan bir evrenin, sonsuz ve kararlı unsurlar taşıyamayacağını, en azından biyolojik yönden incelemeye çalışalım.

1.3. DÜNYANIN OLUŞUMU "Güneş Sisteminde Bize Bir Yer"

Evrenin boyutlarını ve oluşumunu hesaplamaya çalışan insan, ne yazık ki, dünyanın oluşumunu kesin kanıtlarla açıklayamamaktadır. Üzerinde yaşadığımız dünyadan ve çeşitli aygıtlarla ayrıntılı olarak incelediğimiz, güneşimizin diğer uydularından toplanan bilgi, oluşumuz konusunda değişik yorumlar yapılmasına olanak vermektedir. Fakat bu yorumların diğer bir yıldızın uyduları için ne derece geçerli olduğunu saptamak olanaksızdır. Çünkü tanıdığımız ve incelediğimiz, uyduları olan tek yıldız güneştir. 1985 yılında Amerikalı bir bilim adamı uydusu olan diğer bir yıldız saptamış olmakla birlikte, o yıldız-uydu sistemi konusunda yeterince bilgi edinilememiştir. Bilindiği gibi uyduların kendileri ışık çıkarmazlar, güneşten aldıkları ışınları yansıtırlar. Sonra güneş gibi sabit yıldızlardan en az 10 defa daha küçüktürler. Bu nedenle diğer yıldızların uydu sistemlerini incelemek için, o denli gelişmiş aygıtlara gereksinmemiz

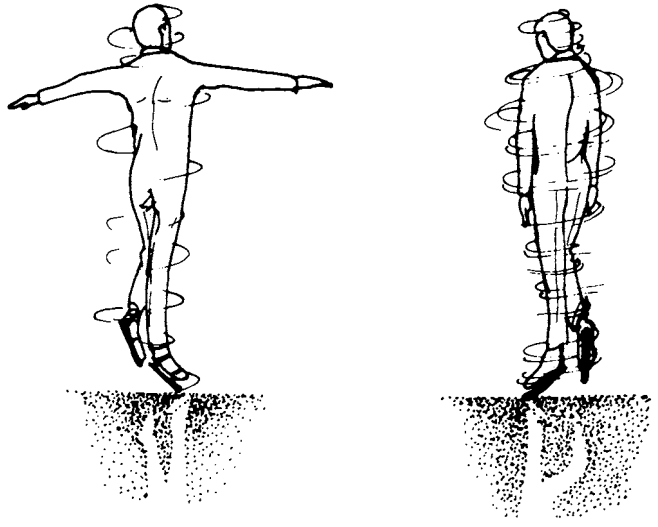
Ücretsiz PDF Kitap Arsivi - https://rantey.org

vardır. Dolayısıyla bugün diğer yıldızların uyduları konusunda bilgimiz yok denecek kadar azdır. Fakat uydu sistemine sahip yıldızın da sadece güneş olmadığı kesindir. Çünkü sayısız galaksi içerisinde ve bunlardan biri olan samanyolundaki sayısız yıldızdan, sadece güneşin uydular sistemine sahip olduğunu düşünmek biraz akıldışıdır. Ayrıca güneş sisteminde şimdiye dek diğer yıldızlarda saptanamamış kendine özgü bir özelliğe de rastlanamamıştır. Milyonlarca galakside var olan sayısız yıldızın içerisinde, mutlaka güneş sisteminin özelliğine uyan birçok yıldızın olması gerekir (en kötümser tahmine göre samanyolunda, dünya koşullarını taşıyan 200.000 kadar gezegen vardır).

1.3.1. GÜNEŞ SİSTEMİNİN OLUŞUMU

Güneş sistemimizin oluşumu konusunda geliştireceğimiz model kuşkusuz diğer yıldızlarda bulunabilecek uydu sistemlerine belirli ölçülerde uygulanabilecektir. Bu modelin bugün bilinen birçok gerçeğe dayandırılması gerekmektedir. Bu gerçeklerin ne olduklarını kısaca görelim.

En önemli bulgu, Merkür'den Plüton'a kadar bulunmuş tüm uyduların güneşin etrafında aynı yönde ve aynı düzlemde dönmesidir. Halbuki gök mekaniğine göre, bu uyduların farklı yönde ve farklı düzlemlerde dönmesi de fizik kurallarına aynı şekilde uygun düşmektedir. Tüm uyduların aynı yönde ve aynı düzlem üzerinde dönmesi basit bir rastlantı ile açıklanamaz. Bu konuda çalışanların ortak olarak birleştikleri tek nokta, güneşin kendi etrafında dönmesinin bu uyduların oluşmasında en büyük etken olmasıdır.



Şekil 1.12: Kendi etrafında dönen buz patencisi, kollarını vücuduna doğru çektiğinde, hızı artar; bu şekilde açısal momentumu korunmuş olur.

Güneşin başlangıçta büyük gaz bulutlarının ve yıldızlar arası tozların çekimden dolayı gittikçe yoğunlaşmaya başlaması ile oluştuğu varsayılmaktadır. Biz bir cismin yoğunlaşmaya başlamasıyla, daha doğrusu büzülmeye başlamasıyla, kendi etrafında

dönmeye başladığını fizik yasalarından bilmekteyiz. Bu büzülme ilerledikçe dönme hızı artacaktır. Aynen bir buz patencisinin dönerken kollarını yanlarına çektiği zaman hızında görülen artış gibi (Şekil 1.12). Hız artışıyla beraber merkezkaç kuvveti de artacaktır ve ekvator düzleminde disk şeklinde bir genişleme ve yayılma görülecektir. Merkezkaç kuvvetinin etkisi ile bu disk şeklindeki kenardan, gaz halinde, büyük parçalar kopmaya başlayacaktır. Bu kopuş ekvator düzleminde olduğu için, uydular aynı düzlemde ve aynı yönde dönecektir (kopan parçalar aynı yönde döndüğü için). Ana kütle yine yoğunlaşmaya devam edip yeni uydular meydana getirirken, kopan parçalar da kendi ağırlık merkezi etrafında yoğunlaşarak uyduları meydana getirecektir.

Bu açıklama güneş sisteminde saptanmış birçok özelliğe tamamen uyum göstermektedir ve birçok olayı kuşku götürmeyecek şekilde açıklamaktadır. Yalnız bir fiziksel kurala tamamen ters düşmektedir, ki bu da, bu açıklamanın kökten yanlış olduğunu göstermektedir. Bu terslik dönme impulsundaki paradokstur (aykırılık). Yani güneş, tüm güneş sisteminin kütlesinin % 99.9'unu oluşturmasına karşın, dönme impulsunun ancak % 2'sine sahiptir. Bu açıklamaya biraz daha ayrıntılı olarak bakarsak, yukarıda anlatılan ve çok çekici görünen kuramın geçersizliği açıkça anlaşılacaktır. Eğer dönen bir kütleden, bir parça kopup ayrılırsa, buz patencisinde verilen örnekteki gibi, ana kütlede bir hız artımı, mekanik kuralların vazgeçilmez bir yasasıdır. Yani ana kütle kopan kütleden daha hızlı dönmek zorundadır. Kopan kütlenin de kendi kendine daha fazla hızlanması için, şimdiye dek herhangi bir kuvvet bulunamamıştır. Her parça kopuşunda, güneşin kendisini oluşturacak ana kütlenin biraz daha hızlanması gerekecektir. Sonuç olarak güneşin dönme momenti uyduların hepsinden daha büyük olmak zorundadır. Ne yazık ki durum bunun tam tersidir ve birçok olayı kuşku götürmez şekilde açıklayan bu kuramı kökten geçersiz kılmaktadır. Eğer durum yukarıda anlatılan gibi olsaydı, güneş, bugünkünden 200 defa daha hızlı dönecekti.

O halde güneş nasıl oluştu? Bugün bu konuda birbirinden farklı 30 kuram vardır. Fakat her kuramın eksik görünen ve açıklanamayan bir tarafı bulunmaktadır. Özünde, kuramdaki sayı fazlalığı gerçekte konunun karmaşıklığını göstermektedir. Biz, tartışılmasına karşın, geçerliliği bazı çevrelerde hâlâ kabul edilen iki kuramı burada vermeye çalışacağız.

Birinci sav, konuyla ilgili çevrelerin dışında da hâlâ ateşli olarak tartışıldığı ve kozmosun diğer bölgelerinde de bir yaşamın varlığı konusunda bazı öneriler getirdiği için önemlidir.

Bu kuramı İngiliz JAMES JEANS ortaya atmıştır ve **"Katastrof Kuramı"** olarak bilinir. JEANS, uyduların güneşten daha hızlı dönmesinin nedenlerini yorumlamakta ve kendine göre bir çözüm yolu getirmektedir. JEANS'a göre bir dış etki olmadan uydular güneşten daha hızlı dönemezler. Milyarlarca yıl önce başka bir yıldız uçuş güzergahında güneşimize doğru yaklaşmış ve karşılıklı çekimden dolayı, her iki yıldızın da ekvator düzleminden kızgın kütleler kopmuş ve daha sonra gelen yıldız uzaklaşmıştır. Yabancı yıldızın, dönüş yönünde, geçerken meydana getirdiği çekim,

kopan parçaların fazladan bir impulsla dönmesini sağlamıştır. Keza güneşin ekseninin, uyduların bulundukları düzleme göre neden 6°'lik bir eğim gösterdiğini de, dışarıdan etki olmadığını varsayan kuramlara göre daha iyi açıklamaktadır. Bu kuram en az 30 yıl geçerliliğini korudu. Eğer JEANS haklı ise evrende bizden başka canlıların olma şansı çok azdır. Çünkü yıldızlar arasındaki açıklık o kadar büyüktür ki, bir yıldızın diğer yıldıza, parça koparacak kadar yaklaşması tahminlerin de ötesinde az bir olasılıktır. Bu olasılık samanyolunda ancak birkaç defa olacak kadar azdır. Belki de yalnız güneşimiz ve güneşimizden parça koparan yıldıza ait bu özellik kozmosda tektir. Daha önce de değindiğimiz gibi yabancı yıldızdan da parça kopumu kaçınılmazdır. Yani o yıldızda da bir uydu sistemi oluşmuştur. Bugünkü bilgilerimizin ışığı altında, yaşam, soğumuş bir uyduda ve ona enerji sağlayan bir yıldız sisteminde ortaya çıkabilir. Bu kurama göre canlılık, evrende pek az, belki de sadece dünyaya özgü bir özelliktir.

Bugün biz birçok nedenle bu kuramın da geçersiz olduğunu biliyoruz. Bir defa Merkür ile Plüton yörüngeleri arasındaki çekim farkı 100 mislinden fazladır. Dolayısıyla yabancı yıldızın Merkür yörüngesi civarına kadar etkisini bu denli gösteremeyeceği hesaplarla açıklanmıştır. İkincisi, güneşten kopan kızgın kütleler gaz halinde olmak zorunda idi. Çünkü güneşin bugün merkezi, çekirdek tepkimelerinden dolayı, en az 15 milyon derece, yüzeyi ise 5000-6000 derecedir. Fakat yüzeyin hemen altında sıcaklık 100.000 dereceye çıkmaktadır. Çekimde, yüzeyin altındaki kısım da kopacağından, bu yüksek sıcaklıkta, her şey gaz halinde olacaktır. Bu gaz kütlesi ise ya boşluğa akacaktır ya da daha önce oluşmuş bir katı uydu varsa ona doğru çekilecektir. Çünkü gaz halindeki bir kütleyi tutabilmek için en az güneş büyüklüğünde bir kütleye sahip olmak gerekir. Ancak bu büyüklükteki bir kütlenin oluşturacağı gravitasyon (kütle çekimi), gazları bir arada tutmaya yeterli olacaktır.

İkinci ve bugün hala tartışılan sav ise, 200 yıl önce IMMANUEL KANT tarafından ortaya atılmış ve yanlış bir isimlendirme ile **'Meteorit Kuramı'** denmiştir. Bu kuram, bugün WEIZSACKER, SCHMIDT ve HOYLE tarafından değiştirilerek geliştirilmiştir. Bu kurama göre dünya ve diğer uydular, güneşi oluşturan gaz ve tozcuklardan, güneşle aynı zamanda ve soğuk olarak meydana gelmiştir. Bu gaz ve tozların kökeni kozmosun derinlikleri olabilir (SCHMIDT'e göre), güneşin ilk kütlesinden olabilir ya da uzayda güneş tarafından tutulmuş olabilir. Bu konuda herhangi kesin bir açıklama yoktur. Fakat gaz ve tozlardan oluşmuş kütlede, gaz, çekimin azlığından dolayı uzaya kaçtıkça, özellikle hidrojen ve hafif gazlar, toz ve ağır metallerden meydana gelmiş kısım gittikçe birbirine yapışmakta ve bir çekirdek oluşturmaktadır. Yapışma zamanla hızlanmakta ve büyük bir olasılıkla bu yoğunlaşma 80.000-100.000 yıl gibi çok kısa bir zamanı kapsamaktadır. Tüm düzenin kurulması ise 5-6 milyar yılı gerektirecektir. Amerikalı UREY, ayda görünen kraterlerin, volkanlardan olmadığını, bu gaz kaçımı sırasındaki patlamalardan oluştuğunu savunmuş ve doğruluğu aya inenlerce kanıtlanmıştır. Ayın yüzeyindeki taşların da, genç değil, dünyadakiler kadar yaşlı olduğu bulunmuştur. WEIZSACKER, çok karmaşık hesaplarla, uyduların, bu kurama göre nasıl aynı düzlem üzerine geldiğini; HOYLE ise manyetik alandan dolayı güneşten kopan bu

parçaların, dönme impulsunun nasıl arttığını hesaplarla ortaya koymaya çalışmışlardır.

1.3.2. GEZEGENLERİN OLUŞUMU

Dünya güneş etrafında en uygun yörüngeye oturmuştur. Belirli organik maddelerin oluşması için yeterli koşul vardır. En yakın iki komşumuz Mars ve Venüs'de gerekli donatım olmadan yaşamak olanaksızdır. Fakat bunlarda hiçbir zaman yaşamın oluşmadığını savunmak çok erkendir. Çünkü dünya ölçüleri evrensel ölçüler değildir ve bizim için uygunsuz koşullar, değişik yapıdaki diğer canlı formları için dayanılabilir ya da vazgeçilmez koşul olabilir. Fakat bu konuda sınırsız bir kurgu yapmak da bilime ters düşer. Hangi formda olursa olsun canlılık bir madde değişimiyle bağlantılıdır ve bu madde değişimi karmaşık bir yapıyı gerektirmektedir. Karmaşık yapı ise büyük ve yine karmaşık bir molekül yapısını gösterecektir. Büyük moleküllerin sınırı, sıcaklıkla saptanır. Belirli sınırlarda daha küçük moleküllere, yüksek sıcaklıklarda ise atomlarına kadar parçalanır. Anladığımız anlamda bir canlılık, keza, birçok kimyasal tepkimenin yapılabileceği bir sulu ortama gerek gösterir. Çünkü suyun tamponlama düzeyi oldukça yüksektir. Bu durumda bir canlılığın ortaya çıkması için büyük moleküllerin oluşması ve aktif olarak çalışacağı bir sıcaklık aralığının ve en azından belirli jeolojik zamanlarda ya da mevsimlerde sıvı halde bulunan bir sulu ortamın olması gerekir. Daha ileriki bölümlerde dünya koşullarında canlılığın nasıl oluştuğunu 'doğal mı, yoksa doğa üstü mü?' tüm olasılıkları göz önüne alarak inceleyeceğiz. Keza dünya koşullarından farklı koşullarda canlılığın meydana gelebilme olasılıklarını belirli bilimsel ölçüler içinde irdeleyeceğiz.

Suyun donma noktası ile kaynama noktası arasında herhangi bir sıcaklıkta bulunan evrendeki bir uydu, kural olarak canlı taşıyabilir. Sıcaklık kaynağı sistemin ortasında duran güneştir. Bunun yanı sıra radyoaktif maddelerin parçalanmasıyla ortaya çıkan sıcaklıktan ya da gravitasyon (kütle çekimi) basıncından meydana gelen iç sıcaklıktan (Jüpiterin kütlesi yerinkinin 318 misli olduğu için gravitasyon basıncı yüksektir ve bu nedenle güneşten aldığından çok daha fazla ısıyı dışarıya salgıladığı son füze denemelerinde saptanmıştır) yararlanabilir.

Güneşe en yakın uydu Merkür (güneşe 58 milyon km. uzakta ve güneşe bakan yüzü 300-400°C, ters tarafı ise −120°C dir)'de yaşamın olması çok zordur. Çünkü sıcaklık uygun değildir ve aydan kütle bakımından ancak birbuçuk misli büyük olduğu için atmosfer tutarak bu sıcaklığı düzenleyecek durumda da değildir. Bizim içteki en yakın komşumuz Venüs'de sıcaklık en azından 400, büyük bir olasılıkla 500°C'dir. Güneşten 100 milyon km. uzak olmasına karşın, yüzeyine 100 atmosferlik basınç yapacak kadar yoğun atmosfere sahip olduğu için ısıyı büyük ölçüde tutarak sıcaklığın yükselmesine neden olur. Bu sıcaklıkta kurşun (erime derecesi 327,5°C) dahi erimiş halde bulunur. Her iki uyduda da özel donatıma sahip olmayan bir insanın yaşaması olanaksızdır. Özel donatıma sahip olsa dahi doğrudan doğruya duyu organlarıyla çevreyi algılaması söz konusu değildir. Yalnız belirli bir yapıya sahip robotlarla sonda yapmak mümkündür (son yıllarda bu son gezegene atılan sonda

füzeleri gerekli bilgileri vermiş ve yaşam için gerekli ortamın olmadığını bildirmiştir). Bununla beraber biz Venüs'ü hiçbir zaman yaşanamaz yer olarak tanımlayamayız. Daha sonra göreceğimiz gibi dünyamız da Venüs'ün bugünkü özelliklerini gösteren bir evre geçirmiştir. Çoğu kişi Venüs'ü canlı taşıyabilecek; ama, daha embriyonik evrede olan bir uydu olarak kabul eder. Önümüzdeki 1-2 milyar yıl içinde, eğer gelişmiş diğer canlılar tarafından işgal edilmezse, burada bir yaşamın doğması büyük bir olasılıktır. Belki de burada yaşam oluşmadan, deney için gönderilen birçok aygıttan, biyolojik bir aşılama da söz konusu olabilir. Bu da yeni bir yaşamın oluşmasını tamamen önler.

Dıştaki en yakın komşumuz, güneşten 228 milyon km. uzakta bulunan Mars' dır. Bu uydunun ekvatorunda sıcaklık +25 ile −70 derece arasında değişmektedir. Belki sıcaklık yaşanabilir dereceler arasındadır; ama, atmosfer çok seyreltilmiştir. Aşağı yukarı dünya atmosferinin 30-40 km. yukarısındaki yoğunluğa denktir (normal yükseklikte yaşayan insanlar 4 km. yükseklikten sonra oksijen maskesi takmak zorundadırlar). Bu nedenle insanların orada yaşaması olanaksız görülmektedir; zaten, atmosferi de büyük miktarlarda karbondioksit, büyük bir olasılıkla azottan oluşmuştur; oksijen hemen hemen hiç yoktur. Şimdiye dek yapılan sondalarda, yaşam izine rastlanmamıştır. Bununla beraber araştırma amacıyla, uygun giysi, kapalı solunum ve klima aygıtlarıyla uzun zaman kalınması mümkündür. Bir yaşam geçmişte oluşmuş mudur ya da oluşacak durumda mıdır? Bunu önümüzdeki yıllar gösterecektir. Çünkü yapılacak toprak analizi bir canlı kalıntısının olup olmadığını açığa çıkaracaktır. Uzaya atılan uydulardan çekilen resimler, dünyada bir yaşamın olduğunu her yönüyle göstermiştir. Fakat Mars'dan alınan resimler yaşam için herhangi bir ümit vermemiştir.

Daha sonraki uydu, Jüpiter, güneşten 770 milyon km. uzaktadır. Buradaki koşullar bize uzak yaşam formlarının dahi gelişebileceğini göstermemektedir. Atmosferi teleskoplarımızın işleyemeyeceği kadar kalındır. Atmosferin üst yüzü −120 derece soğuk; donmuş amonyak ve metan ile örtülmüş bir uydu yüzeyi vardır. Daha sonraki uydular (en sonuncusu Plüton güneşten 6 milyar km. uzaktadır) yeterince ısı alamadıklarından, bir canlı formunu taşımaları olanaksız görülmektedir.

1.3.2.1. *Dünyanın Oluşumu*

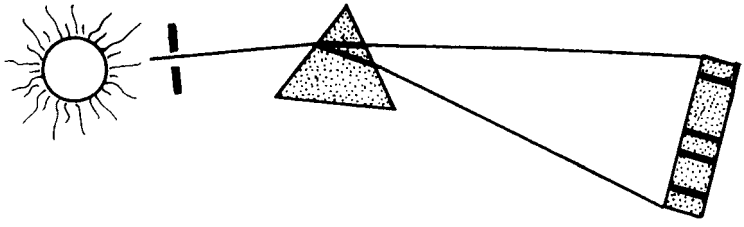
Güneşten uzaklığı 3. sırada bulunan (150 milyon km. uzak), 5-6 milyar yıl önce, yıldızlar arası toz bulutlarından oluşmuş dünya, gözümüzde canlandırdığımız yaşam formları için en uygun ortamı sunmaktadır. İlk evrelerde gevşek bir yapıya sahip olan dünyanın büyüklüğü bugünkünden çok daha fazlaydı. Artan yoğunlukla, bu büyük küre büzülmeye ve gittikçe küçülmeye başladı. Büyüyen basınçla ve kütle konglomeraları halinde bulunan radyoaktif elementlerin parçalanmasıyla sıcaklık yükseldi. Bu ısınma, iç tarafın akıcı bir hal almasına neden oldu ve ağırlıklarına göre maddeler içten dışa doğru dizilmeye başladı. Bugün yerin merkezinin neden nikel ve demir gibi ağır metallerden yapıldığı bu şekilde anlaşılmış olur. Fakat bu ağır metaller, az da olsa daha üst tabakaların yapısına katılmıştırlar. Kabuk bağlamış yerin üst

yüzü bir çeşit kılıf meydana getirirken, oluşan birçok kimyasal bağın içteki yüksek sıcaklıklarla yıkılmasını da önlemiş olur. Zaman zaman bu kabukta meydana gelen yarılma ve delinmelerden dışarıya akan sıcak lavların, yaşamın oluşmasında ne denli gerekli olduğunu daha sonraki konularımızda göreceğiz.

Güneşe olan uzaklığı, kabuk bağlamasını sağlayacak ve üzerinde oluşacak kimyasal bağları parçalamayacak kadar düşen sıcaklığı, birçok şeyi doğuracak duruma getirmişti. Fakat başlangıçta sahip olmadığı atmosferi, dünyanın bir çeşit terleyerek nasıl oluşturduğunu kısaca görmek, canlıların oluşumunu inceleme bakımından büyük öneme sahiptir.

1.4. ATMOSFERİN OLUŞUMU VE EVRİMİ "Yaşam Bahçesi Yeşeriyor"

Dünyanın oluşumunda vardığımız bu son evrede atmosfer yoktur. Çünkü toz parçaları bir küre oluşturmak için bir araya gelirken, yeterli çekim olmadığından, gazlar tümüyle uzaya kaçmıştır. Bugün Ay'ın atmosfere sahip olmamasının nedeni de, gazları tutamayacak kadar çekim kuvvetinin az olmasındandır. Hafif elementler bu şekilde uzaya uçarken, onların ancak ağır metallerle kimyasal bileşik yapmış olanları yeryüzünde kalmıştır. Dünyanın diğer gök cisimlerine göre neden daha çok ağır metal içerdiği bu şekilde açıklanabilir. Örneğin, güneşin yarıdan fazlası hidrojen, % 98'i de hafif elementlerin karışımıdır. Ancak % 2'i ağır metalleri içerir (Şekil 1.13). Dünya çapının yarısından fazlasını kapladığı tahmin edilen bir iç küre tamamiyle demir ve nikelden oluşmuştur. Hafif elementler kabuk kısmında toplanmıştır. En hafif olanları ise denizler ve atmosferde bulunur. Yalnız asal gazların diğer maddelerle kimyasal bileşik yapmaları çok zor olduğu için, bunlar yeryüzünde tutunamamışlar ve hemen hemen tümüyle uzaya uçmuşlardır. Bugün dünyada asal gazların çok az bulunması, bu açıklamanın önemli bir kanıtıdır. Bu kimyasal bağların uzun zaman tutulması, sıcaklığın dünyada belirli sınırlar içerisinde olduğunu göstermektedir. Esasında bugün dahi, yer kabuğunun altı volkanların meydana gelmesini sağlayacak kadar sıcak ve akıcıdır. Dünyanın sıcaklığı sadece güneşten gelmemektedir. Yer küremizin merkezinden dışa doğru yayılan sıcaklık, yeryüzünü belirli



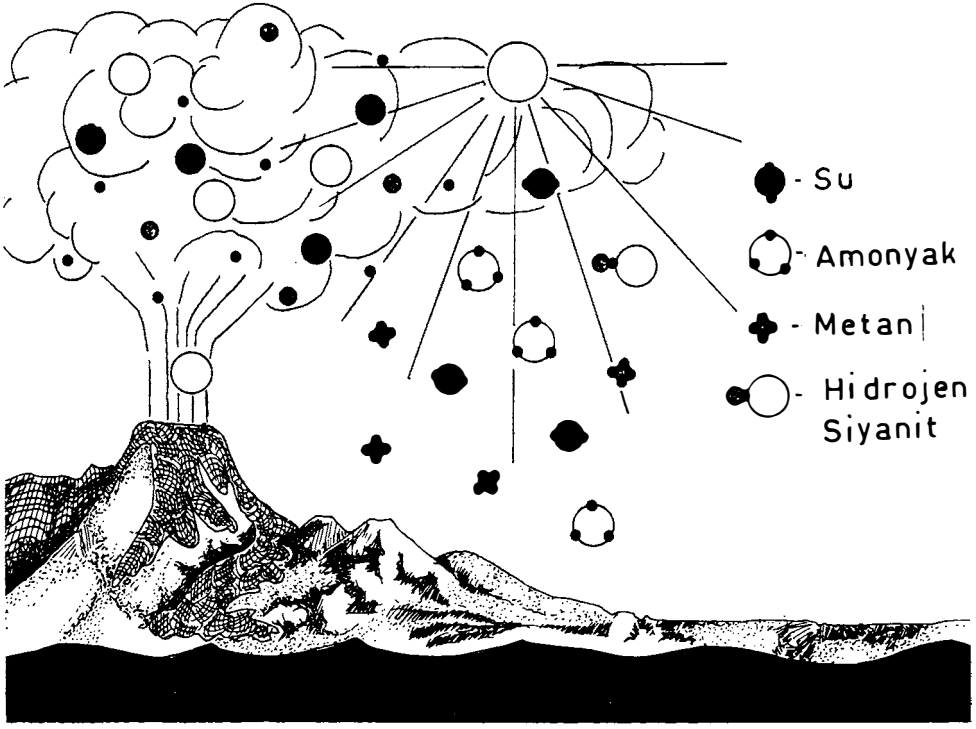
Şekil 1.13: Güneş ışığının tayfındaki siyah çizgiler.

ölçülerde ısıtmaktadır. Eğer güneşten hiç sıcaklık gelmezse, yeryüzü boşluktaki sıcaklık derecesine kadar (en az belirli bir süre) soğumaz. İçten gelen ısı santimetre kareye en azından bir kalorinin milyonda biri/sn. kadardır. Bu, güneşten alınan ısının 1/3000'ine denktir.

1.4.1. OKSİJENSİZ EVRE

O zamanlar yanardağ işlevleriyle bu sıcaklık takviyesinin büyük ölçüde olması nedeniyle, bugün dünyada bir yaşamın oluşması sağlanmıştır. Bu, o devirdeki yanardağ işlevlerinin çokluğundan ileriye gelmiştir. Yanardağlar sadece kızgın lavlar değil, aynı zamanda büyük ölçülerde su buharı, azot, karbondioksit, hidrojen, metan, amonyak gazları çıkarmaktadırlar. Diğer bir deyimle, yanardağlar, başlangıçta uzaya kaçan hafif elementleri, dünya kısmen soğuduktan sonra dışarıya doğru terleyerek çıkaran bir çeşit ter gözenekleridir. Yanardağlar olmasaydı, hafif elementler, dolayısıyla atmosfer ve denizler olmayacaktı.

Yanardağlarla yeryüzüne taşınan maddelerin miktarı zannedilenden çok daha fazladır (Şekil 1.14). Yer küre oldukça sertleşmesine ve yanardağ sayısı azalmasına karşın (bugün 500 kadar olduğu varsayılmaktadır), taşınan kütle sayısı 3 km^3'den aşağı değildir. 4-4.5 milyar yıldan beri taşınanların miktarı ise, tüm kıtaların toplam



Şekil 1.14: Dünyanın ilk evrelerinde ilkin organik maddelerin oluşumu. Volkanlardan çıkan yüksek sıcaklıklı gazlar ve güneş ışınlarının kuvvetli etkisiyle ileride oluşacak canlıların karmaşık molekülleri sentezlenmeye başlamıştır.

kütlesine eşittir. Yanardağ gazlarının %97'si su buharıdır. Çıkan bu su buharı yeryüzüne yağmur şeklinde düşmekte; fakat katı kısma çarpmadan tekrar buharlaşmaktaydı. Çünkü o zamanlar yerkürenin yüzeyi hala 100 derecenin üzerinde bir sıcaklığa sahipti. Böylece yeryüzünün sıcaklığı bir çeşit döngüyle daha üst tabakalara iletilmekte ve soğumaya büyük katkıları olmaktaydı. Bu döngü yeryüzünün 100 derecenin altında soğumasına kadar sürmüştür. Su buharı sıvı halde yeryüzüne yığıldığı anda, denizlerin oluşumu da başlamış demektir. Bugünkü suların büyük bir kısmı, belki hepsi su buharı halinde atmosfere yığıldığı zaman, yüzeye olan atmosfer basıncı günümüzdeki atmosfer basıncından 300 defa daha fazla idi. Büyük bir olasılıkla o günkü su miktarı bugünkünden daha azdı. Her taraf kalın bir sis tabakası ile örtülüydü ve bu yoğunluktan dolayı güneş ışınları yeryüzüne kadar ulaşamıyordu. Kesiksiz yağmur bulutları her tarafı kaplamıştı; tek ışık kaynağı devamlı oluşan şimşeklerdi. Bugün böyle bir gök cismini gözlersek, burada yaşam olmaz diye yargıya varırız. Venüs'ün günümüzdeki durumu, muhtemel geçmişimize büyük bir benzerlik göstermektedir. Fakat dünyanın güneşe uygun bir uzaklıkta ve yörüngesinin aşağı yukarı daireye yakın olması (bu şekilde sıcaklık gibi çevre koşulları büyük ölçüde değişmemektedir); merkezinin erimesini sağlayacak kadar kütlesinin büyük; fakat hafif elementlerin kaybolmasına neden olacak ısınmanın ortaya çıkmasını sağlayamayacak kadar büyük olmaması dünyanın en büyük avantajlarındandır.

Yer kürede veya kabuğunun altında bulunan bu atmosfer elemanlarının içerisinde serbest oksijen yoktu. Bu bileşimdeki atmosfer öldürücüydü. Canlılığın, daha doğrusu ortaya çıkacak yaşam formunun gelişebilmesi ve dallanabilmesi için, gerekli sayısız koşullardan biri de serbest oksijenin oluşmasıdır. Biz insanlar ve tüm diğer canlı formları azotlu, karbondioksitli ve metanlı bir atmosferde yaşamını sürdüremez. Fakat bu düşünce bir noktada yanlıştır. Çünkü tüm ölçülerimizi bugünün canlıları ile karşılaştırmak suretiyle kullanmaktayız. Bazı bakteri ve parazitleri gözönüne almazsak tüm canlılar madde değişimini oksijenle yapmaktadırlar. Gerçekte ilk canlılığın ortaya çıkması da atmosferde oksijen olmamasıyla açıklanabilmektedir. Bu ikilem şöyle çözümlenir: Oksijen doğadaki en aktif elementlerden biridir. Dolayısıyla serbest oksijen, oluşacak organik ve birçok inorganik maddeyi oksitleyerek tahrip eder. Halbuki oksijensiz bir ortamda özellikle birçok karmaşık organik molekülün yapımı olasıdır. Belirli koşullar altında, oksijensiz ortamda, oluşan birçok organik molekül dünyanın üzerine birikecektir. Bunlardan bazıları kendini yapabilecek yetenekteki moleküller halinde sentezlendiği anda, canlılığın ilk mayası ortaya çıkmış demektir. Daha sonraki değişiklikler ilerki konularda geniş olarak anlatılacak ve yaşamın dallanması açıklanmaya çalışılacaktır. O devrin atmosferinde yüzeyde bulunup daha sonra kıvrılmalar ile tabana düşen ve bugünkü atmosferle ilişkisini yitiren kayaçların incelenmesiyle o günün atmosferi hakkında birçok bilgiyi açığa çıkarmak olasıdır. Örneğin; o devirdeki demir yatakları iki değerli, oksijenli atmosferde oluşanlar ise üç değerli oksitler halindedir. Keza kükürt ile olan bağlantıları da aynı şekilde değişiklikler gösterir. Amino asit, polipeptit, nukleik asit ve porfirinlerin oksitlenmeden kalabilmeleri bu oksijensiz ortamda sağlanabilmiştir. Diğer birçok araştırmalarla da gösterilmiştir ki bugünkü atmosferimiz dünyanın ilk atmosferi değildir; yanardağ-

ların işlevleri ile sonradan oluşmuştur. Böylece günümüzde neden, yeni, yaşayan moleküllerin oluşmadığı da açıklanmış oldu. Çünkü serbest oksijen oluşacak karmaşık molekülleri anında oksitleyerek bozar.

İlk atmosferin oksijensiz olması birçok biyologa derin bir nefes aldırdı. Çünkü canlılığın ilk defa o devirde cansız maddelerden yaratıldığını ve günümüzde serbest oksijen nedeniyle bir daha yaratılamayacağını açıklayabiliyorlardı. Atmosferdeki serbest oksijenin hepsinin, yeşil bitkiler tarafından meydana getirildiğini biliyoruz. Çevre koşullarında meydana gelen değişikliklerle, bunu izleyen canlılardaki değişiklikler hemen hemen birbirine paralel ya da atbaşıdır.

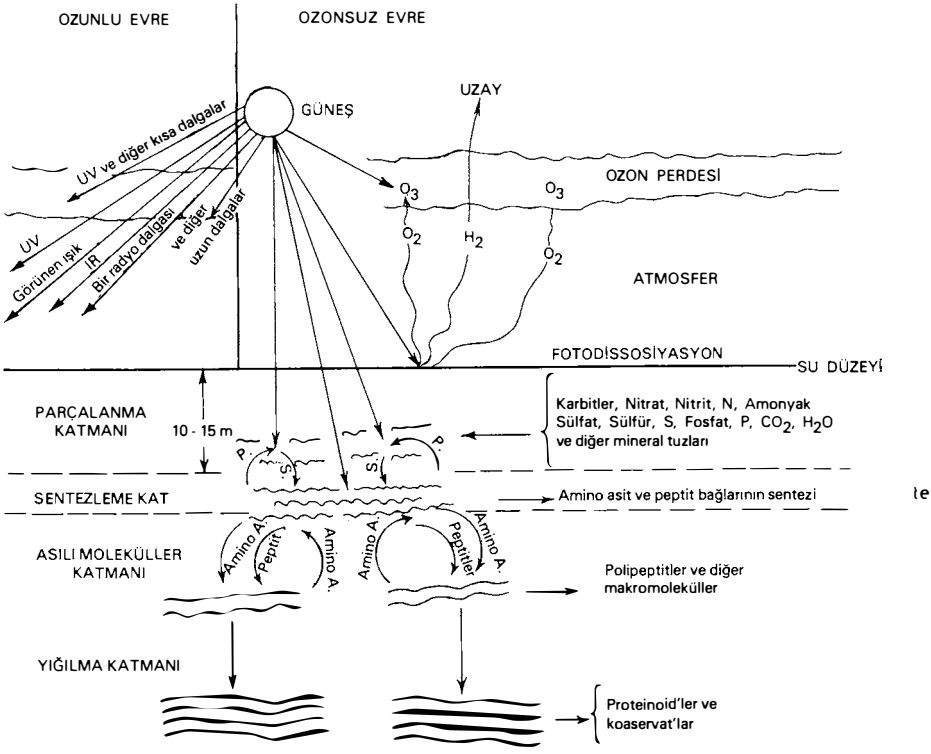
Dünyanın ilk atmosferinin günümüz Venüs atmosferine benzediği varsayılmaktadır. Bu durumun ne kadar sürdüğü tam bilinmemektedir. Fakat bu konu üzerinde çalışan bazı jeologların açıklamasına göre, bu evre 60.000-100.000 yıl gibi kısa bir zamanı kapsamaktadır. Daha sonra yer kürenin soğuması, su buharıyla doymuş atmosferin su halinde yerin çukur yerlerine toplanmasına neden oldu. Bu şekilde ilk okyanuslar ortaya çıktı; dünyanın dış görünüşü de bugün uzaktan çekilen uzay resimleri gibi bir görünüm kazandı. Atmosfer artık saydam ve berraktı; bulutlar mavi gökte kümeler halinde görülüyordu. Okyanuslar ve kıtalar bugünkü oranları büyüklüğünde yer kaplamışlardı. Çıplak karalar, günümüzdekinden daha değişik bir dağılıma sahipti. Kıta kaymaları başlamamış, yaşam oluşmamıştı. Karalar, her gün biraz daha soğuyan granit ve bazalt gibi yanardağ atıklarından oluşuyordu. Rüzgar ve yağmurlar bu kayaları aşındırarak kum ve toz haline getirmekteydi. Yaşam için gerekli organik maddelerin yapımı başlamamıştı. Oksijensiz hava berraklaşmaya başlayınca, ilk organik maddelerin yapımı da başlamış oldu. Çünkü güneşten gelen mor ötesi ışınlar herhangi bir engele çarpmadan (atmosfer berraklaşmadan önce, su buharları ve diğer gazlar; serbest oksijen oluştuktan sonra da oksijen filtresi bu ışınların yeryüzüne ulaşmasını engellemiştir) yeryüzüne ulaşmaya başlamıştır.

Görünen ışığın, renklere göre, dalga boyu kısaldıkça taşıdığı enerji miktarı artar. Fakat oksijen tarafından tutulma oranı da o oranda yükselir. Eğer bugünkü serbest oksijen güneşten gelen kısa dalgalı ışınları, özellikle mor ötesi ışınları tutmamış olsa idi, biz, o anda ölümle burun buruna gelirdik. Buna rağmen, mor ötesi ışınların pek az bir kısmı hala yeryüzüne ulaşabilmektedir. İlk defa güneşe çıktığımızda, kızartılar, güneş yanıkları ve güneş çarpması, derinin esmerleşmesi bu ışınlardan dolayıdır. Yüksek dağlara çıktığımızda, atmosferdeki filtrasyon miktarı azaldığından, mor ötesi ışınların etkisini daha çabuk duyarız. Mor ötesi ışınların kısaltılmış bilimsel simgesi 'UV' dir.

1.4.1.1. *Urey Efekti (Urey Etkisi)* (Şekil 1.15).

Geçmişte de UV'nin önlenmesi ve filtre edilmesi yine aynı şekilde olmuştur. Keza canlılar üzerindeki etkisi de yine bugünkü gibi önemliydi. Proteinden yapılmış tüm canlılar (diğer bir formunu zaten tanımıyoruz) için UV tehlikelidir. Bu nedenle ameliyat odaları ve belirli mikrobiyoloji laboratuvarları UV veren lambalarla dezenfekte edilir. Bu ışınlar mikropları tamamen öldürür. Fakat bu ilk evrelerde güneş ışığının

UV dalga boylu ışınlarına da büyük bir gereksinme vardı (bugün bu ışınları, vücudumuzda ergosterinin D vitaminine dönüşmesi için kullanırız). Çünkü daha sonra oluşacak canlıların yapıtaşını meydana getirecek karmaşık moleküllerin sentezi ancak büyük enerji taşıyan bu ışınlarla mümkün olmuştur. Kısaca söylemek gerekirse, yaşam için gerekli yapıtaşlarının sentezlenmesi için enerji kaynağı bu UV ışınları idi. Fakat bu ışınlar sentezledikleri molekülleri kısa bir süre içerisinde, belki de çoğunluk anında, tekrar parçalayacak güce sahiptir. işte bu çok karmaşık ve birçok koşulu bir arada gerektiren birikim evresi, canlılık ortaya çıkmadan oldukça uzun bir süre devam etti. Bu sentezleme tepkimeleri, laboratuvarlarda yapay olarak birçok defa yapılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır.



Şekil 1.15: Dünyanın ilk evrelerinde ozonlu ve ozonsuz atmosferin, buna bağlı olarak yeryüzüne ulaşa değişik dalga boyundaki güneş ışınlarının kimyasal tuzlarla ve diğer maddelerle karışmış sularda sentezlediği organik bileşikler (amino asit, şeker, yağ vs.) ve fotodisassiyasyon olayının (yüksek enerjili güneş ışınlarının su yüzeyinde, su moleküllerini parçalayarak H_2 ve O_2'ye kadar parçalaması) ozon perdesinin oluşmasındaki katkısı (geniş bilgi metin içerisinde verilmiştir).

UV ışınları engellenmeden yeryüzüne kadar ulaşıyordu ve sonuçta birbirini etkileyen iki olayın ortaya çıkmasına neden oluyordu. Atmosferde bol miktarda, karbonlu bileşikler, azotlu bileşikler ve hidrojen içeren metan, karbondioksit, amonyak ve diğer basit bileşikler uzun zamandan beri vardı. Volkanik olaylarla bunların sentezlenmesi mümkündü. Bu basit moleküller yağmurla ve kayaçların yıkanmasıyla

büyük ölçüde sulara taşınmış ve bir kısmı da rüzgar ve dalgaların hareketiyle suyun üst tabakalarında erimişti. Bu molekülleri oldukça zengin olarak içeren su tabakalarının içerisine, UV ışınları en azından 10-15 metre kadar işleyebiliyordu. Bu tabakalar içinde bulunan küçük molekülleri çok daha büyük moleküller halinde bağlıyordu. Fakat aynı yüksek enerjili ışınlar, daha önce oluşmuş büyük molekülleri de küçük temel moleküllere parçalıyordu. Bu yapım-yıkım döngüsü, tüm suların yüzeyinde aralıksız devam ediyordu.

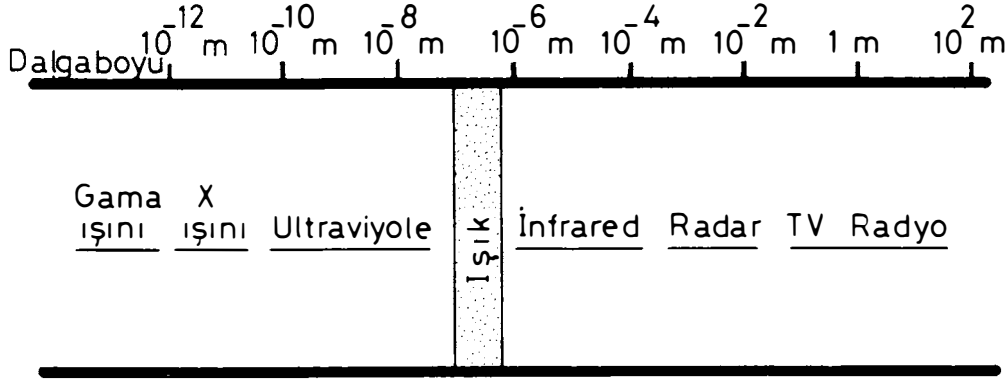
UV ışınları 15 metreden daha sonrasına işleyemediği için buraya kadar ulaşmış büyük moleküller yıkımdan korunmuş oluyordu. Belki bir kısmı su akımlarından dolayı tekrar su üstüne doğru çıkarak yıkılıyordu; ama, bir kısmı da dibe çökerek veya belirli seviyelerde kalarak yıkımdan korunuyorlardı. Bu büyük organik moleküllerin miktarı her geçen gün biraz daha artıyordu. Bu olay gelecekteki canlılığın temelini oluşturması bakımından çok önemliydi.

UV ışınlarının ikinci en büyük etkisi bizzat su molekülleri üzerinde görülmektedir. Bu ışınların enerjisi o kadar büyüktür ki su moleküllerini dahi atomlarına parçalayabilir. Fotodissosiasyon ile (ışık ile parçalama) su, serbest oksijene ve hidrojene parçalanır. Doğal olarak bu parçalanma su yüzeyinde görülür. Serbest hale geçen hidrojen en hafif element olduğu için atmosferin en üst tabakasına doğru çıkar ve oradan uzaya kaçar. Oksijen daha ağır olduğu için dipte kalır. Serbest oksijen bir UV-filtresi meydana getireceği için, UV ışınlarının yeryüzüne gelmesi, dolayısıyla büyük moleküllerin sentezlenmesi ve sudan serbest oksijen elde edilmesi durmuş veya azalmış olur. Oksidasyon ile atmosferdeki oksijen bir miktar bağlanınca, oluşan UV şemsiyesi zayıflar ve etkili UV dalgaları tekrar sudan serbest oksijen çıkarmaya başlar. Bu şekilde bir denge oluşturulur. Bu denge oksijenin ilkel miktarının altına ve üstüne çıkmaz. Bu karşılıklı etkileşim, "Urey Effekti" olarak bilinir. UREY Nobel almış Amerikalı bir kimyacıdır. Dünya atmosferinin evrimi konusunda birçok buluşları vardır.

Fakat o devirde oluşmuş tortul kayaçlardan hava ile bugün ilişkisi kesilmiş olanlarının (yerin içine gömülmüşlerinin) incelenmesinden, o devirde gerçekte bugünkü gibi bol serbest oksijene sahip bir atmosferin bulunmadığı saptanmıştır. Gerçek atmosfer daha sonraki jeolojik devirlerde ortaya çıkacaktır. O gün varsayılan koşullar altında yapılan laboratuvar denemeleri, çıkan oksijenin çok büyük miktarlarda olmadığını göstermektedir. Fakat UV ışınlarını önleyecek kadar olduğu da açıktır. BERKNER ve MARSHALL o günün koşullarını yaratarak yaptıkları deneylerde ve bilgisayarla yürütülen hesaplamalarda, Urey-Effektinden çıkan oksijen yoğunluğunun bugünkünün ancak 1/1000'i kadar olduğunu göstermiştir. Su yüzeyi zengin bir oksijen kaynağı değildi; ama, UV ışınlarını süzecek kadar etkindi. Çünkü oksijen çok küçük miktarlarda dahi büyük bir UV filtrasyon özelliğine sahiptir. Esasında bu iki bilim adamının UV dalga profili üzerinde yaptıkları araştırmalar büyük yankıya neden oldu.

1.4.1.2. *Abiyotik Yoldan Organik Madde Sentezlenmesi*

UV ışınları tek bir ışık dalgasından oluşmamıştı. Oldukça geniş bir banta sahipti. Yani biz bugün değişik renkleri nasıl görüyorsak, UV ışınları da kendi içinde birçok farklılıklara sahiptir. UV ışınlarını gören bir balarısı bizim tasavvur edemeyeceğimiz, tanımlayamayacağımız değişik birçok rengi, bu UV dalga bantında büyük bir olasılıkla değişik olarak görmektedir. Balarılarının koşullandırılması bunu göstermektedir. UV ışınlarını renk olarak göremeyiz; fakat tanımlamada kolaylık olsun diye mor ötesi (ultra viole) ışınlar olarak kullanırız. Yoksa bizim için bir radyo dalgasından büyük bir farkı yoktur. Işık dalgası uzunlukları bilim dünyasında angstrom (= Å = 1/10.000.000 mm) ile ölçülür. Gördüğümüz ışık, bilinen dalgaların çok dar bir kısmını oluşturur. Biz elektromanyetik dalgaların yalnız 4000-7000 Å arasında olanlarını renk olarak görebiliriz. 4000'den aşağısı UV olarak, 7000'den sonrası kırmızı ötesi veya Infraruj (IR) olarak bilinir. 4000-100 Å arasındaki ışınlar UV olarak bilinir. Bu sınırdan ötesi de daha kısa dalgalı röntgen ışınlarıdır (Şekil 1.16).



Şekil 1.16: Elektromanyetik spektrum.

Farklı frekanslardaki UV ışınları değişik moleküllere etki eder. Sudan oksijen çıkaran, proteinleri yıkan ya da sentezleyen UV ışınlarının frekansları birbirinden farklıdır. Bu, şunu açıklar, sadece UV ışınları demekle, belirli bir özelliği açıklayamayız; bu ışınların hangi frekanslarda olduğunu belirtmemiz gerekir. Bu nedenle BERKNER ve MARSHALL Urey-Effekti ile yakından ilgilendiler. Çünkü oluşan UV-filtresi ne ölçülerde, hangi dalgaboyları için bir koruyucu şemsiye ödevini görüyordu? Çünkü bazı UV dalgalarının o zamanda ve bu zamanda belirli derinliklere kadar işlediğini bilmekteyiz. Bizdeki D vitamininin sentezlenmesi, işte bu koruyucu şemsiyeyi aşan UV'nin belirli dalga boyundaki ışınları ile olmaktadır. O devirde de tamamen tutulan, kısmen tutulan ve içeriye bırakılabilen UV ışınlarının açığa çıkarılması, organik maddelerin yapımını açıklamak bakımından çok önemliydi. Bilgisayarlarla yaptıkları araştırmalarda Urey-Effekti ile oluşan serbest oksijenin meydana getirdiği şemsiye 2600-2800 Å arasındaki dalga boyları için en etkili koruma ödevini görüyordu. Bugün genlerde mutasyon ortaya çıkaran en etkili UV dalga boylu ışınları bu sınırlar içinde olanıdır. Çünkü canlılığın ilk yapımında oluşan proteinler ve çekirdek asitleri

bu aralıktaki dalga boyundan korunmuş idiler, dolayısıyla onlara karşı dayanıklıkları yoktur.

Esasında bir proteinin ve çekirdek asidinin oluşma şansı tahminlerin çok ötesinde bir olasılıktır. Hatta belirli bir protein zincirinin ortaya çıkması şansı astronomik denecek kadar azdır. Birçoğu bu oluşumların tanrısal olduğunu savunur. Yakın zamanlarda geçerli olan varsayım, Urey-Effektinin ve diğer çevre koşullarının, ilk zamanlarda, protein ve çekirdek asitlerini sentezlenmesini sağlayacak durumda olmasıydı. Amino asit ve çekirdek asitlerini oluşturan ortam aynı zamanda bunların polimerlerini de yapacak koşullara sahipti. Yaşamın oluşması karmaşık ve değişebilir bu iki molekül ile ortaya çıkmıştır. Bugün daha değişik kimyasal yapıya sahip canlı sistemlerini herhangi bir şekilde düşleyemiyoruz. Yani zorunlu olarak canlılık için proteinleri ve çekirdek asitlerini temel almak zorundayız. Başlangıçta birçok çekirdek asiti ve protein çeşidi (belki protein benzeri moleküller) ortaya çıkmış olabilir. Fakat onlardan bazı yapıda olanlar (bugünkü yapımızı oluşturanlar) diğerlerini, yaşam savaşındaki üstünlükleri ile elemine etmiş olabilirler (ilk seleksiyon!). Dolayısıyla tek yaşam unsuru olarak bugünkü çekirdek asitlerini ve proteinleri tanımaktayız. Diğerleri bizim için karanlıktır. Üstünlük taşıyan formlar 'Dominantlığın'(= Başatlığın) başlangıcıdır.

Son zamanlarda uzay uyduları ile yapılan araştırmalarda güneşten gelen ışınların enerjice zengin dalga bantları, yani mor ötesi ışınların tümüyle dünyaya ulaşması halinde, yeryüzünde canlı bırakmayacağı kanıtlandı. Bir çeşit mor ötesi lamba gibi her tarafı sterilize edecektir.

1.4.1.3. *Atmosferin Mekanik Koruyuculuk Etkisi*

Saatte irili ufaklı 4000 kadar gök taşının dünya atmosferine girdiği varsayılmaktadır. Geceleri gökte gördüğümüz akan yıldızlar, özünde, dünya atmosferine giren bu küçük gök taşlarının yanmasından ortaya çıkan ışıklardır. Küçük gök taşları yeryüzüne ulaşmadan yanarak (havanın sürtünmesinden) ortadan kalkar. Ancak çok büyük olanlar yeryüzüne ulaşabilir. Bunların da çoğu parçalanmak suretiyle ufak parçalara ayrılır. Atmosferi yoğun olmayan ya da atmosfere sahip olmayan birçok uydu (Mars, Merkür ve Plüton) ve Ay (bizimkiyle beraber Jüpiter, Satürn, Uranus ve Neptün etrafında dönen aşağı yukarı 29 kadar ay) bu gök taşlarının darbelerine hedef olacaktır. Nitekim Mars ve Ay yüzünden alınan fotoğraflar ve gözlemler bu savı kanıtlamıştır. Atmosfer çok az yoğun görünmesine karşın, yüksek hızlarla dünyaya yaklaşan gök taşlarını, sürtünmeyle akkor hale geçirip yok etmektedir. Bu da yaşamın oluşmasında en büyük etkenlerden biridir.

Atmosferimiz etkin bir ısı tamponlayıcısıdır. Gündüzleri güneşten aldığımız fazla ısıyı, özellikle içerisinde taşıdığı su buharı ile depolar, geceleri dışarıya verir. Bu nedenle gündüz ve gece arasında, ayımızda olduğu gibi, büyük sıcaklık farkları yoktur. Nitekim su buharınca fakir olan çöllerde bu sıcaklık farkı çok iyi bilinmektedir. Sıcaklık farklarından dolayı ortaya çıkan hava akımları, ısının tekdüze dağılmasına ve buna bağlı olarak su buharlarının denizlerden karaya taşınmasına neden olur. Bu da

yaşam için çok önemli olan suyun, karaların derinliklerine kadar ulaşmasına yardım eder. Atmosfer olmayan yerde yağmur ve rüzgar olmayacaktır.

Rüzgar ve yağış, erezyonun en büyük nedenidir. Biz erezyonu çoğu kez negatif anlamda kullanırız ve genellikle doğanın yıkımı olarak anlarız. Gerçekte 4-5 milyar yıl süren bu yıkım, bugün bizim yaşam ortamımızı hazırlamıştır. Belki atmosferi olmayan yerde kayaçların sıcaklık farkları ve göktaşlarının darbeleri ile parçalanması söz konusudur. Fakat dünyada kum, kil ve diğer toprak unsurlarının oluşumu bir erezyon olayına borçludur. Bu erezyonla verimli toprak yapısı ortaya çıkmıştır.

1.4.1.4. *Atmosferin Canlılığın Özelliklerini Belirleyici Yapısı*

Organik maddelerin oluşumunu sağlayan, yeryüzünün görüntüsünü değiştiren ve birçok olayın meydana gelmesini sağlayan atmosfer, canlıların algılamasında, dolayısıyla yargılamasında çok önemli bir yere sahip olmuştur. Fakat biz atmosferi, daha doğrusu havayı, ancak belirli koşullar altında algılarız. Örneğin, havasız kaldığımız zaman. Gerçekte bizim tüm dünyamızı etkileyen nedenlerin başında atmosferin kendisi gelmektedir. Daha açıkçası canlı bünyenin mimarisini saptayan faktörlerin başında atmosfer gelmektedir. Bunun en açık örneklerini yapılan ve yapılacak uzay araştırmalarında görmek olasıdır.

Biz bugün ayın renginin nasıl olduğunu bilemeyiz ve hiç bir zaman da öğrenemeyeceğiz. Halbuki ayın her tarafının fotoğrafı çekilmiş ve bizzat astronotlor tarafından dolaylı olarak gözlenmiştir. Dolaylı olarak diyoruz, çünkü çıplak gözle hiçbir zaman ayın yüzeyine bakmamışlardır. Ayın yüzeyine indikten sonra güneşin zararlı ışınlarından korunmak için maskeler kullanmışlardır. Aya da bizim gibi güneşten ışınlar gelmektedir. Yansıyan ışınlar da ay ışığı olarak dünyadan görülmektedir. Hem güneşten gelen ışınlar, hem aydan yansıyan ışınlar atmosferimizin süzgecinden geçmektedir. Dolayısıyla bazı dalga bantları dünyamıza ulaşmadan atmosferde emilmektedir. Organik gelişimi gözönünde tutarsak, dünyadaki canlıların tümü atmosferden geçerek yeryüzüne ulaşabilen ışınları görecek şekilde gelişmiştir. Bu dalga boyları en fazla 3000 (arılar) - 7000 (insanlar) Å arasında değişmektedir. Halbuki güneşten çıkan ışınların dalga aralığı çok fazladır ve görebildiğimiz aralık çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır. O halde değişik bir ortamda gelişecek herhangi bir canlı, bizim algılayamadığımız dalga boylarına sahip bir ortamda gelişmişse görme organları bu dalga boylarını algılayacak şekilde gelişebilir ve bizim hiçbir zaman tarif edemeyeceğimiz renkleri görebilir. Aydaki durum da böyledir. Güneşten aya, bizim dünyamıza ulaşmayan birçok farklı dalga boyunda ışın gelmektedir. Çünkü ayın atmosferi yoktur ve bu dalga boylarındaki ışınları absorbe edemez. Dolayısıyla çok daha değişik dalga boylarındaki ışınların yansıması bizim tarafımızdan algılanamaz. Yani eksik algılama söz konusudur. Telefonda konuştuğumuz zaman karşımızdakinin sesini daha farklı olarak duymamız da bunun değişik bir şeklidir. Çünkü telefon sistemi ancak belirli dalgalardaki sesin iletimini mümkün kılmaktadır. Bu nedenle karşımızdakinin sesinin bazı dalga boyları süzülmekte (emilmekte) ve biz gerçek sesi tam algılayamamaktayız. Ayın yüzeyine inen astronotlar ay yüzeyine hiçbir zaman

doğrudan doğruya bakmamışlardır. Çünkü güneşten gelen zararlı ışınlar gözleri tahrip edecektir. Dolayısıyla dünyadaki atmosferin ödevini görecek maske şeklinde bir filtre kullanmışlardır. Keza çekilen fotoğraflar da dünyadaki renklere ve insanın algılayabileceği renk bantlarına göre hazırlanmıştır. Her iki yöntem de gerçeği görmeğe yetmemektedir. Buradan çok önemli bir sonuç çıkmaktadır. ''Dünyadaki canlılar atmosferin izin verdiği ölçüler içerisinde çevresini algılayabilir''. O halde atmosferin evrimi ve yapısı, canlı organizmaların evrimi üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Hatta bazı durumlarda kendi gözümüzle, dünya koşullarında, olayları değerlendirmede zorlukla karşılaşırız. Örneğin uzun zaman gözümüzün biri ile bir beyaz kağıda baktığımızda, bir zaman sonra kırmızı bir ton, diğer gözümüzle uzun zaman baktığımızda belki mavi bir ton görürüz. Gerçekte hangi renk vardır veya gerçek ton nedir. Bunu dahi iki gözümüzle açıklayamayız. Fiziksel olarak 150 milyon km.uzaktaki bir sabit yıldızdan gelen ve atmosferden geçen yıldızların maksimum aydınlığı sarı ışık bantındadır ve spektral değeri-G 2 V-dir.

Keza yapay olarak yapılmış atmosferde (insan için tehlikesiz) ses çıkarma ve duyma da çok değişik olmaktadır. Örneğin oksijen-azot karışımına göre gelişim yapmış boğazdaki ses bantlarımız ve kulaklarımız, oksijen-helyum karışımlı (insan için tehlikesiz) bir atmosferde çok daha değişik ses dalgaları çıkaracaktır ve algılayacaktır (miki faredeki gibi konuşmalar ortaya çıkacaktır).

Özünde, güneşten çıkan ışınların dalga boylarını gerçek olarak ilk defa, uzaya çıkan uydular aracılığıyla öğrendik. Güneşten gelen röntgen ışınlarının ve gamma dalgalarının (kısa dalgalı ve enerji yüklü), keza uzun dalgalı ışınların atmosfer tarafından emildiği ve yeryüzüne bırakılmadığı saptandı. Yeryüzüne bırakılan görünebilir ışığın, özellikle sıcaklık taşıyan dalgaları su buharı tarafından da çok tutulur. Bulutlu bir havada sıcaklığın, aydınlığa göre çok daha fazla düşmesi bu nedenledir. Uzun dalgalı ışınların atmosfer tarafından tutulduğunu biliyoruz. Fakat bu uzun dalgalı ışınların içerisindeki bir bant ne atmosfer tarafından ne de su buharı tarafından tutulmaz. Bu bant ultra-kısa (çok kısa) radyo dalgalarıdır. Uzay araştırmalarında ve astronomik çalışmalarda bu radyo dalgası bantından yararlanılır.

Sonuç olarak, ultra kısa radyo dalgalarını bir yana bırakırsak, atmosferin izin verdiği dalga boylarını biz renk olarak nitelemişiz. Gerçekte, evrende, her dalga boyunu farklı bir renk olarak görebilecek yaratıklar oluşmuş olabilir. Biz rastlantılarla birçok koşulun bir araya gelip canlının yaratılmasında etken olduğunu belki savunabiliriz; ama, canlıdaki birçok özelliğin ortaya çıkması için o koşulun var olması gerektiğini mutlaka savunamayız. Çünkü canlılık ortaya çıkmadan milyonlarca yıl önce, bu koşullar ortaya çıkmıştı ve canlılar ortaya çıktıktan sonra, organik bileşiklerin uç değerleri arasında, bu koşullara uyumlar ortaya çıktı. Örneğin yeryüzüne bırakılan dalgaların algılanmasına, renk, ısı gibi kavramlarla tepki göstermesi, onun çevreye uyumunu sağlayacaktır. Halbuki dünya koşullarının içinde bulunmayan birçok özelliğe (uzun ve kısa dalgalar gibi) tepki gösterecek organlar gelişmemiştir. Son bağlayıcı cümle ''canlılar bulundukları koşulları algılayıcı organları geliştirmişlerdir; bu gelişme, belirli organik moleküllerin özellikleri ile sınırlandırılmıştır ve koşullar hiçbir zaman canlılarda belirli özelliği yaratmak amacıyla doğada oluşmamıştır''.

doğru çıkan füzeler bu mikroorganizmaları toplayarak diğer bir gezegene bulaştırabilir.

Bu mikroorganizmaların belirli sıcaklık değişimlerinden oluşan hava akımları ile bu yüksekliğe çıktıkları ve daha sonra burada strosferin bir parçası gibi asılı kaldıkları varsayılmıştır. Dünyadan, az miktarda da olsa, atmosferin bir kısmı, özellikle hidrojen, uzay boşluğuna kaçmaktadır. Mikroorganizmalar da sürüklenen bu gazlarla uzay boşluğuna ulaşmaktadırlar. Nitekim 1968'de Alman hava biyolojisi araştırma merkezinin Afrika'da yaptığı uzay çalışmalarında bakteri, mantar ve bitki sporlarının, soğuğa, vakuma ve kozmik ışınlara, herhangi bir koruma önlemi alınmaksızın belirli sürelerde dayanabildiğini göstermiştir.

Bu organizmalar uzaydaki aşağı yukarı — 150 C°'lik sıcaklığa (dünyada laboratuvarlarda — 273 C°'ye kadar dayanabilen birçok makro-ve mikroorganizma vardır), bir çeşit ölü durumuna (durgunluk) girerek, haftalarca ve aylarca dayanabilirler. Uygun ortam bulunca tekrar üremeye başlarlar.

Uzaydaki vakuma, özellikle belirli bir kısmı mor ötesi ışınlara dayanıklık gösterebilir. Çok kısa dalgalı UV ışınları bu canlılar için en tehlikeli olanlarıdır. Hemen hemen madde değişimi bakımından ölüm durgunluğuna ulaşarak bu tehlikeden kurtulmaya çalışırlar. Tekrar 3800 A°'luk ışınlarla muamele edilirlerse yaşama dönerler.

Uzay boşluğuna ulaşan ve orada korunmaksızın, birçok tehlikeye dayanabilen bu mikroorganizmalar, çok küçük olduklarından dolayı güneş ışığının baskısıyla ileriye doğru itilebilirler. Güneş ışığı çok küçük cisimleri bir çeşit dalga gibi, ışığın yayılma doğrultusunda sürükleyebilir. Venüs ve Merkür bizden daha içte olduğu için bu şekildeki bir mikrop yağmurundan kurtulurlar. Çünkü güneş ışığı onları geçerek bize ulaşmaktadır. Mars ve bizden daha dıştaki uydular bizim salgıladığımız bu mikrop yağmurunun tehlikesiyle karşıkarşıyadırlar. En gelişmiş bir uzay roketi Marsa 8 ayda ulaşmasına karşın, güneş ışınlarıyla sürüklenen bu mikroplar bir iki haftada Mars'ın yüzeyine ulaşabilir. Bu nedenle bizim dışımızdaki uydularda dünyadakinden özerk olarak, bir yaşamın ortaya çıkması, biraz kuşkulu görülmektedir. Hatta yapılan hesaplara göre milimetrenin beş binde biri kadar küçük olan bir mikroorganizma bu ışık dalgalarıyla değil güneş sisteminin dış kıyılarına, hatta diğer gök cisimlerine ulaşması da olanak dahilindedir. Çünkü güneşin ışığı o zaman bu küçük canlıyı diğer bir sistemin içerisine sokabilecek kadar gücünü gösterebilir. Fakat bu uzun yolculuğa herhangi bir canlının dayanabilmesi, bildiğimiz kadarıyla olanak dışıdır. İlk defa canlılığın uzaydan geldiğini savunan İsveçli ARRHENIUS'dur. Bugün bunun kuramsal olarak olabileceği; fakat olasılığının yok denecek kadar az olduğu varsayılmaktadır. Geldiğini varsaysak dahi, bu gelen canlılar çok küçük mikroorganizmalardan başka birşey olamaz. Bugünkü canlılar onların evrimleşmesiyle oluşmuştur.

Daha fantastik düşünenler de, canlıların, diğer bir gök cisminden, daha gelişmiş varlıklarca dünyaya getirildiğini ve bir çeşit aşılandığını varsaymaktadır. Bunu kanıtlayıcı herhangi kesin bir belge elimizde yoktur. Hatta bugünkü canlılığın gelişimi, dünyanın jeolojik gelişimine büyü bir paralellik gösterdiği için ters kanıtlar da vardır denebilir. Gerçekte bu konu tamamen spekülasyona açıktır.

2.3. KENDİLİĞİNDEN YARATILIŞ

Eski çağlarda birçok canlının cansızlardan meydana geldiği düşünülmekteydi. Kurumuş bir havuzda, yağmurdan sonra birçok canlının ortaya çıkması, bataklıklardan sivri sineklerin, çamurdan kurbağaların ve timsah yavrularının, kokuşmuş etten kurtların meydana gelmesi bu kendiliğinden yaratılışın bir sonucu olarak düşünülüyordu. FRANCESCO REDI etleri dışarıdan herhangi bir tohum ve yumurta girmeyecek şekilde izole edince daha sonra PASTÖR sütü ısıtıp pastörize edince herhangi bir canlının gelişemeyeceği gösterildi ve bu sav da tümüyle geçerliliğini yitirdi. Çok geri toplumlarda bu yönde bazı inançlar varsa da, kendiliğinden yaratılışın yalnız tarihi değeri kalmıştır. En akla yakını ve modern yöntemlerle kısmen kanıtlanabileni moleküler yaratılıştır. PASTÖR'ün buluşu ve açıklaması moleküler düzeydeki bir yaratılışa açıkça karşı değildi. Bugün en geçerli olan ve bilim çevreleri tarafından kuşkusuz denebilecek şekilde kabul edilen kuram **'Moleküler Yaratılış'**tır. Biz bundan sonraki savlarımızı bu kuram üzerine bina edeceğiz.

2.4. MOLEKÜLER YARATILIŞ

Birçok bakımdan bilimsel kesinlik taşıyan bu kuramı ayrıntılı olarak anlayabilmek için, yaşamın yapı taşlarını ve bununla ilgili canlılığın özelliğini kısaca öğrenmek gereklidir.

2.4.1. CANLILIĞIN YAPI TAŞLARI

Big-Bang kuramına göre başlangıçta hidrojen oluşmakla beraber, gittikçe diğer elementler de hidrojenin değişmesiyle ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu elementler doğada saf olarak nadiren bulunurlar (asal elementler). Çoğunluk diğer elementlerle kimyasal bileşikler yapmışlardır. Kimyasal bileşiğin durumuna göre katı, sıvı ve gaz halinde olabilirler. Hatta saf halde değişik durumda olan elementler bileşik halde durum değiştirebilirler. Örneğin gaz halindeki hidrojen ve oksijenin yaptıkları bileşik, yani su, sıvı haldedir. Bu yanmadan ortaya çıkan kül, suyun kendisidir. Demek ki tüm bu kimyasal bileşiklerin kökeni hidrojendir ve görünen tüm değişiklikler hidrojenin değişmesinden başka birşey değildir. Atomlar arasındaki çekim ise onların elektriksel özelliklerinden doğmaktadır. Tüm oluşan bileşikler bu atomlar arasındaki çekim yasalarıyla ortaya çıkmaktadır.

Hidrojen ve oksijeni ısıtmakla (başlangıçta) patlarcasına bir tepkimenin ortaya çıkması ve suyun oluşması sağlanır. Oksijen oksitleyici, hidrojen redükleyici (indirgeyici) özelliğe sahiptir. Dünya oluşurken gerekli enerji volkan patlamalarından ve güneş enerjisinden elde edilmiş olabilir. Bu şekilde su buharı ortaya çıkmıştır.

Keza volkanik olaylar sonucunda atmosferde birikmiş karbon, kükürt, azot vs.'nin su molekülleri ile tepkimeye girerek belirli koşullar altında daha karmaşık molekülleri oluşturabileceği deneysel olarak gösterilmiştir. Bu moleküller, o devrede dünya atmosferinde bol bulunan amonyak (NH_3), metan (CH_4), karbondioksit (CO_2) ve bu üçünün birleşmesinden meydana gelen siyanit (HCN)'tir. Uzay çalışma-

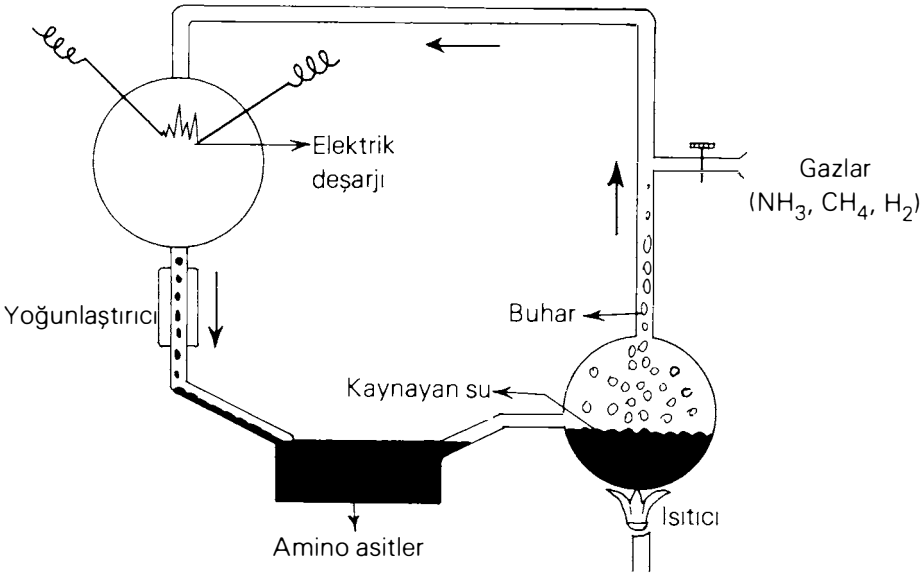
larından elde edilen sonuçlara göre Jupiter'de bu üç bileşiğe donmuş olarak rastlanmıştır. Büyük bir olasılıkla sıcak iken sentezlenen bu moleküller, uydunun hızlı soğuması sonucu, yaşayan bir molekül oluşturmadan donmuşlardır. Yavaş yavaş soğumaya başlayan dünya kabuğunun üzerine yağmur suyu birikmeye başlamıştı. Yanardağlardan çıkan gaz halindeki C, N, H ve S'lü molekülleri de eriterek çukur yerlerde toplayan su, aynı zamanda karalardaki taşların da yıkanmasıyla zengin bir mineral ve tuz içeriğine sahipti (Şekil 1.14). Venüs, bize göre güneşe daha yakın olduğu için hala dünya ölçülerinde soğumamıştır ve bu nedenle birkaç yüz kilometre kalınlığında, bu gazlarla örtülü bir atmosfere sahiptir. Havada serbest oksijenin de olmadığını biliyoruz. Bu nedenle yüksek enerjili UV ve diğer ışınlar kesintiye uğramadan, en azından atmosferin belirli tabakalarına kadar işleyebiliyordu ve ozon perdesi oluşmamıştı (Şekil 1.15).

PFLÜGER, HALDANA, BEUTER ve özellikle Rus biyokimyacısı OPARİN moleküler yaratılış konusunda birçok açıklamalar getirdiler. OPARİN yayınladığı 'Hayatın Kökeni' adlı eserinde (1930) moleküler yaratılış hakkında çok ilginç ve ayrıntılı bilgiler vermiştir. Eserinde, CALVİN'in de açıkladığı gibi, canlıların aracılığı olmadan kimyasal olarak karbonhidratların, yağların ve amino asitlerin olabileceğini gösterdi. Moleküller arasında bilinen bazı kuvvetlerin, belirli moleküllerin sıvı kristal oluşturması için bir eğilim içinde bulunmaları, bize, karmaşık ve büyük moleküllerin nasıl meydana geldiğini bir dereceye kadar açıklar. OPARİN'e göre doğal seçme, canlılık oluşmadan önce, moleküler düzeyde başlamıştır. Yan yana gelen moleküller birbirini tamamlamak suretiyle canlılık için ilk yapıları meydana getirirken, bazıları yeni maddelere gereksinme gösterir; bu da başat tipin ortaya çıkmasına neden olur.

Bütün sorun canlı olmadan, canlılar için temel taşı olan polimerlerin, özellikle protein ve çekirdek asitlerinin, keza canlılar için gerekli diğer moleküllerin, metan, amonyak, su, karbondioksit ve kükürtlü bileşiklerden nasıl meydana geldiğini göstermektir. Üç milyar yıl önce oluşmuş Güney Afrika'daki bazı kayaçlarda 22 çeşit amino asidin varlığı saptanmıştır.

Bu konuda kuşku götürmez ve doyurucu denemeleri 1953 yılında, bir kimya öğrencisi olan STANLEY MİLLER (Şikago) başardı. MİLLER, tahmin edilen ilkel atmosferi taklit edip, metan ve amonyağı su içerisinde çözerek bir cam balon içerisine koyup elektrik deşarjına tabi tuttu (Şekil 2.1). Esasında, 1950 yılında Nobel almış olan MELVİN CALVİN (Kaliforniya) aynı karışımları elektron hızlandırıcı bir aygıtın ışınlarına tutarak amino asit ve formaldahit elde etmiştir. Fakat doğada elektron hızlandırıcı bir sistem olmadığı için sonuç bilim adamları tarafından kuşkuyla karşılandı. Halbuki MİLLER o devirde dünyada bulunması varsayılan karışımları ve enerji kaynaklarını kullandı. MİLLER ilk olarak UV ışınlarının yanı sıra, atmosfer hareketlerinden dolayı ortaya çıkan şimşekleri, yani elektrik deşarjını enerji kaynağı olarak kullandı. Dünyanın o evresinde bu koşullar büyük bir olasılıkla milyonlarca yıl sürmesine karşın, MİLLER sabırsızlıkla 24 saat sonra bu işleme tutulmuş karışımı incelemeye başladı. Sonuç şaşırtıcıydı: Amonyak, metan ve su buharından, katölizer olarak yapay elektrik kıvılcımları kullanmak suretiyle, 24 saatte birçok diğer bileşiğin yanı sıra doğada en çok

bulunan, en önemli üç amino asit oluşmuştu; glisin, asparajin ve alanin (özellikle canlıların bünyesinde çok bulunan α- alanin tipi). Bu dünyadaki canlıların yapı taşlarını oluşturan 20 amino asitten 3'ü bu şekilde oluşturulmuştu.



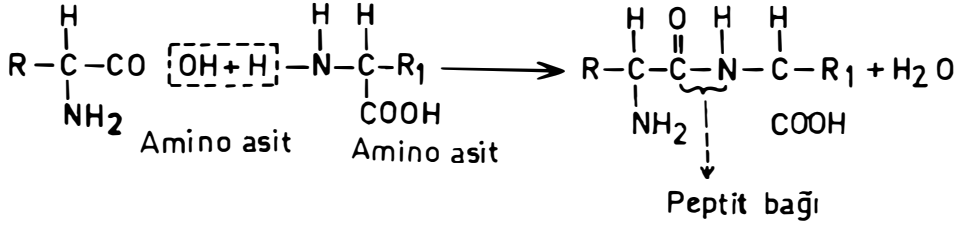
Şekil 2.1 : STANLEY MILLER'in dünyanın ilk evrelerindeki koşulları sağlayan aygıtı. Isıtılan suyun çıkardığı buharlar sağ taraftaki musluktan verilen gazlarla karışmakta ve sol taraftaki balonda bu karışıma elektrik şarjı uygulanmaktadır. Oluşan amino asitler ve diğer organik bileşikler aşağıdaki hazinede birikmektedir.

Uzun yıllardan beri canlı bünyelerin sihirli maddesi olarak tanımlanan proteinler, 100 ile 30.000 kadar amino asitten (20 değişik amino asidin değişik kombinasyonlarıyla) meydana gelmiştir. Halbuki kimyasal olarak 20'den çok daha fazla amino asit çeşidi sentezlemek olasıdır. Buna karşın canlı bünyesinde (bitki ve hayvan olarak) yalnız 20 çeşidi bulunmuştur. Canlılar arasındaki protein farkları, bu 20 amino asidin dizilimi ile ortaya çıkan özelliklerden dolayıdır. Belki tüm canlıların neden 20 den daha fazla veya daha eksik amino asitten yapılmadığını açıklayamayız. Ama, MILLER'in yaptığı deneylere dayanarak, o koşullar altında, bugün canlıların bünyesinde bulunan amino asit çeşitlerinin daha fazla sentez edilme durumunu göz önüne alarak bir varsayıma ulaşabiliriz. Her ne kadar değişik amino asit çeşidi varsa da, bunların herbirinin sentezlenmesi belirli bir katalizlenmeyi ve koşulu gerektirir. Büyük bir olasılıkla dünyanın başlangıçtaki koşulları ve bu gün MILLER'in hazırladığı ortam, canlıların bünyesinde bulunabilecek amino asit ve diğer organik bileşiklerin sentezlenmesini öncelikle sağlayacak şekildeydi. Bugün bazı elementlerin ve moleküllerin diğer moleküller ve atomlarla birleşmesinin, o moleküllerin yapısına ve uygulanan koşullara, katalizörlere bağlı olduğunu kimyacı olmayanlar da bilmektedir. Birbirine aktif olan elementlerin çok kolay, az aktif olanların enerji vermekle, bazılarının da bağ yapması

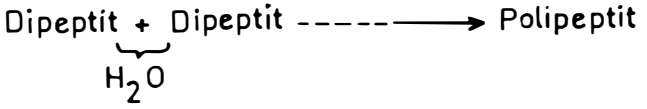
(asal gazlar) enerji verilse dahi olanaksız olduğunu bilmekteyiz. Örneğin demir, oksijene karşı aktif olduğundan asal metal değildir, buna karşın gümüş daha asal, altın ise tam asal bir metaldir; pilatin bunların içinde en asal olan metaldir; çünkü, tepkimeye girmesi en zor olan metallerdendir. Helyum, neon ve argon gibi asal gazların diğer atomlarla veya moleküllerle tepkimeye girmesi son zamanlardaki birkaç ayrıcasını hesaba katmazsak başarılamamıştır.

Son zamanlarda yapılan radyoastronomik araştırmalarda, uzayda (gezegenlerin atmosferinde değil) amonyak, metan, kükürtlü karbon vs. bileşiklerine rastlanmıştır. Bazılarına göre uzaydaki bu basit moleküllerden bugünkü yaşam molekülleri sentezlenmiştir ve bir yağmur gibi dünyaya yağmıştır. En azından bunlardan bazıları yaşamın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Uzayda sürüklenen bu maddeler dünyanın çekimiyle tutulmuştur denmektedir. Fakat, evrenin büyüklüğü ve oluşacak bu maddelerin seyrekliliği göz önüne alınırsa varsayım çok zayıflamaktadır. Çünkü bu tip moleküllerin dünyada oluşması için ortam çok daha uygundur.

MILLER'in denemelerini sağlamak için birçok araştırıcı aynı şekilde çalışmalar yaptılar. Sonuç hep aynıydı. Farklı enerji kaynakları (UV ışınları, yüksek enerjili dalgalar, ultrasonik titreşim) özellikle mor ötesi ışınları kullandılar. Durum yine aynıydı. Tesadüfen oluşan birçok kimyasal bileşiğin yanı sıra, amino asitler (Şekil 2.2 ve 2.3)

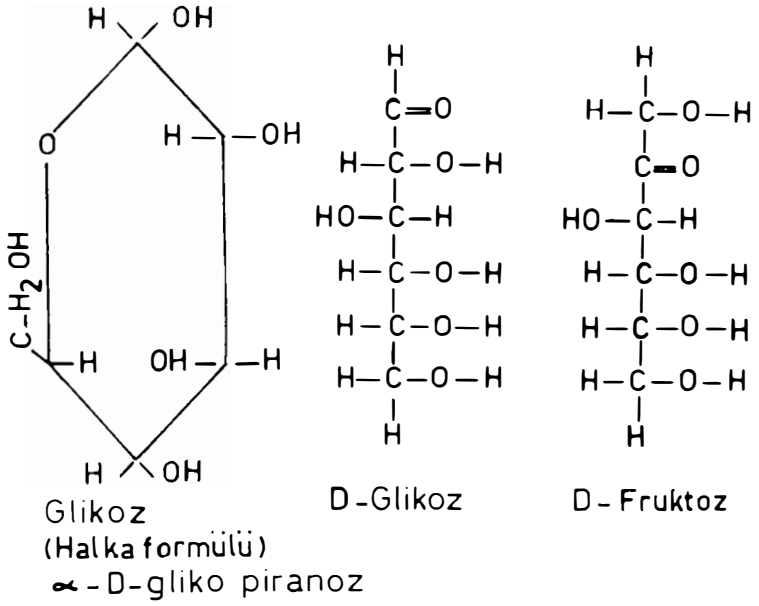


Şekil 2.2 : Peptit bağı oluşumu.

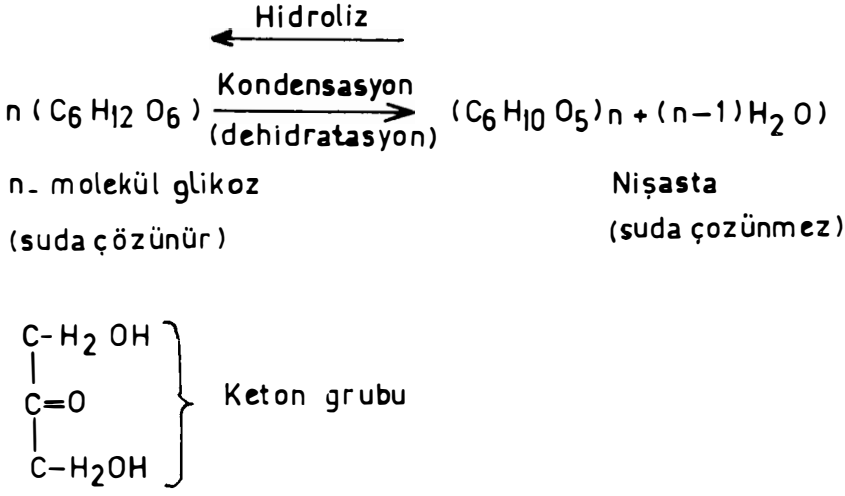


Şekil 2.3 : Polipeptit oluşumu.

şekerler (Şekil 2.4 ve 2.5) purin, yağ asitleri, gliserol, azotlu bazlar ve bugün canlı bünyesinde bulunan birçok molekül çeşidi (Şekil 2.6 ve 2.7) sentezleniyordu. Koşullar değiştirildikçe çıkış maddelerinin kimyasal bileşimi değişiyordu. Öyleki, koşulları değiştirilen bir deney balonunda 70'den fazla amino asit çeşidi, birkaç gün içinde sentezlenebiliyordu. Deney balonunun içinde şeker, adenin ve diğer çekirdek asit segmentlerinin (Şekil 2.8 ve 2.9) yanı sıra, yeşil bitkiler için önemli olan klorofilin (Şekil 2.10) ilkel maddesi sayılan porfirin dahi sentezlenmişti (radyoteleskopla yapı-

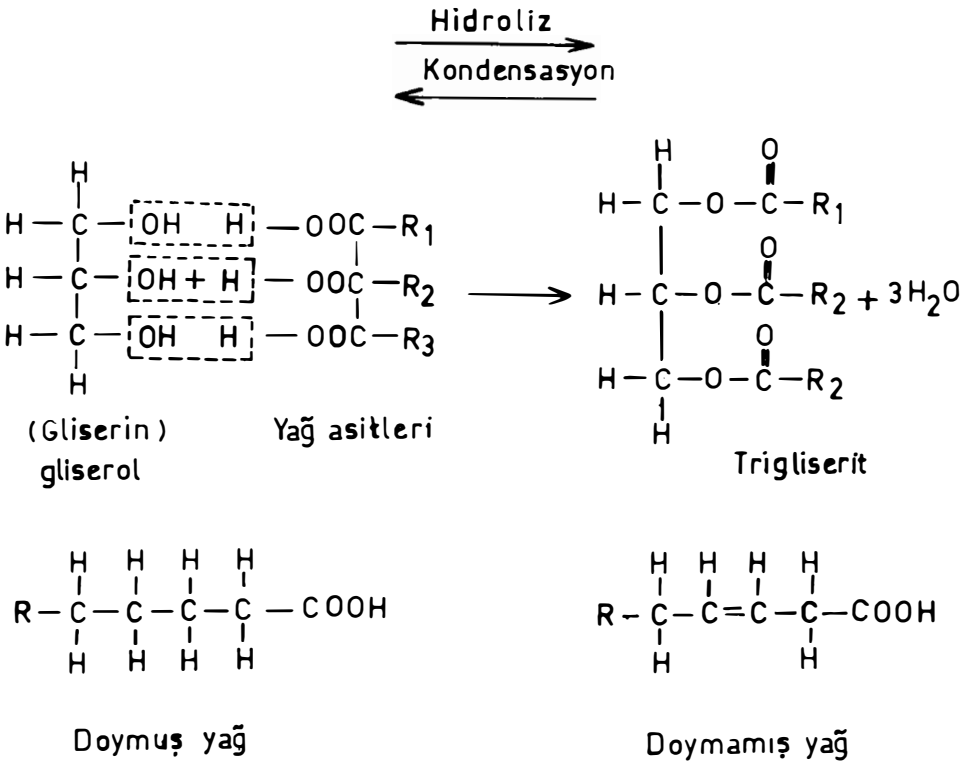


Şekil 2.4 : Glikoz ve fruktozun açık formülleri.

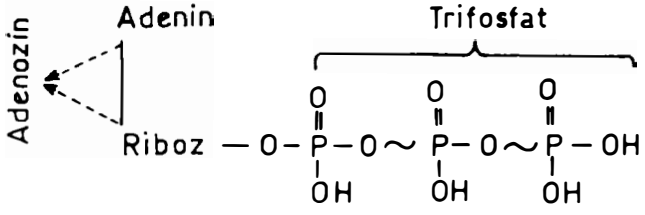


Şekil 2.5 : Nişasta veya glikojen oluşumu.

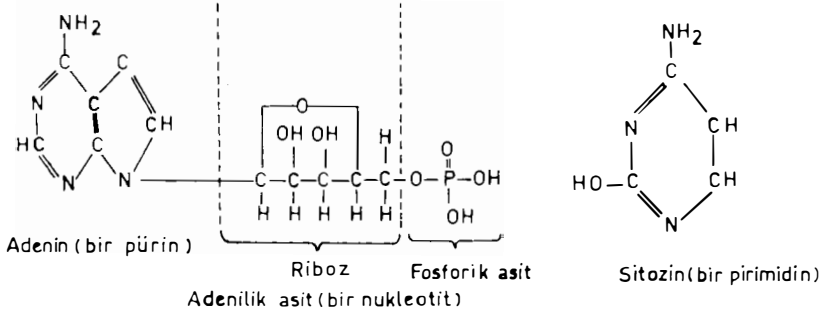
lan çalışmalarda uzay boşluğunda bir porfirin bağı olan tetrabenzoporfirine rastlanmıştır). Daha sonra ilerleyen çalışmalarda cansız maddelerden ATP (adenozintrifosfat) sentezlendiği dahi bildirilmiştir (Şekil 2.7). Bu son bileşik dünyada yaşıyan tüm canlıların en önemli enerji kaynağıdır.



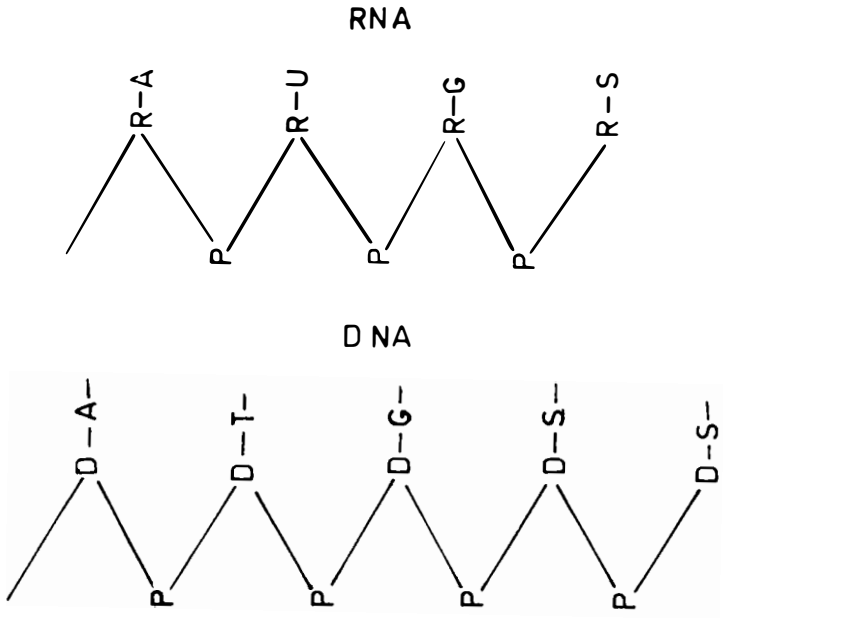
Şekil 2.6 : Yağın oluşumu; doymuş ve doymamış yağ bağları.



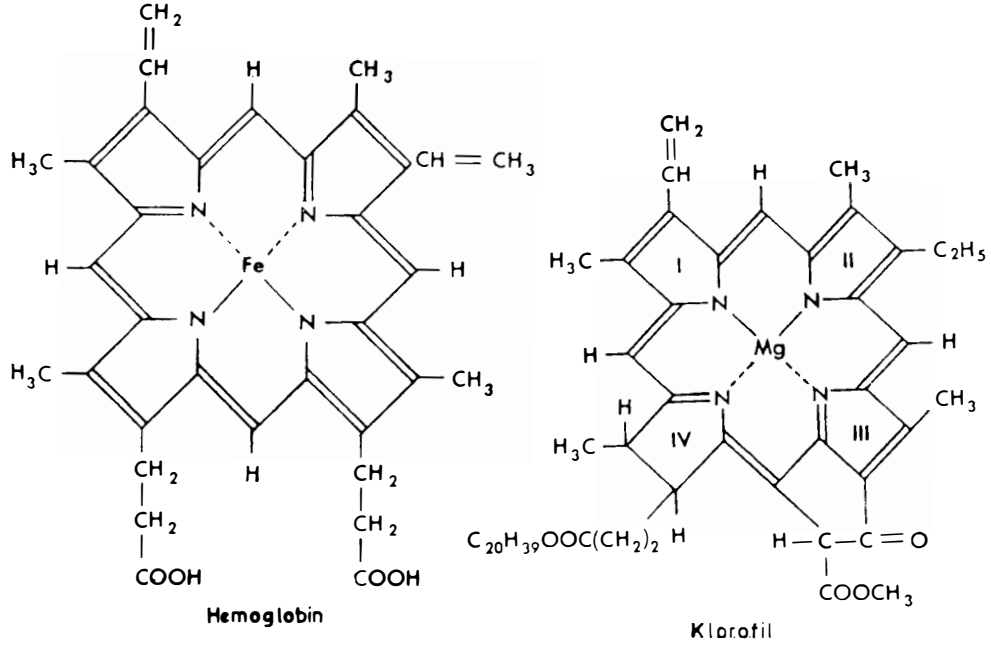
Şekil 2.7 : ATP'nin açık formülü.



Şekil 2.8 : Bir nukleotit yapısı.



Şekil 2.9 : DNA ve RNA zincirlerindeki nukleotitlerin dizilişi.



Şekil 2.10 : Klorofil ve hemoglobinin moleküler yapısı.

Canlılık oluşmadan önce, atmosferde bu tip elektrik deşarjları, yüksek enerjili ışınlar ve yukarıda belirtilen amonyak, metan, su, karbit, kükürt bileşikleri vs'den oluşmuş karışımlar bol miktarda bulunuyordu. Bugün de belki daha az miktarlarda bu maddeler oluşmasına karşın serbest oksijenden dolayı hemen oksitlendiğinden ve mikroorganizmalar tarafından ortadan kaldırıldığından herhangi bir birikim meydana gelmemektedir.

Yukarıda anlatılan şekillerde gaz halindeki atmosferde oluşan basit organik moleküller (belki sadece atmosferde değil, aynı zamanda suların bazı derinliklerinde) yağmur sularıyla yer yüzündeki çöküntülere sürüklenmiş ve burada suların karalardan erezyon ile getirdiği mineral ve mineral tuzlarıyla karışmıştır. Sular buharlaştıkça çöküntülerdeki ve denizlerdeki bu moleküllerin yoğunluğu artmaya başlamıştır ve bir zaman sonra (milyonlarca yıl sonra) bu ilkel organik moleküllerden oluşmuş bir çorba ortaya çıkmıştır. Yoğunlaşan moleküllerin birbirine değme şansı artmış, bir çeşit yığılma ortaya çıkmıştır. Değişik enerji kaynakları ve düzeyleri ile bu moleküller tepkimeye girmiş ve daha karmaşık molekülleri meydana getirmişlerdir. Oluşan makromoleküller ya da polimerler arasında, amino asitlerin yaptıkları peptit zincirleri, yaşamın ortaya çıkması için en önemli bileşikleri oluşturuyordu. Bugün bu peptit zincirleri genlerin kontrolü altında yaşayan hücrelerde sentezlenebilmektedir. Bu zincirler protein olabilir ya da birkaç zincir, büyük bir protein molekülü oluşturacak şekilde birleşebilir.

Çekirdek asitleri, azotlu bazların polimerizasyonu ile oluşabilir. Bugün bu asitler, yalnızca yaşayan hücreler içinde sentezlenebilmektedir. Kalıtım konusunda geniş olarak değineceğimiz çekirdek azotlu bazlarının özel hidrojen bağları ve zayıf moleküller arasındaki bağların biyolojik bilginin iletilmesi bakımından ne denli önemli olduğu bilinmektedir.

FOX, kuru amino asitleri ergime noktalarına kadar ısıtarak proteine benzer zincirlerin meydana gelebileceğini göstermiştir. Bugün canlı bünyesinde bulunan birçok organik bileşik yapay olarak sentezlenmesine karşın, özellikle karmaşık moleküller ve proteinler yapay olarak yapılamamaktadır. Fakat bilinen bir şey vardır ki, yaşamın ortaya çıkmasını sağlayan moleküller, bizim bildiğimiz kimyasal bağların haricinde herhangi özel bir bağlanıma sahip değildir. Canlılık bizim bugün ulaşamadığımız bir dizilimin sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Ama bilinen kimyasal bağlar içerisinde.

Dünyanın bu evresinin sonuna doğru, özellikle denizler, bu karmaşık moleküllerle dolmuştu ve bu moleküllerin arasında bugünkü yaşamı ortaya çıkaracak temel moleküller de bulunuyordu. Fakat her molekülün sentezlenme ve değişmeden kalabilme şansı, daha doğrusu yıkılmadan kalabilme şansı aynı değildi. Değişen dünya koşulları, MILLER'in de denemesinde gösterdiği gibi bazı moleküllerin sentezlenme şansını artırmış ve bozulmadan kalabilmelerini sağlamıştı. Bu bir seçmenin ilk adımları idi ve doğal koşullar bazı moleküllerin ortaya çıkma şansını artırmıştı. Biz bu sürece, '**Kimyasal Evrim**' diyoruz. UREY etkisinin (efektinin) ortaya çıkması, amino asitlerin ve purinlerin sentezlenmesi bakımından büyük bir avantajı beraberinde getiri-

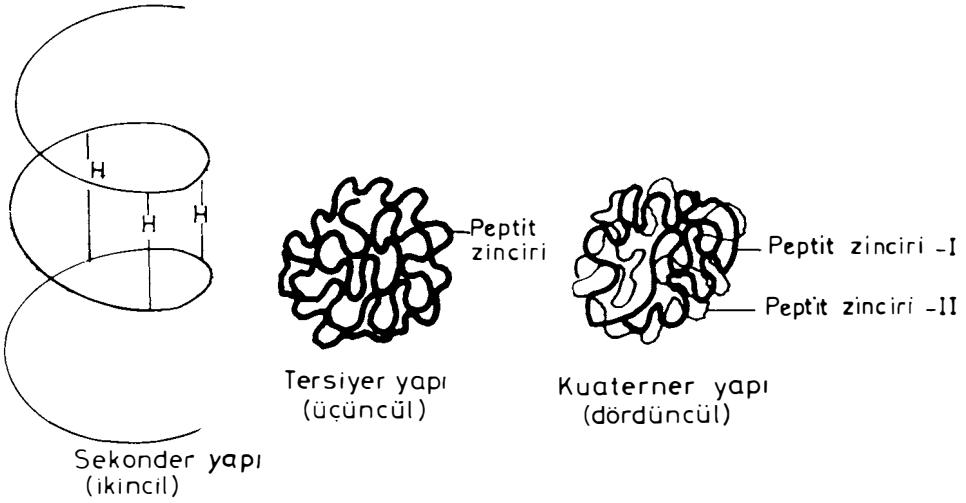
yordu. Yani moleküller arasındaki seçim başlamıştı. MILLER'in uzun süren denemelerinden de gösterildiği gibi ortamda belirli koşullar altında bazı karmaşık moleküllerin sentezlenmesi gerçekleşiyordu. Yani, aşağı yukarı bundan 4 milyar yıl önce, dünya denizleri, her çeşit karmaşık molekülle örtülmemişti, o günün koşullarında oluşabilecek organik moleküllerle örtülmüştü. Bu seçime tabi tutulmuş moleküller, bugün canlı bünyesinde sentez edilebilen ve canlıların yapısını oluşturan organik moleküllerin kendisinden başka birşey değildir. Diğer organik bileşiklerin bugün canlı bünyesinde bulunmaması, o gün bu moleküllerin sentezlenmesi için gerekli koşulların bulunmaması, oluşmuş ise, yaşam başlamadan yıkılmış olduğu ya da yaşamın başlamasını sağlayan faktörlerin bu molekülleri yıktığı varsayılmaktadır. Bir görüşe göre atmosferin bazı tabakalarında oluşan moleküller, yer yüzüne inerek, yerdeki moleküllerle bileşikler yapmış ve yaşam için özel bileşikleri ortaya çıkarmıştır. Sonuç: Dünya koşullarında, inorganik bazı basit moleküllerden çeşitli enerji kaynakları kullanmak suretiyle daha karmaşık organik moleküllerin sentezlenmesi ve bu moleküllerin de kendi aralarında bağlar yaparak polimerleri meydana getirmesi; ortaya çıkan çevre koşulları ile belirli moleküllerin sentezlenmesinde öncelik ve bugünkü canlıların temel taşlarını oluşturacak ve biriktirecek bir çevrenin yer yüzünde meydana gelmesi canlılığın ilk adımını oluşturmuştur.

2.4.2. ENZİMLERİN EVRİMDEKİ YERİ

Evreni oluşturan elementler birbirleriyle çok defa belirli koşullar altında tepkimeye girerler. Eğer bu tepkime koşulsuz olsaydı dünya üzerinde büyük bir kaos (kargaşalık) ortaya çıkacaktı. Şayet elementler birbirleriyle tepkimeye girmeselerdi hiçbir bileşiği elde edemeyecektik. Her iki durumda da bir gelişim beklenemezdi. Ortaya çıkan tepkimelerin hızı da değişiktir. Göresel olarak bazıları hızlı, bazıları yavaş meydana gelir. Bir saniye insan için çok kısa bir zamandır. Çünkü yaşamı boyunca milyonlarca saniyeyi görmektedir. Fakat bir tepkimenin oluşumu için de çok büyük bir zamandır. Çünkü bir saniyede milyonlarca tepkime ortaya çıkabilir.

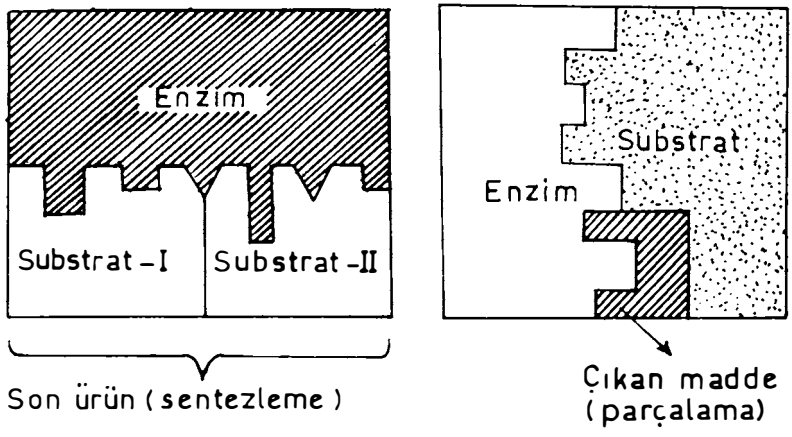
Bir canlının yaşamını sürdürebilmesi için birçok tepkimeyi çok kısa bir zaman süreci içerisinde tamamlaması gereklidir. Fakat çevre koşullarına ve iç koşullara zamanında uyum yapabilmesi için tepkimelerin hızlandırılması gereklidir. Bu hızlanma bazen doğal koşullar altındakinin milyonlarca misli kadar olabilir. Aynı zamanda tepkimeler meydana gelirken ortaya çıkan yan etkilerin, özellikle sıcaklığın, canlı bünyesinin dayanabileceği sınırlar içinde olması gereklidir. Örneğin bir tepkimeyi, tüpte ısıtmak suretiyle hızlandırmak olasıdır. Fakat canlı içerisinde bu sıcaklık ya sabittir ya da çok sınırlı aralıklar arasında meydana gelmek zorundadır. Çok daha özelleşmiş olarak, asidik ve bazik tepkimeler birbirinin içerisine girmiş durumda aynı ortamda ortaya çıkabilmelidir. 1967 yılında Alman MANFRED EIGEN biyolojik katalizörün tepkime hızını ölçerek Nobel ödülünü aldı. Bu çalışmanın sonucuna göre biyolojik katalizörler hücre içerisindeki tepkimeleri, doğadaki durumundan milyonlarca defa daha hızlandırmaktadır. Bu biyolojik katalizörler canlıların dört milyar yıldan beri kullandığı '**Enzimler**'dir.

Diğer kimyasal katalizörler gibi, tepkimeleri hızlandırır. Tepkimelerden değişmeden çıkar ve kullanılarak bitmez. Çok az miktarlarda etkendirler. Bu nedenle hücrelerde çok az molekülle temsil edilirler. Yapıları-büyük bir kısmı- protein yapısındadır (Şekil 2.11).

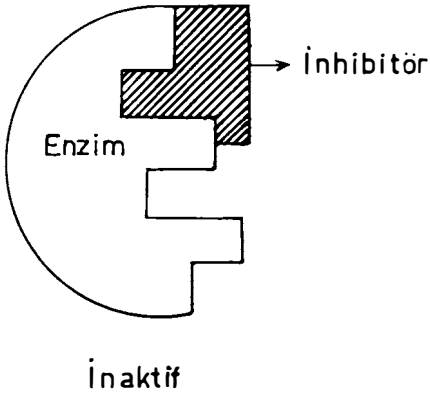


Şekil 2.11: Proteinlerin ikincil (sekonder), üçüncül (tersiyer) ve dördüncül (kuaterner) yapısı.

Bugün enzimlerin çalışma mekanizmaları büyük ölçüde açıklanmıştır. Kural olarak enzim etki edeceği maddenin (substratın) üzerine yığılır. Bu arada substratın belirli bir kısmı ile, enzimin etkin grubu arasında elektriksel bağlantı kurulur ve tepkime ortaya çıkar (Şekil 2.12 ve 2.13).



Şekil 2.12: Enzimlerin parçalama ve birleştirme tepkimeleri.



Şekil 2.13: Bin enzimin inhibe edilmesi.

Saniyenin milyonda bir kesrinde substratın dış yüzündeki elektrik zarfının konfigürasyonu değiştirilir ve ortamda bulunan diğer bir substratla saniyenin yüzbinlerde bir kesrinde tepkimeye girerek yeni bir maddenin oluşmasına neden olur. Enzim bu yeni oluşan maddenin yüzeyine artık uyum yapamaz.

Enzimler birbiri ardı sıra dizilmiş amino asit moleküllerinin basit bir dizisi değildir. Bu dizi kendi üzerine kıvrılmış, bir şişe temizleme fırçası gibi bükülmüştür. Uçlarda farklı yapıda amino asitler bulunur. Oluşturduğu elektrik yüküne göre belirli molekülleri çeker ya da iter. Enzimi oluşturan amino asitler belirli bir kurala göre birbirlerini çektiklerinden kuaterner yapı dediğimiz yumak şekli meydana gelir ve bu meydana gelen yumağın yine belirli yerlerinde 'aktif merkezler' oluşur. Bu merkezlerin oluşumunu, amino asitlerin dizilimi saptar. Dolayısıyla farklı enzimler farklı moleküllere veya kimyasal bağlara etki edebilir. Aynı zamanda bir enzimin sonlandırdığı tepkimenin ürünü diğer bir enzim için giriş maddesini oluşturur. Örneğin glikozun laktik aside dönmesi için en azından 11 enzim kullanılır.

Bilinen tüm enzimlerin protein kısmı (en azından 1000 enzimin) 20 çeşit amino asidin değişik şekilde dizilmesiyle ortaya çıkmıştır. Moleküler biyologlar özel etkileşimin ortaya çıkması için enzimlerin amino asitlerinin kodlanması gerektiğini savunmaktadırlar.

Bilindiği gibi çekirdek asitlerini (DNA, bazı virüslerde RNA) oluşturan 4 bazın üçlü dizilimi ile 64 çeşit şifre ortaya çıkmaktadır. Bu 64 şifre (triplet) 20 amino asidi kodlayarak her canlıya özgü protein yapısını sentezlemektedir. Her amino asit için bir şifre yeterli olduğu halde 64 şifre meydana gelmiştir (Şekil 11.7). Bunlardan 44'ü fazla görünmektedir. Fakat bu fazla şifrelerden (tripletlerden) 41'i yine bazı amino asitlerin ikili veya üçlü olarak kodlanmasını sağlamaktadır. Geri kalan 3 şifre ise başlama ve bitim noktalarını saptar. Çünkü çok uzun olan DNA zincirinin protein sentezi için başlama ve bitim noktaları saptanmazsa, sayısız çeşitte protein sentezlenmesi ortaya çıkar.

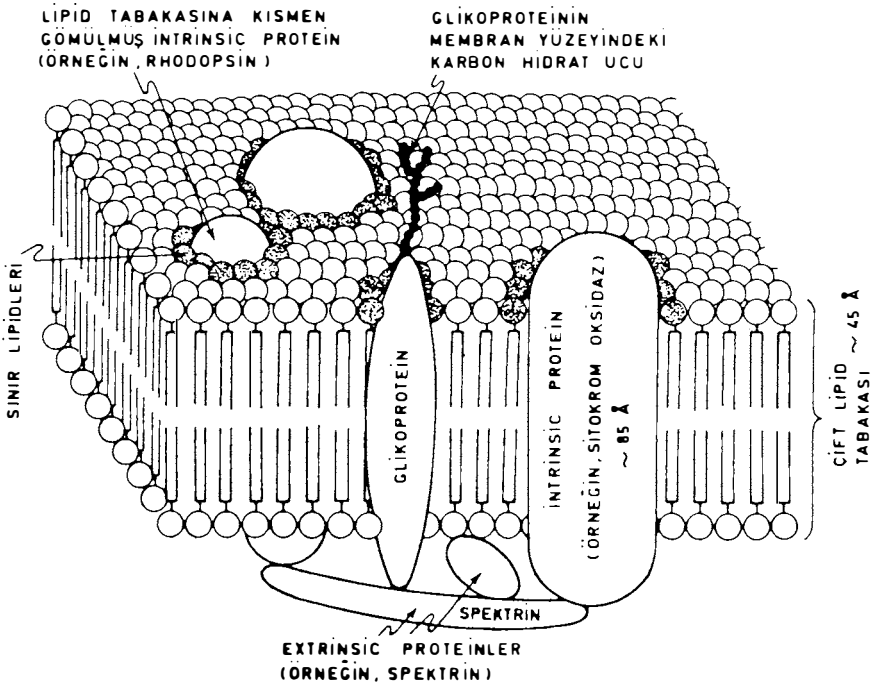
DNA'daki baz tripletler aracılığıyla proteinler ve enzimler sentezlenir. 20 çeşit amino asitten yapılmış 100 segmetli (amino asitli) bir enzimin göstereceği varyasyon düşünülemeyecek kadar büyüktür. Bu sayıda ve çeşitte amino asit taşıyan bir enzimin ortaya çıkarabileceği çeşitlilik 20^{100}'dür. Bu sayı tüm evrendeki atom sayısından (10^{80}) ve evrenin meydana gelişinden bugüne kadar geçen saniyelerden (10^{16}) daha fazladır. Bu ise bir canlının diğer canlıya benzeme (tıpa tıp) şansının hemen hemen olamayacağını kanıtlar.

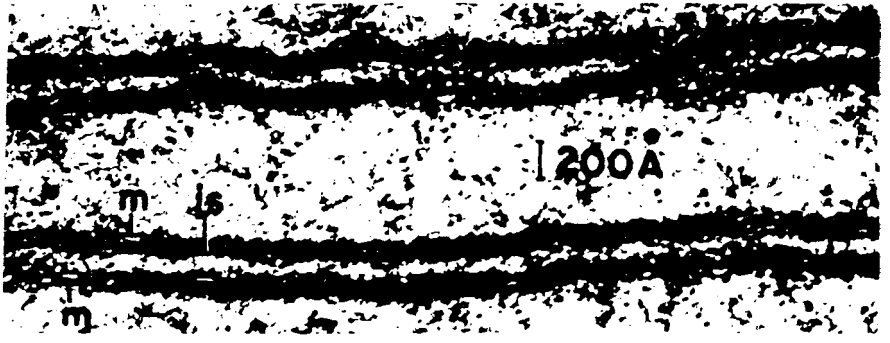
Çekirdekteki DNA, enzim sentezlenmesini yönetir. Fakat enzimler de DNA'nın sentezlenmesini katalizler. Çünkü çok büyük bir molekül olan DNA kendi başına sentezlenemez. İşte çekirdek asitleriyle enzimin oluşturduğu bu birim '**Yaşam**' olarak nitelendirilir. Canlı ile cansız arasındaki geçit veya sınır çekirdek asitleriyle enzimlerin beraberliğidir. İşte dünyanın ilk evrelerinde biriken organik moleküller içinde çekirdek asidi ve enzim benzeri olanların bir araya gelmesi, çoğalabilme yeteneğini, yani canlılığın ilk mayasını oluşturmuştur. Bazı bilim adamları enzimlerin vazifesini ilk olarak kil partiküllerinin yaptığını, DNA'nın daha sonra enzimi sentezlediğini savunmaktadırlar. Fakat her iki molekülün de inorganik olarak meydana gelip, karşılaşması ve aralarında yaşamın ilk filizlerinin yeşermesi olasıdır. Belki yaşam sadece belirli bir dizilime sahip tek bir molekül ve enzimin ürünü değildir. Benzer birçok çekirdek asidi molekülü ve değişik enzimlerin ortaya çıkarabileceği bir gelişimdir. Fakat doğal seçmeyle, çevrede yığılmış organik madde birikimini en iyi şekilde özümleyebilen bileşim veya birlik bugünkü canlıların atasını oluşturmuş, diğerleri ortadan kalkmış ya da belirli kaynaşmalar ile politipik (çok köklü) bir yapı kazanmıştır. DNA'nın o günkü koşullar altında inorganik olarak sentezlenebileceği ve keza enzimlerin de aynı şekilde meydana getirilebileceği kabul edilmektedir. İki molekülün meydana getireceği birlik canlılığı oluşturacaktır. Daha sonra DNA enzimlerin sentezlenmesini yönetecek, enzimler de DNA'nın sentezlenmesini katalizleyecektir. Bundan sonraki en büyük aşama oluşan bu çekirdek asidi-enzim birliğinin çevre koşullarından kısmen yalıtılmasıdır. Yani bir çeşit hücre zarının oluşumudur.

2.4.3. HÜCRE ZARININ OLUŞUMU
(= Koaservatlar ve Proteinoid Mikrosfer Oluşumları)

Hücre zarının (Şekil 2.14) ortaya çıkması birden bire olmamıştır. Kademe kademe gelişerek bugünkü düzeyine ulaşmıştır. Çevre koşullarından canlılığın mayasını yalıttığı için ve seçici özelliğinden dolayı evrimde çok önemli bir kademe olarak kabul edilir (Şekil 2.15).

Amino asitler ve onların oluşturduğu protein zincirleri belirli bir elektirik yüküne sahiptir. Su içerisinde çözüldüklerinde çökmeyecek kadar küçük, yüzeye çıkmayacak kadar büyük moleküler sınır içerisinde bulunurlar. Bu tip çözeltilere kolloit çözeltiler denir. Moleküller, çözücü sıvı içerisinde, yani su içerisinde asılı vaziyette dururlar. Laboratuvarda protein-su karışımı ile bu kolloitleri elde etmek olasıdır. Belirli

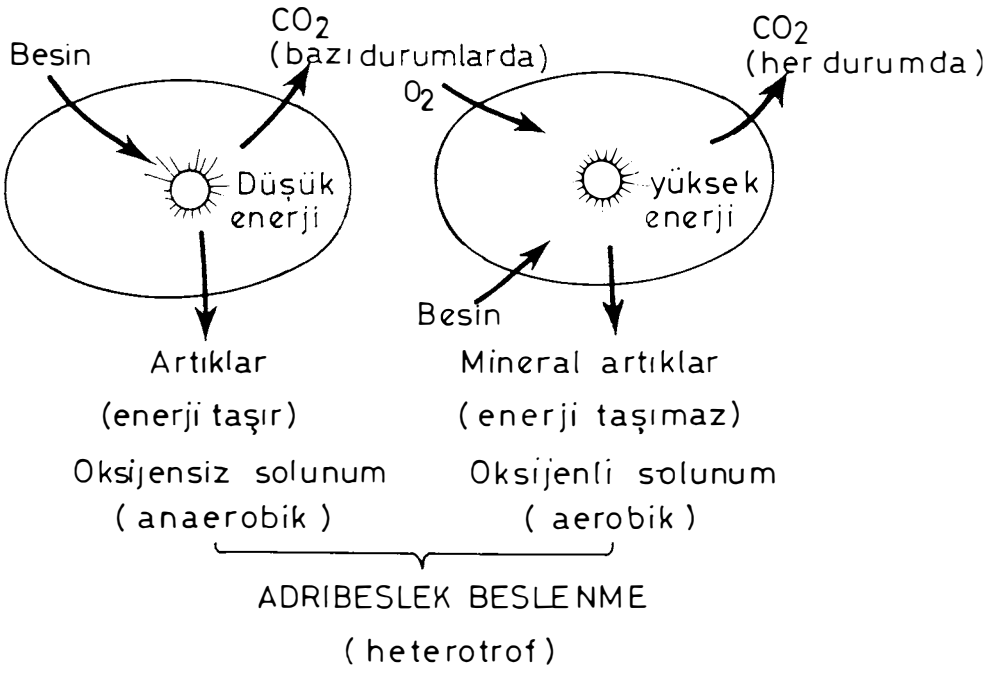




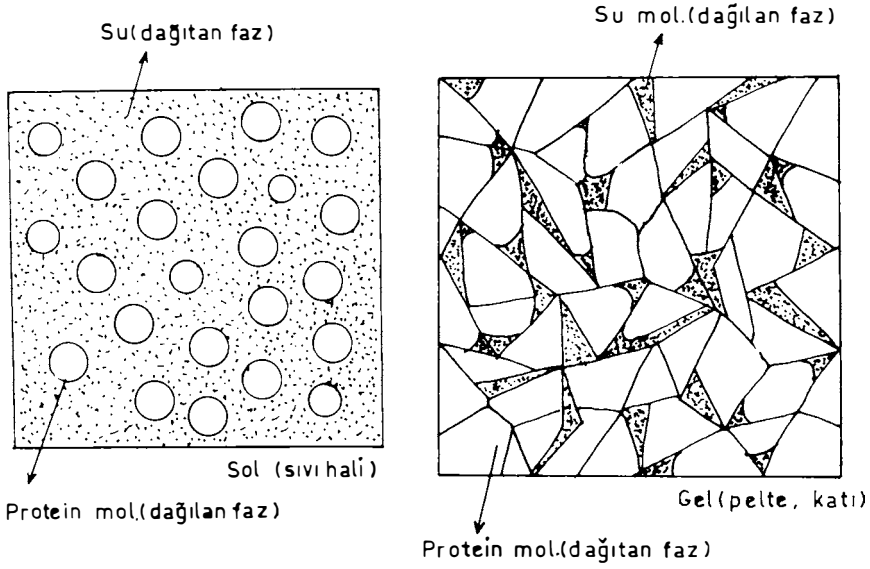
Şekil 2.14: a) Üstte zar birimi (A. Noyan'dan), b) Bağırsak hücresinde zar biriminin elektron mikrosko. bunda görünüşü. m. Hücre arası boşluk (Villee'den).

fiziksel ve kimyasal koşullar altında protein molekülleri (Şekil 2.16) asılı durumda dururlar (sol fazı). OPARİN'e göre bu koaservatlar canlı hücrenin öncüleridir. Bazı koaservatlar bu protein moleküllerinin yanı sıra şeker, yağ asidi, gliserol ve çekirdek asidi polimerlerini çevredeki et suyu çorbasından alarak yapılarına katabilirler. OPARİN'e göre bu koaservatların dış yüzü, hücre zarı gibi, canlılığın ilk mayasını örtmüştür. Protein ve diğer maddelerle kaynaşmış bu zar su içerisinde erimiş, çözülmüş madde-

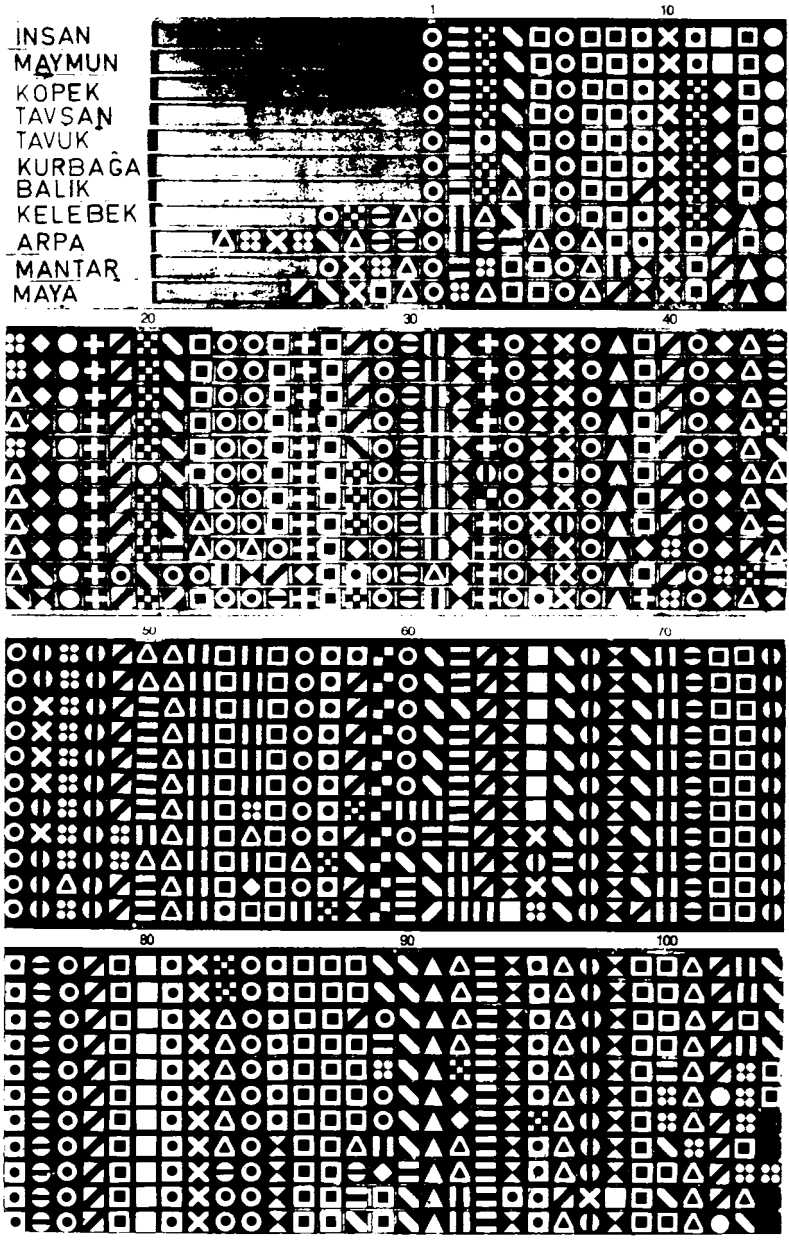
lere karşı seçici bir özellik kazanmıştır. Laboratuvarda da kanıtlandığı gibi bu yapılıştaki zarlar yarı geçirimli ve seçici özellik kazanır. İçerisinde madde değişiminin yapıldığı bu zarlı yapıya '**İlkel Hücre**' denir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15: İki tip adrıbeslenme şekli.



Şekil 2.16: Kolloitlerin sol-gel özelliği.



Şekil 2.17: Sitokrom C'nin 11 farklı türde (insandan bira mayasına) yapısının şematik olarak verilmesi. Sitokrom C özel dizilimi olan bir proteindir ve hücrenin iç oksijen taşınmasında vazgeçilmez ödev gören bir organik bileşiktir. Her protein gibi 20 çeşit amino asitten yapılmıştır. Her amino asit tablomuzda farklı bir geometrik figürle gösterilmiştir. Akrabalık bağlarının yakın ve uzaklığına göre amino asitlerin dizilişinde farklılıklar olduğu açıkça görülmektedir. Örneğin *Rhesus* maymunu ile bir amino asidimizin yeri farklı olmasına karşın (58. sırada), köpekle olan amino asit dizilim farkı 11'dir. Bu, bira mayasından insana kadar olan akrabalığın bir rastlantıyla değil belirli bir evrimle olduğunun kanıtıdır (Dittfurth'dan)

Miami Üniversitesinde, SIDNEY FOX, değişik bir yöntemle hücre zarına benzeyen bir yapı elde etti. Bu araştırıcıya göre koaservatlar dayanıklı yapılar değildi. FOX kuru amino asitleri tüp içerisinde ısıtmak suretiyle bir çeşit hücre zarı gibi bir yapı elde etti ve buna '**Proteinoid Mikrosfer**' adını verdi. Bu yapı canlı yapıya daha çok benziyordu ve koaservatlardan daha dayanıklıydı. FOX, keza bu mikrosferin dışarıdan absorbsiyonla amino asit alarak büyüdüğünü ve belirli bir büyüklüğe ulaşınca bölündüğünü gözledi. Bu bölünme bir çeşit dallanma şeklindeydi. Keza çevreden alınan çekirdek asitlerinin bu mikrosfer içinde proteinlerle birleşerek, proteinleri sentezleyen ribozomları oluşturduğunu da gözledi. Daha sonra FOX ve JUNGK, ribozomlardan DNA ve RNA'ların ilkel öncülerinin nasıl oluştuğunu gösterdiler.

Yukarıda değinilen her iki durumda da çekirdeksiz ve organelsiz, protein ve nukleik asitlerle dolmuş kese şeklinde bir yapı ortaya çıkar. Etrafını çeviren zar, çevrenin zararlı etkilerinden çekirdek asidi-enzim birliğini korurken, bu birliğin oluşturacağı replikasyon için dışarıdan daha küçük moleküllerin içeriye girmesine de izin verir. Bu yarıgeçirgen zar daha sonraki üç milyar yıl içinde değişime uğramıştır. Özellikle zarın sağlamlaştırılması ve yüzey geriliminin azaltılması için, değişik yağ moleküllerinin yapıya katılması zarın önemini büyük ölçüde artırmıştır.

Çekirdek asidi-protein birliği ve ilkel zar, özünde bir çeşit virüs yapısıdır. Bugün virüsler yalnız canlı hücrelerde üremektedirler. Fakat o zaman, bugünkü canlı bünyesinde bulunan birçok organik madde ilkin hücrenin etrafındaki et suyu çorbasında bulunmaktaydı. Bu nedenle diğer bir canlıya gereksinme olmadan çoğalabiliyorlardı. Bu yolla birikmiş tüm organik maddeler tüketilecek ve yalnız sentezleme yeteneğini kazanmış (bitkiler gibi inorganik maddelerden organik maddeleri sentezleyen veya belirli organik maddelerden daha değişik organik molekülleri sentezleyebilen hayvansal canlılar gibi) organizmalar yaşamlarına devam edebileceklerdir.

Çekirdek asitlerinin mi yoksa proteinlerin mi önce oluştuğuna dair kesin bir bilgimiz yoktur. Genel kanı ilkel hücrede her iki molekül çeşidinin de beraber bulunduğu yolundadır. Bu şekilde milyarlarca veya trilyonlarca çekirdek asidi-protein, hatta ilkel zar kombinasyonu meydana gelmekle beraber, bunlardan yalnız bazıları belki bir tanesi kendini çoğaltma yeteneğini kazanmış ve devam ettirebilmiştir; en azından doğal seçmeyle bu birliklerden pek azı hayatta kalabilmiş ve bugünkü canlı varlıkların ana yapısını oluşturmuştur. İlk canlı mayanın ortaya çıkması ile hücreli yapıya geçiş arasındaki zaman milyonlarca, belki de milyarlarca yılın ürünü olmuştur.

2.4.4. MOLEKÜLER YARATILIŞTA TESADÜF OLASILIĞI

Bugün en iyi incelenen enzimlerden biri, tüm hayvanlarda (keza bitkilerde) oksijeni hücre dışından hücre içine taşıyan sitokrom-c enzimidir. Hemen hemen tüm hayvanlarda (Şekil 2.17)'de görüldüğü gibi, birkaç ayrıcasını (bazı hayvanlarda 104 amino asitten daha fazladır) gözönüne almazsak, 104 amino asitten meydana gelmiştir. 20 amino asidin dizilimi 20^{104}'lü bir kombinasyon verir. Fakat şekilde verildiği gibi 11 canlı türünde sitokrom-c'nin karşılaştırılması yapılmış ve amino asitlerin dizili-

mindeki farklılıklar gösterilmiştir. İnsandan, hamur mayasına kadar değişik gruplardan verilen örnekler, evrimsel açıdan ilginç bir bağlantı göstermektedir. Akrabalık derecelerine göre sitokromların amino asitlerinde değişiklikler görülmektedir. Örneğin maymunun sitokrom-c'si (RHESUS maymunu) insanınkinden ancak bir yerde amino asidinin değişik olmasıyla ayrılır. İnsanla köpek arasındaki fark 11 amino asidin bulunuş yerlerindeki farktır. En büyük fark ise insan ile hamur mayasının arasındaki farktır (bu tabloda). Bu kadar büyük olasılıkların içerisinde farklı türlerin pek az amino asit ile birbirinden farklı olması basit bir rastlantı ile açıklanamaz. Bu, tüm canlıların aynı kökenden geldiğini ve zamanla dallanarak değişik türleri ortaya çıkardığını kanıtlar. Protein sentezinde de aynı genetik kodların kullanılması bu birliğin bir sembolüdür. Çünkü aynı amino asitler ayni genetik kodlarla şifrelenir.

Sitokrom-c'nin aktif merkezlerinde meydana gelecek bir mutasyon, o hücrenin ölümüne neden olur ve dolayısıyla gelecek döllere aktarılamaz. Enzimin diğer kısımlarını oluşturan amino asitlerde meydana gelecek değişiklikler, eğer enzimin tersiyer yapısını büyük ölçüde değiştirmiyorsa, kalıtsal olabilir. Bir de amino asitlerin bazıları bu tersiyer yapının oluşumunda aynı etkiye sahiptirler. Bu nedenle bu tip amino asitler arasındaki değişimler ölüme neden olmaz. Prof. DAYHOFF'un bilgisayarla yaptığı araştırmalarda bu mutasyonların zamana göre hızı hesaplanarak bir evrimsel saat yapılmaya çalışılmıştır. Buna göre birbirine en yakın türler en az amino asit farklılıklarıyla ayrılırlar ve zaman olarak da daha yakın bir ataya sahiptirler. Amino asit farkları çoğaldıkça, dolayısıyla mutasyonların sayısı çoğaldıkça, ortak ataların zamansal çakışma noktaları gerilere doğru uzanmaktadır. Bu durumda insanın en yakın atası maymununkiyle, en uzak atası (tabloya göre) hamur mayası ile çakışmaktadır.

Bayan DAYHOFF'un bilgisayarla yaptığı karmaşık hesaplar sonucu, bu amino asitler arasındaki farklılaşmanın zamansal eşdeğeri saptanmıştır. Buna göre insanlar tavuklar ile 280, amfibilerle 490 ve diğer tüm canlılar ile 750 milyon yıl önce ortak bir ataya sahiptir. Bu tam anlamıyla açıklanabilirse, evrimsel bir takvimin yapılması çok zor olmayacaktır. Utopik bir görüşe göre bu takvim bize geçmişteki enzimlerin ve canlı proteinlerinin tekrar sentezlenmesini olası kılacaktır. Yani jeolojik devirlerdeki dölü tükenmiş hayvanların tekrar yaratılmasına olanak tanıyacaktır.

Özünde bir sitokrom-c'nin dizilimini oluşturmak için olasılık sıfır denecek kadar azdır. Yani canlılık eğer belirli bir dizilimi gerektiriyorsa, bu tüm evrende bir defa oluşacak kadar az olasılığa sahiptir denebilir. Ya da oluşumunda bizim tanımlayamayacağımız doğaüstü güçler görev yapmıştır. Bu sonuncusunu kabul etmek bilimsel amaca uygun değildir. O zaman birinci varsayımı irdelemek gerekir. Sitokrom-c'nin belirli bir amino asit dizilimini sağlamak, bir maymunun daktiloda hiç yanlış yapmadan insanlık tarihini yazma olasılığı kadar azdır (maymunun rastgele tuşlara bastığını kabul ederek). Bu durumda enzimlerin çok daha kısa molekül olarak ortaya çıktığını ve ancak belirli amino asitlerin belirli yerlerde bulunma zorunluluğunun olduğunu varsayarız. Yani bir enzim bir molekül canlılığın temelini oluşturmuştur. Daha sonra enzim molekülleri gelişmeye başlamıştır. Değişim mutasyonlarla ve belki de bazı

eklenmeler ile ortaya çıkmıştır. Fakat enzimin aktif merkezlerinde meydana gelecek mutasyonlar (enzim yaşamsal öneme sahipse) o canlının, en azından o hücrenin ölümüne neden olacaktır. Dolayısıyla aktif merkezlerde bir mutasyonun meydana gelme ve yaşama şansı yok gibidir. Bu nedenle değişik canlı gruplarında bulunan aynı tür enzimlerin (sitokrom-c gibi) aktif grupları hemen hemen aynıdır. Örneğin sitokrom-c'nin hem grubu taşıması gibi (!). Bugün enzimlerin aktif grupları arasında (aynı tip enzimlerde) bir birliğin olması bu nedendendir. Buna karşın tersiyer yapıyı sağlayan protein grubunda mutasyonlar meydana gelir ve tersiyer yapı bozulmadığı sürece aktifliğini devam ettirir. Aynı bağ yapısına sahip amino asitlerin değişimi bu yapıyı bozmayacaktır. Nitekim enzimlerin karşılıklı karşılaştırılması gerçekte tersiyer yapının bozulmadan amino asit değişimi yaptığını göstermektedir.

DNA'nın oluşumunda bu enzim birliği bir amaca yönelik olmayan nukleotit sentezlenmesini gerçekleştirmiştir. Nitekim DNA-polimeraz enzimi, ister yapay olsun ister doğal olsun her çeşit nukleotit dizisinin replikasyonunu (kendini çoğaltmasını) sağlamaktadır. Bu nedenle bir çoğalma işleminin oluşabilmesi için belirli bir dizilimin olmasına ve doğaüstü bir olasılığın olmasına gerek yoktur. Yapay olarak sentezlenmiş nukleotit dizileri (yani bir çeşit DNA zinciri), DNA-polimeraz enzimi ile çoğaltılmaktadır (kendi kendine). Bu nedenle bir zamanlar dünya koşullarında oluşmuş DNA zinciri (herhangi bir dizilimde olabilir) ve enzim birliği bir yaşamın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yalnız bu DNA bir gene ve kullanılan enzim de DNA-polimeraza denktir. Yani '**bir enzim bir gen**' yaratılışı sözkonusudur. Oluşan DNA birçok değişik dizilimde meydana gelmiştir ve herbiri bir yaşam ünitesini meydana getirmiştir. Bu düzeyde bir seçme yaşam birimleri üzerinde etkin olmaya başlamıştır ve en başarılı olan kendi bileşimini gelecek döllere aktarmayı başarmıştır. Bu durumda canlılığın kökenini sihirli bir nukleotit dizilimine bağlamak sakıncalı ve yanlıştır. Yaşam, birçok dizilimin içerisinde en başarılı olanı olarak ortaya çıkmıştır. Fakat evrendeki daha değişik koşullarda başka tip dizilimlerin daha başarılı olabileceği de kaçınılmazdır. Yani canlılık belirli sınırlar içinde oluşan değişik bileşimlerdeki DNA ve enzim birliğinin ortaya çıkardığı kimyasal bir üretimin kendisidir.

Çok değişik yaşam formlarının ortaya çıktığı ilk zamana geri döndüğümüzde, tekrar aynı koşullarda bugüne dek yeni bir evrimi başlatırsak, şu anda dünyada bulunan canlıların tekrar oluşma şansı yok denecek kadar azdır. Çünkü belirli amino asitlerin dizilim şansı bir daha oluşamayacak kadar azdır. Dolayısıyla daha değişik bir evrim çizgisi 'şansa' bağlı olarak, ama doğal seçimin güçlü etkisi altında, belirli sınırlar içinde daha değişik biçimde gelişecektir. Sonuçta bizim bugün gözlediğimiz canlı çeşitlerinin aynısı hiçbir zaman meydana gelmeyecektir. Yani evrimin getirdiği çeşitlilik şansla-çevre koşullarının ortaklaşa oluşturdukları bir yapıdır. Düzgün bir tepeden akan sel gibidir, hangi yöne akarsa o yatağı derinleştirir ve her yöne akma şansı aynıdır; fakat aşağı doğru akmasını sağlayan çevre koşulunun kendisidir. Hedef çevre koşulu tarafından işaret edilir, yol şansla saptanır.

2.5. CANLILIĞIN ÖZELLİKLERİ

Dünyanın ilk devirlerinde biriken prebiyotik yığıntılar ile cansızlar arasında kesin bir sınır yoktur. Daha sonra 'bu canlıdır' damgasını vurabileceğimiz bir takım özellikler kazanılmıştır. Bugün dahi bazı grupların canlı ve cansızlar arasında geçit olarak kabul edilmesi, canlılık özelliklerinin tam olarak belirgin olmamasından ileri gelmektedir. Büyük ve gelişmiş formlarda bu ayırım kolay olmasına karşın, küçük bazı mikroskopik gruplarda oldukça zordur. Canlılığın başlıca özelliklerini aşağıdaki gruplar halinde toplayabiliriz.

2.5.1. ÖZEL BİR KİMYASAL DİZİLİME SAHİP OLMALARI

Cansızlar, kimyasal bağların izin verdiği ölçüler içerisinde bir bileşime sahiptirler. Canlılar ise bu kimyasal bağların dizilimini özel bir şekilde saptarlar. Tüm canlılar genleri oluşturan çekirdek asitlerini- genellikle DNA (bazı virüslerde RNA) - içerirler. Gensiz bir canlılık düşünemeyiz. Çünkü genler değişik yaşam formlarının sentez ve replikasyonundan (eşlemesinden) sorumludur. Tüm genler aynı birimlerden; fakat değişik dizilimlerden oluşmuştur. Dolayısıyla tüm canlıların yapısına giren protein, bu genlerin yapısal değişikliğine uygun olarak her hücrede farklı amino asit dizilimine sahip olurlar. İlave olarak karbonhidrat, yağ ve su içerirler. Tüm bu maddelerin özel karışımı protoplazmayı meydana getirir.

2.5.2. HÜCRESEL DİZİLİM

Canlıların büyük bir kısmı (kural olarak çok hücreliler) hücre olarak bilinen birimlerden yapılmıştır. Her hücre çok ince bir zarla (plazma zarı) çevrilmiştir. Bu zar çözünmüş maddelerin ve suyun hücre içerisine girip çıkmasına izin verir. Her iki yönde de geçirim bakımından çok özelleşmiş seçici bir yeteneği vardır. Hücre birçok kimyasal değişimin yapılabilmesi için değişik enzimler üretir ve en önemlisi yalnız başına kendinin aynını üretebilecek yeteneğe sahiptir.

2.5.3. BÜYÜME

Çevresindeki anorganik (ham) maddeleri kendi protoplazma yapısına çevirme, büyüme olarak bilinir. Çok hücreli hayvanlarda genellikle bir büyüme evresi vardır. Bu evrede büyüme hızlıdır. Daha sonraki evre olgunluk evresidir; büyüme yoktur; fakat protoplazmanın yenilenmesi için devamlı besin yadımlaması (asimilasyonu) vardır. Protoplazma, metabolik tepkimeler sonucu devamlı olarak yıkılır; eğer yaşam devam edecekse bu protoplazmanın yenilenmesi gerekir. Birhücrelilerde büyüme çoğalma ile sonuçlanmasına karşın; çok hücrelilerde vücudun gelişmesini ve irileşmesini sağlar.

Yaşlılık evresinde protoplazmanın yenilenmesi gittikçe azalır; hücre yavaş yavaş işlevini yitirir; ilerlemiş ve yaygınlaşmış durumlarda birey yaşamını yitirir. Bu bozulma herhangi bir yaşta, yeterince besin alınmadığında veya nitelik bakımından doyurucu olmadığında da ortaya çıkabilir. Yenilenmenin kusursuz olması protoplaz-

manın içerdiği maddelerin eksiksiz olmasıyla sağlanabilir. Büyüme her türde kalıtsal yapıyla sınırlandırılmıştır. Bunun alt ve üst sınırı çevre koşullarıyla -reaksiyon normu- belirlenmiştir. Hayvanlarda sınırlı büyüme olmasına karşın, bitkilerin büyük bir kısmında sınırsız büyüme olduğu varsayılır (bazı çınar türlerinin 3.000 sene yaşaması buna örnek olarak gösterilebilir).

2.5.4. ENERJİ KULLANIMI

Canlılığın en önemli ögelerinden biri de enerjiye olan gereksinimleridir. Hücre kendi başına enerji üretemez; dışarıdan kaynak sağlamak zorundadır. Hayvanlar enerji bağları içeren molekülleri yıkmak suretiyle kendine gerekli enerjiyi sağlarlar (karbonhidrat, yağ ve proteinlerden). Bir moleküldeki enerjinin tümünü kullanma oksijen kullanmakla olur; yani tamamiyle oksitlenmelidir (aerobik solunum = oksijenli solunum). İlkel canlıların bir kısmı (bazı mikroorganizmalar, özellikle mayalar) ve bazı endoparazitler (bağırsak solucanları gibi) bu kaynak maddeleri oksijensiz olarak yıktığı için enerjinin pek az bir kısmından yararlanabilir (anaerobik solunum = oksijensiz solunum). Pek az bir organizma grubu da bazı inorganik bağları yıkmak suretiyle enerji elde ederler; azot, demir ve kükürt bakterileri bunlara tipik örneklerdir. Dünyada serbest oksijenin olmadığı devirlerde, canlılar enerjilerini bu yollarla sağlıyorlardı. Bitkiler ise (saprofit ve parazit olanların bir kısmı hariç) enerji kaynağı olarak güneş ışınlarını kullanırlar. Güneş ışınlarının kuantlarındaki enerjiyi kimyasal bağlar halinde (nişasta) tutarlar ve bu kimyasal bağlar tüm adrıbeslek (heterotrof) canlıların enerji kaynağını ve yapı maddelerini oluşturur. İlk evrelerde (bitkiler oluşmadan önce) enerji kaynağı olarak UV ışınlarının katalizlediği bazı ilkin organik moleküller kullanılmıştır. Ozon perdesi oluştuktan sonra bu kaynak büyük ölçüde kurumuştur.

2.5.5. ÇEVREYE UYUM.

Canlılar kural olarak yaşadığı ortamın koşullarına uyum yapabilecek yeteneğe sahiptirler. Bu durum "**Homeostatik Tepki**" olarak bilinir. Değişik koşulların bulunduğu ortamda en uygun yeri seçmeye çalışır; şayet tam anlamıyla uygun ortam bulamazsa, yapısal değişikliklerle (mutasyonların yardımıyla) bu uyum sağlanmaya çalışılır. Günlük uyumlardan binlercesini farkında olmadan yaparız. Örneğin gözün karanlık ve aydınlıkta uyum yapması gibi. Çevre koşullarının değişmesi canlı bünyesine en az etki bırakacak şekilde iletilmeye çalışılır (özellikle sıcakkanlılarda); örneğin çölde ve kutuplarda insan kanı her zaman aynı derecededir. Canlı, uyum yapabildiği oranda ayakta kalabilme şansına sahiptir. Bu oran ise kalıtsal yapı ile saptanmıştır. Bu sınırların dışındaki uyumlar ancak mutasyonlarla sağlanabilir.

2.5.6. ÜREME

Hiçbir canlı sonsuz olarak yaşamını devam ettiremez. Herhangi bir şekilde üremeyle kalıtsal materyal döllere aktarılır. Birhücrelilerde bölünme aynı zamanda çoğalmayı sağlamasına karşın, çok hücrelilerde üreme belirli vücut kısımlarına özgü bir yetenek olarak ortaya çıkmıştır. Bazı canlı gruplarında gen değişimi olmaksızın (eşeysiz) üreme görülmesine karşın (birhücrelilerde mitoz bölünme; çok hücrelilerde

tomurcuklanma, dallanma, partenogenez çoğalma, paedogenez; bitkilerde çeliklenme vs.) kural olarak eşeyli üreme çok daha sıktır. Bu şekilde değişik gen kombinasyonları ortaya çıkarak daha başarılı döllerin meydana gelmesini sağlar. Bu, evrim mekanizmasının en önemli ögelerinden biridir.

2.5.7. EVRİMSEL UYUM VE VARYASYONLARIN KALITIMI

Tüm canlılar genlere sahiptir ve genlerin tümü de mutasyonlarla değişebilir. Bu, aynı türün farklı bireylerinin kalıtsal olarak değişmesini sağlar. Dolayısıyla o anda faydalı olan mutasyonları taşıyan bireyler seçilir, zararlı olanlar uyum yapamadığı için ortadan kaldırılır ve evrimsel bir yönlendirme ortaya çıkar. Bu, zamanla türün değişmesine neden olur; özellikle çevre koşulları değiştiği zaman. Kalıtsal uyumlar meydana gelmeseydi, hiçbir tür sürekli olarak yaşamını sürdüremeyecekti; çünkü, çevre koşulları devamlı olarak değişmektedir.

2.5.8. HAREKET

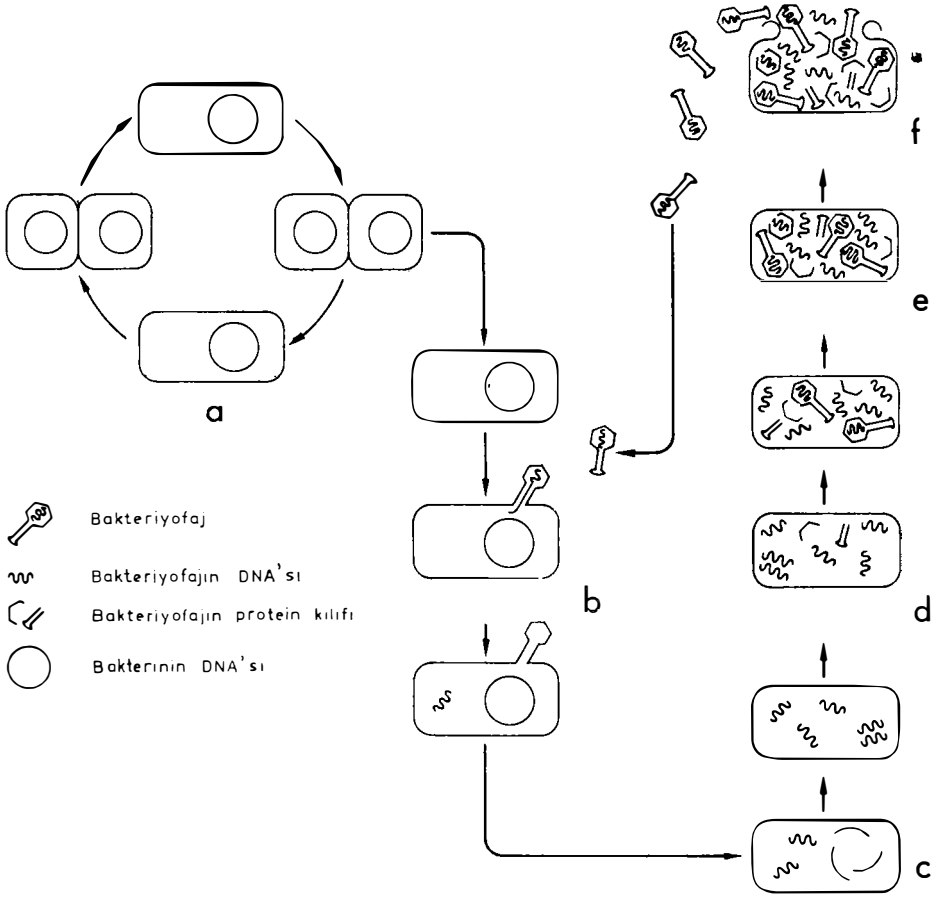
Her canlı çevre koşullarının içerisinde en rahat edebileceği bir bölgeyi arar. Bu nedenle kendi kendine (içten) bir hareket sağlanır. Birçok canlı tüm yaşamı süresince belirli bir yere bağlı kalmasına karşın, vücudunun değişik kısımlarının çevre koşullarına göre değişimi de hareket olarak kabul edilir. Örneğin, bitkilerde ışığa (fototropizm), yerçekimine (geotropizm), neme (higrotropizm) vs.'ye yönelim bir hareket kavramı içerisinde değerlendirilir. Daha gelişmiş canlılarda, hareket, özel bir organizasyonu gerektirecek şekilde gelişim göstermiştir.

2.6. VİRÜSLER

Kelime anlamı Latince zehir ya da zehirli sıvı demektir. 1892 yılında IVANOWSKY tarafından ilk defa tütün mozaik hastalığında bulunmuştur. Hastalıklı yerlerin özsuyu bir filtreden geçirilince bakteri ve diğer mikroorganizmalar tutulmuştur. Fakat virüsler küçük olduklarından bu filtreden geçerek hastalık yapmaya devam etmişlerdir. Başlangıçta bunların çok küçük mikroorganizmalar olduğu tahmin edilmişti. Daha sonra elektron mikroskobu ile yapılan ayrıntılı çalışmalarda bunların yapı olarak çok değişik olduğu ve yalnız hücre içerisinde parazit olarak yaşadığı (!) saptanmıştır. Fakat alkol içerisinde hastalık yapma gücünü yitirmeden uzun zaman kalabiliyordu ve uygun olmayan koşullarda tüm canlılık işlevlerini durdurarak bir çeşit cansız yapı özelliğini kazanıyordu. Diğer tüm canlılar en az minimum düzeyde canlılık işlevlerini devam ettirmek zorundadır. 1935 yılında STANLEY, virüslerin işlevlerini tümüyle yitirerek büyük protein kristalleri haline geçtiğini buldu. İlk evrelerde virüslerin sadece protein molekülleri olduğu varsayılmakla beraber, daha sonra çok az miktarlarda çekirdek asitleri de taşıdığı bulundu. 1915 yılında TWORT ve HERELLE ilk defa bakterilerde hastalık yapan bakteriyofaj virüslerini buldular ve bakteri yiyen bu virüsleri ayrı bir alt grup altında topladılar. 1940'dan beri fajlar, virüs araştırmalarının en büyük ve önemli objesi olarak kullanılmaya başlandı. Çünkü laboratuvarlarda bitki ve hayvanlardakine göre çok daha iyi gözlenebiliyordu ve kontrol edilebiliyordu. Son zamanlarda labora-

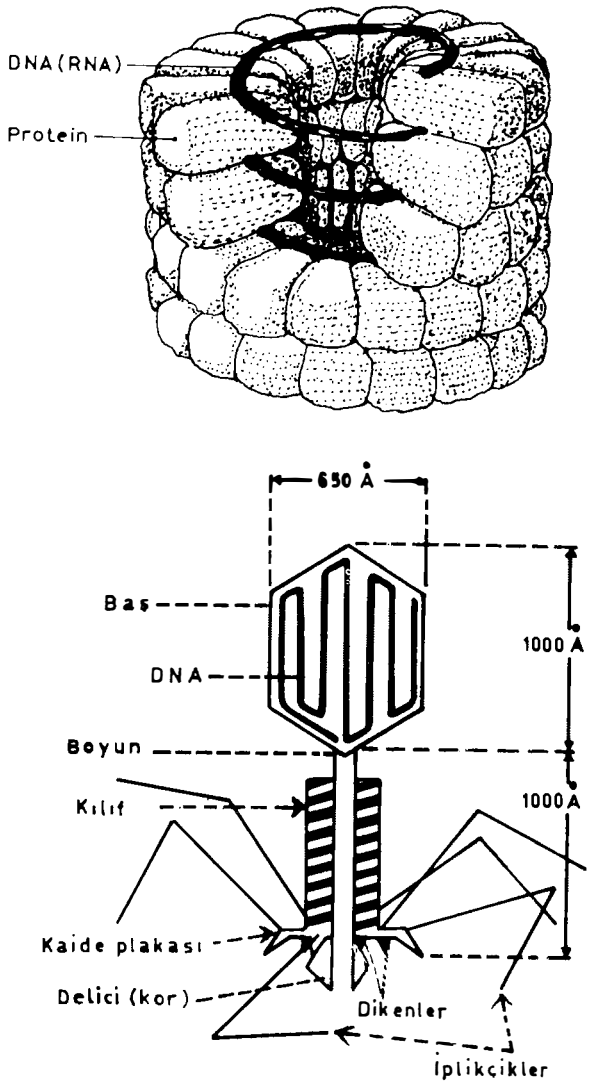
tuvarlarda yapılmaya başlanan doku kültürleri ile de diğer virüslerin incelenmesi sağlanmıştır. Bugün bakteriyofajların yaşam öyküleri diğerlerine göre çok daha iyi bilindiği için vereceğimiz örnekler daha çok bunlara ait olacaktır.

Bir bakteri kültürüne eklenen virüslü sıvı, bakteri ve virüsün yapısına, aynı zamanda çevre koşullarına bağlı olarak 15-60 dakika sonra bakteriyi liziz eder ve birçok yeni virüs serbest hale geçer. Birkaç saat içerisinde tüm bakteri populasyonu ortadan kalkar (Şekil 2.18).



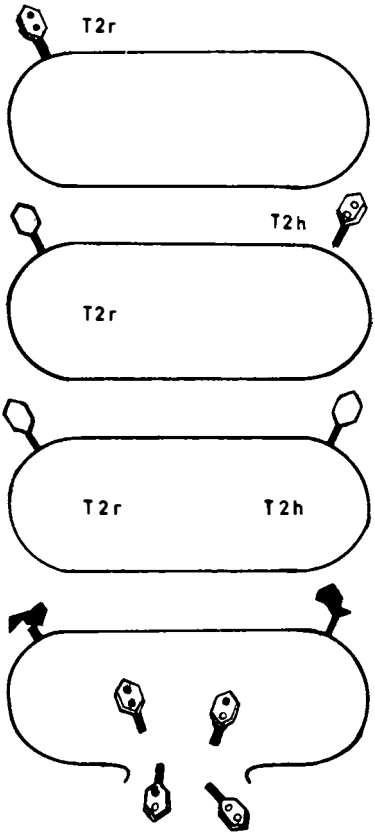
Şekil 2.18: Bakteriyofajların yaşam devresi. Virüs DNA'sı sağlıklı bakteriye girdikten sonra, konukçunun DNA sentezini kontrolü altına alarak, kendi DNA'sını sentezletmeyi sağlar. Sonuçta oluşan virüs DNA'ları hücre veya bakteri içerığini kullanarak yeni bir sürü virüsün meydana gelmesine neden olur.

a) Normal bakterinin bölünme çemberi,
b) Bakteriyofaj, sağlıklı bakteri hücresine bağlanıyor,
c) Bakteriyofaj, konukçunun metabolik işlevlerini kontrolü altına alıyor. Konukçu hücrenin DNA'sı kayboluyor ve yeni virüs DNA'ları sentezleniyor,
d) Yeni virüs proteinleri sentezleniyor,
e) Yeni bakteriyofajlar kısmen tamamlanmış durumda,
f) Konukçu hücre liziz oluyor ve parçalanıyor. Yeni virüsler serbest hale geçiyor (Life'dan).



Şekil 2.19: T_2 Fajının şematik görünümü.

Tipik bir fajın 50-100 mμ arasında çok yüzeyli (polihedral) bir başı ve bu başa bağlı çok ince bir sap kısmı vardır (Şekil 2.19). Başın dış kısmı protein kılıftır; iç kısmında ise çekirdek asidi (genellikle DNA) bulunur. Kuyruk tamamen proteinden yapılmıştır. Enfeksiyon sırasında kuyruk hücreye veya bakteriye yapışır ve çıkardığı özel enzimlerle hücrenin duvarını eritir (Şekil 2.20). Açılan bu delikten virüsün baş kısmında bulunan çekirdek asidi, kuyruğun içerisindeki borudan hücrenin sitoplazmasına enjekte edilir. Protein kılıfın tümü dışarıda kalır. Yalnız çekirdek asidi sitoplazma içerisindeki gelişmelere katılır; fajın çekirdek asidini ve proteinlerini sentezleyebilmesi için hücreye gerekli kalıtsal bilgiyi sağlar. Daha sonraki evrelerde ortaya çıkan



Şekil 2.20:

Bir fajın hücreye yapışmasından, vejetatif olarak çoğalıp serbest hale geçinceye kadarki yaşam evresinin şematik görünümü.

proteinler ve çekirdek asitleri virüsler halinde biraraya gelmeye başlar. Ribozomlar evrensel olduğundan verilecek bilgiye göre protein sentezleme yeteneğindedir. Girişten yeni virüslerin oluşumuna kadar geçen evreye "**vejatatif faz**" denir. Daha sonra hücre liziz olarak parçalanır (Şekil 2.18). Bu şekilde bakterileri parçalayan üreme şekline "**lytik siklus**" denir. Bazıları girdiği hücreleri parçalamaz "**lysogenik siklus**". Bu sonuncular bakteri kromozomununun özel bir bölgesine bağlanarak onunla birlikte çoğalmaya devam eder ve çoğalma hızı bakterinin hızına eşit olduğundan tüm döllerde tek bir sayıda temsil edilir. Birden fazla faj materyali meydana gelmediği için bakteri içerisindeki varlığı anlaşılmaz ve aynı zamanda eklendiği bakteri kromozomundan da ayırt edilmez. Bu durum "**profaj durum**" olarak bilinir. Eğer bir bakteri ırkı bir fajı profaj durumunda devamlı tutmaya başlarsa buna da "**lysogenik**" denir. Bu, bakteriyi diğer bakteriyofajlardan korumaya başlar, yani, diğer virüslere karşı immun (=şerbetli=bağışık) olur. Bu nedenle lizojenik populasyonlarda hastalıklara karşı daha büyük direnç görülür. Bu bakteriyofajların varlığı aynı bakteri türüne ait; fakat lizogenik olmayan ırkların kullanılmasıyla ayrılır. Bu ırklara "**indikatör ırk**" denir. Nedeni bilinmemekle beraber, bazı lizojenik hücrelerde kendiliğinden (spontane) çoğalma meydana gelir ve bu virüsler hızla çoğalmaya başlayarak bakteriyi liziz ederler. Serbest kalan virüsler diğer lizojenik bireylere de saldırırlar. Çünkü kendi ırkı-

nın bağışıklığı bunlara etki etmez. Kısa bir süre sonra lizojenik populasyon ortadan kalkar. Bu çoğalmanın nedeni pek iyi bilinmemekle beraber, mutasyonların, buna ilişkin olarak UV ışınlarının ve azot (hardal) gazının etkin rol oynadığı da bilinmektedir.

2.6.1. BAKTERİYOFAJLARIN BELİRLENMESİ

Bir temperat faj üç evrede bulunabilir. Serbest enfeksiyon birimi olarak (**viron**), bakteri kromozomuna bağlı ve onunla zamandaş (sinkron) bölünen bir DNA zinciri olarak (**profaj**) ve özel virüs proteinini ve virüs asidini sentezleyici faz (**vejatatif DNA**) olarak.

Bir faj nedir? Viron, izole edebildiğimiz bir faj yaşam döngüsünün sadece özelliklerini fiziksel olarak saptayabildiğimiz bir evresi midir? Özünde canlılığın temel kavramlarından biri sayılan üreme, yalıtılmış (izole edilmiş) bir viron evresinde olanaksızdır. Bu görünüm altında yalıtılmış bir protein makromolekülü veya çekirdek asitleri ya da karmaşık bir hücrenin kloroplast veya mitokondri gibi organelleri olabilir. Çünkü karmaşık hücreden ayrılan bu organeller de yalıtılmış viron gibi davranmaktadırlar. Yalnız tüm bu özelliklerine değindiğimiz organik yapılardan, sadece vironlar enfekte yeteneğini saklayabilmiştir. Uygun bir bakteriye değince çoğalabilme yeteneğini devam ettirebilir. Fajın çoğalabilmesi yalnız canlı bir hücre veya bakteri içerisinde ve özel bir çekirdek asidinin bulunduğu ortamda mümkündür. Fajın çekirdek asidi ya bakterinin kromozomuna bağlanır ya da sitoplazma içerisinde serbest olarak bulunur. Son iki durumda da faj enfekte yeteneğini yitirir. Eğer enfekte olmuş bir bakteri parçalanırsa çıkan bu faj asitleri diğer bir bakteriyi enfekte edemezler. Enfeksiyon vironun özelliğidir.

Son olarak patojenitenin (hastalık yapma yeteneği) bakteriyofajın temel bir özelliği olup olamayacağını irdelememiz gerekir. Yanıt açık olarak görünmektedir. Profaj evresinde bir faj, birçok bakteri generasyonunda latent (hastalık yapmadan) olarak taşınır ve konukçu hücrede hiçbir hastalık belirtisi ya da ona benzer bir semptom göstermeden yaşamına devam eder. Bundan şu sonucu çıkarmak olasıdır: Fiziksel olarak üç farklı evrede yaşamını devam ettirebilen bakteriyofaj gerçekte tam anlamıyla bir bakteri parazitidir. Protein ve çekirdek asidinden oluşmuş viron kendi başına üreme yeteneğine sahip değildir. Üreme yalnız fajın çekirdek asidinin çoğalması şeklinde olur. Bu şekildeki bir çoğalma da bakteri hastalıklarına ve ölüme neden olur. Şayet fajın kalıtsal materyali profaj durumunda bakteri kromozomuna bağlı olarak çoğalmasına devam ediyorsa, biz o fajın varlığını saptayamayız ve faj, bakterinin kalıtsal bir birimiymiş gibi davranır.

2.6.2. VİRÜSLERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Bundan önceki konularda virüsler hakkında genel hatlarıyla bilgiler verilmiştir. Bu başlık altında virüslerin gelişmiş canlılarla karşılaştırmak suretiyle bazı özelliklerine değinilecektir.

2.6.2.1. *Viron*

Virüslerin enfeksiyon yeteneğine sahip halidir. Hemen her zaman tek bir çekirdek asidinden (DNA veya RNA) yapılmış öze ve onu çeviren proteinden yapılmış bir kılıfa sahiptir. Bakteriyofajların çoğu DNA, pek azı da RNA içerir. Tüm bitki virüsleri RNA, hayvan virüslerinin büyük bir kısmı DNA ve bir kısmı da RNA taşır.

Elektron mikroskopunun gelişmesiyle virüslerin ayrıntılı yapıları öğrenilmeye başlanmıştır. İncelenen bitki vironlarının hepsi, hayvan vironlarının büyük bir kısmı aynı geometrik yapıyı gösterirler. Bu yapı, çapı 30-200 mμ arasında değişen silindir veya küre şeklidir. Küre şeklindeki vironlar aslında birçok yüzeyin birleşmesiyle (polihedron) meydana gelmiştir. Buna karşın çomak şeklindeki vironlar dışta yiv ve set şeklinde kıvrımlı bir yüzey gösterir. Bu geometrik yüzeyler aynı yapıdaki özel protein moleküllerinin belirli sayılarda dizilimiyle ortaya çıkar; bu dizilim bir çeşit tuğla gibidir. Bu kılıf, çekirdek asidini çevre koşullarından korumak için en etkin ve dayanıklı yapıyı oluşturmuştur.

Birçok bakteriyofajın vironu çok daha karmaşık formları içerir. Baş, hayvan ve bitki virüslerinde olduğu gibi polihedraldir. Kuyruk proteinleri baş proteinlerinden farklıdır. Kuyrukta ayrıca bakteri hücresine bağlanmayı sağlayacak özel enzimler de vardır. Bir fajın gelişmişlik derecesi konukçu canlıyı enfekte etmek için geliştirdiği aygıtlarla ölçülür.

Bitki ve hayvan virüslerinde kuyruk olmadığı için enjeksiyon bakteriyofajlardaki gibi değildir. Büyük bir olasılıkla tüm vironun konukçuyu delmesiyle bu aşılanma sağlanır. Hayvansal virüslerin bir grubunda, Myxovirus'larda, özel bir enzimin bu bağlanmayı ve konukçu hücrenin delinmesini sağladığı deneysel olarak gösterilmiştir. Fakat daha sonraki çalışmalar bu enzimin konukçu hücrenin kendisi tarafından çıkarılan bir türev olduğunu kanıtlayan bulgular ortaya çıkarılmıştır. Diğer birçok virüste bu bağlanmanın mekanizması tam olarak açıklanamamıştır.

Bitki ve hayvan virüsleri tümüyle bir enfeksiyon birimi gibi davrandığı için, biz, virüs proteinlerini de çoğalmada ödev alıyor gibi düşünebiliriz. Yapılan gözlemler çoğalmada yalnız çekirdek asitlerinin rol aldığını göstermiştir. Bundan şu sonuç çıkar: İzole edilmiş (yalıtılmış) viron çekirdek asitleri kural olarak başka bir hücreyi aşılayabilir. Sadece çekirdek asidinin aşılama yeteneği göstermesi, viron halinde aşılama yapanlara göre çok daha hızlı gelişme ve çoğalma hızına neden olacaktır. Fakat aşılamanın vironlar ile yapıldığı ve protein kılıfın açılması için de belirli bir sürenin geçmesi gerektiği gözlenmektedir.

2.6.3. BİTKİ VE HAYVAN VİRÜSLERİNDE LATENSİ

Birçok bıtkı ve hayvan virüsünde latent enfeksiyon oluşmuştur, yani, hiçbir hastalık belirtisi görülmeden, virüsün çekirdek asidi, bulunduğu hücrenin bölünme hızına kendini uydurarak çoğalmaya devam eder. Burada virüsün çekirdek asidi konukçunun kalıtım materyaliymiş gibi hareket eder. Bu özellik ileride de değineceği-

miz gibi birçok evrimsel açıklamayı beraberinde getirir. Virüs kılıfı oluşmadan, provirüs halinde, konukçunun döllerine aktarılır. Bölünme hızları aynı olduğundan dıştan herhangi bir şekilde belirlenemezler.

2.6.4. URLARIN (TÜMÖRLERİN) VİRAL KÖKENİ

1911 yılında, ROUS, virüslerin bazı urlara neden olduğunu buldu. Civcivlerdeki habis urların bakteriler ve filtre edilmiş hastalıklı hayvan hücreleriyle sağlam hayvanlara taşınabileceğini buldu. Bugün birçok omurgalı ve omurgasız hayvanda (eklembacaklıda) ve bitkilerde virüs urları tanımlanmıştır.

2.6.5 BAZI CANLI GRUPLARINDA VİRÜSLERE KARŞI DUYARLILIK

Yeterince bir açıklaması olmamakla beraber virüs aşılanması az sayıda canlı grubunda görülür. Yalnız çiçekli bitkilerde(*Anigosperm*'lerde) saptanmıştır. Çiçeksiz bitkilerde (*Gymniosperm*'lerde), eğreltilerde, yosunlarda ve ciğer otlarında bugüne kadar rastlanmamıştır. Omurgalı hayvanlar arasında geniş olarak yayılmasına karşın, omurgasızlardan yalnız eklembacaklılarda (*Arthropoda*'da) saptanmıştır. Protistler arasında da, bakteriler, kendine özgü faj virüslerini taşır. Buna karşın gelişmiş protistlerde (alglerde, birhücrelilerde ve mantarlarda) bulunmamıştır. Gelişmiş protistlerde yapılan tüm denemeler olumsuz sonuçlanmıştır.

2.6.6 VİRÜSLERİN KONUKÇU ZİNCİRİ

Özünde bir organizma virüs bağlanmasına uygunsa, kural olarak, değişik virüs türleri tarafından saldırıya uğrayabilir. Bu özellik oldukça fazla sayıda virüs hastalığına sahip insanlarda gösterilebilir. Özel virüslerle aşılanabilen, özel konukçuların sınıflandırılmasını yapmak oldukça zordur.

Bakteriyofajların büyük bir kısmı tam anlamıyla konukçuya özelleşmiştir. Esasında iki farklı bakteri aynı bir faj türü tarafından aşılanıyorsa, bu, iki farklı bakterinin yakın akraba olduğunu kanıtlar. Bitki ve hayvanları aşılayabilen herhangi bir faj virüsü bulunmamıştır. Keza bitki ve hayvan virüsleri de bakterileri aşılayamaz.

Bitki virüslerinin çoğu en azından belirli yapay koşullar altında çok değişik bitki türlerini aşılama yeteneğindedir. Bitki türlerinin çoğu doğal olarak bitkiden bitkiye böceklerin ısırması ve özsu emmeleriyle taşınır. Birçok durumda virüslerin böceklerde çoğalabildiği; fakat hiçbir hastalık belirtisi göstermediği saptanmıştır. Bazı virüsler de hem hayvanları hem bitkileri aşılar.

Hayvan virüslerinin konukçularını genelleştirmek oldukça zordur. Tavşanlarda öldürücü hastalık yapan *Myxoma* virüsleri insan ve diğer memeli hayvanlarda herhangi patojenik hastalık yapmaz. Diğer hayvan virüsleri oldukça geniş bir konukçu serisine sahiptir. Bu konukçuların büyük bir kısmı, virüslerin, konukçu hastalanmadan yayılmasını sağlar. Bu sorunun en ilginç taraflarından biri embriyonik dokuların aşılanmaya yatkınlığıdır. 1931 yılında döllenmiş tavuk yumurtalarının memeliler için

patojenik virüslerin büyümesi ve gelişmesi için uygun bir ortam oluşturduğu bulununca virüs yetiştirilmesi için yeni birçok yöntem geliştirildi. Memelilerde hastalık yapan virüslerin çoğu tavuk embriyosunda geliştiği ve çoğaldığı halde, bunlardan pek azı ergin tavuklarda hastalığa neden olurlar.

Bazı memeli virüs hastalıkları genel olarak eklembacaklılar ile (sarıhummanın sivrisinekler, atlardaki encephalomyeltis'in kenelerle taşınması gibi) taşınır. Bitki virüs hastalıklarını taşıyan eklembacaklıların bir kısmında virüsler çoğalma yeteneğindedir. Yani eklembacaklılar sadece mekanik bir taşıma aracı olarak değil, aynı zamanda çoğalma ortamlarını da oluştururlar.

2.6.7. VİRÜSLERİN SINIFLANDIRILMASI

Vironlarının büyüklükleri, yapıları, kimyasal bileşimleri, konukçuları, özelleştiği dokular ve neden olduğu enfeksiyonun durumuna göre gruplara ayrılır. Bu özellikler göz önüne alınarak yapılan sınıflandırmada, farklı virüslerin sınıflandırmadaki amaca göre farklı gruplara girdiği görülür. Her ne kadar virüslerin akrabalıkları ve kökenleri konusunda bir şey bilmiyorsak da, yapay olarak kalıtsal özelliklerine göre bir sınıflandırma yapılmıştır. Virüsler ile diğer hücreli organizmalar arasında homoloji olmamasına karşın, bu binominal sınıflandırma belirli bir homolojiyi esas almaktadır.

2.6.8. VİRÜSLER İLE DİĞER ORGANİZMALAR ARASINDAKİ FARKLAR

1. Her ne kadar diğer fiziksel formları bulunsa da bir virüsün izole edilen (yalıtılan) ve doğrudan doğruya incelenebilen şekli vironlardır. Bu incelenen viron şekli de hücreli organizmalardan şu özelliklerle tamamen ayrılır:

a) Viron yalnız bir çeşit çekirdek asidi (RNA veya DNA), hücreliler ise ikisini birden (RNA ve DNA) taşır.

b) Virüsler organik bileşiklerden yalnız bir grubu, yani çekirdek asidi ve proteinleri; buna karşın diğer organizmalar yağ, şeker vs. gibi diğer organik bileşikleri de içerirler.

c) Her ne kadar viron bir ya da pek az bir enzim çeşidini bulundurursa da, bu enzim serisi, yeni bir vironu oluşturmak için yeterli değildir. Halbuki diğer organizmalarda her birim ya da hücre bir yenisini yapmak için gerekli enzim serisine sahiptir.

d) Bir viron hiçbir zaman doğrudan doğruya daha önce var olan bir virondan meydana gelmez. Halbuki bir hücre daha önce var olan hücreden meydana gelir.

2. Bir virüs daha önce var olan virüsün kalıtsal materyalinden pay almadan meydana gelir. Buna karşın hücrede çoğalma eski hücrenin kalıtsal materyalinden pay almak suretiyle olur.

3. Virüslerde büyüme çekirdek asitlerinin ve proteinlerin bağımsız senteziyle olmasına karşın (her iki yapıtaşının sentezi bittikten sonra birleşerek bir vironu meydana getirirler), hücrelilerde hücreyi oluşturan maddelerin miktarının çoğalmasıyla hücresel büyüme, hücre sayısının artmasıyla da bireysel büyüme görülür. Halbuki

virüslerde bireysel veya yapısal büyüme görülmez. Sentezlenen maddelerin bir araya gelmesiyle bir defada oluşur.

2.6.9 VİRÜSLERİN KÖKENİ

Eldeki birikmiş bilgiler virüslerin kökeni ve bugüne kadar gelişimi konusunda bilgi vermekten çok uzaktır. Aynı zamanda birbirinden oldukça farklı üç fiziki evrede bulunabilmesi ve hiçbir evrenin bir virüsün tümü hakkında doyurucu tanımını verememesi yorumu daha da güçleştirmektedir. Özünde aşağıda belirteceğimiz yorumlar bilimsel temellerden ziyade kurguya dayanmaktadır.

1. Virüslerin kökeni bir zamanlar hücreli organizmalardı. Diğer hücrelerde parazit hale geçen bu canlılar zamanla tüm organellerini yitirmiştir.

2. Virüslerin kökeni bir zamanlar serbest yaşayan bir ilkin (pre) hücreli idi. Daha sonra hücreli organizmaların ortaya çıkmasıyla, bu ilkin formlar onların içerisinde parazit yaşamaya başladılar.

3. Virüsler ne ilkin hücreli canlılardan ne de hücreli canlılardan türemiştir. Diğer organizmaların kalıtsal materyalinden kopan parçalardan meydana gelmiştir. Bu kopan kalıtsal materyal, koptuğu parçadan daha hızlı bölünme yeteneği kazanmıştır. Bu düzensiz çoğalma bulunduğu hücrenin hastalanmasına veya ölmesine neden olmuştur. Ölen hücreden serbest kalan bu kalıtsal kırıntılar sağlam hücrelere girerek dölünü devam ettirmeye başladığı zaman, artık virüs özelliğini kazanmıştır. Belki ilk zamanlarda hücreden hücreye sadece çekirdek asidi şeklinde geçmesine karşın, zamanla girdiği hücrede aynı zamanda proteinlerini de sentez ettirmeye, dolayısıyla çekirdek asidinin korunmasına ve diğer bir hücreye girerken yardımcı yapılarla daha etkin bir delme mekanizmasının gelişmesine neden olmuştur.

İlk kuram mikrobiyologlar tarafından uzun zaman tutulmasına karşın, bugün en az olasılıkla bakılmaktadır. Çünkü her iki grup arasında o denli büyük farklar vardır ki birinin diğerine köken olduğu varsayılamamaktadır. İkinci kuram biraz daha çekici görünmesine karşın, yine yukarıda anlatılan nedenlerden dolayı kabulü olanaksız görülmektedir. Her iki halde de organizmalar ve virüsler arasında herhangi bir geçit formu bulunamamıştır.

Sonuncu kuram daha akla yatkın gelmektedir. Son zamanlarda bitki ve hayvanlardan izole edilen (yalıtılan) çekirdek asitlerinin protein olmaksızın aşılama yeteneğinde olduğu saptanmıştır. Buradan virüslerin bir zamanlar yalnız çekirdek asitlerinden ibaret olduğu yorumlanabilir. Daha sonra protein kılıf oluşmuştur. İkincisi profaj evredeki faj ile konukçu bakterinin kromozomu arasındaki ilişki faj çekirdek asidi ile, kromozomun çekirdek asidi arasındaki akrabalığı ve köken birliğini gösterir. Bu şekilde kalıtsal homoloji (kökendaşlık) virüs kromozomlarının en azından bir zamanlar bir parçası olarak bulunduğu bakteri kromozomlarından türediğini kanıtlar.

3. BÖLÜM

HÜCRESEL EVRİM

Canlılığı oluşturan özellikleri daha önceki bölümde vermiştik. Özünde hücreler de birden bire ortaya çıkmamıştır. Belirli bir evrim çizgisine göre gelişmiştir. Önce ilkin hücrelerden prokaryotik (hücre çekirdeği olmayan), daha sonra eukaryotik (çekirdekli) hücreler ortaya çıkmıştır.

3.1. PROKARYOTİK (ÇEKİRDEKSİZ) HÜCRELER

İlk hücreler bu tip olmalıydı. Çünkü organeller ve sitoplazmanın karmaşıklığı bu organizmalarda yoktur. Modern prokaryotlar içerisinde bakteriler, mavi-yeşil algler, riketsialar, aktinomisetler ve miykoplazmalar sayılır. Bunların çoğu birhücreli canlılardır. Bununlã beraber mavi-yeşil algler çok hücrelidir ve pek az bir hücre organizasyonu gösterirler.

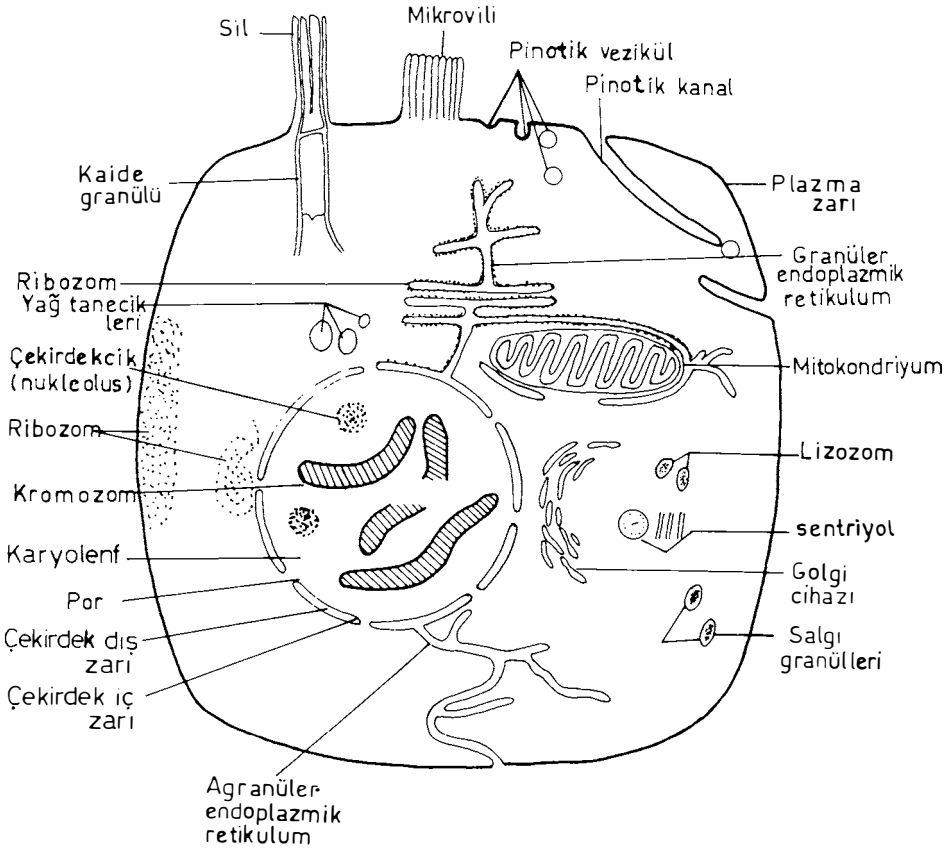
Prokaryotlar proteinle çevrilmiş çember şeklinde bir DNA zinciri (Şekil 4.1) taşırlar (kromozom olarak). Mitoz bölünme yoktur. Kromozomlar, bunun yerine, hücrenin bir ucundan öbür ucuna hareket ederek kendini replike ve duplike eder. Daha sonra hücre bölünür. Her hücrede yalnız tek bir kromozom vardır. Bu nedenle tüm prokaryotlar gen bakımından haploittir. Taşınan genlerin kendini gösterememesi diye birşey yoktur.

Proteinoid ilkin hücreden prokaryotik hücreye geçiş,çekirdekli hücreye geçişten çok daha basittir. İlk geçiş canlılarının bugünkü bakterilerden büyük farklılıklar göstermediği tahmin edilmektedir. Fosilleri olmadığı için kesin bir yargıya varmamız olanaksızdır. Bununla beraber mavi yeşil alglerin ürünü olan pristan denen organik artıklar stromatolit denen üç milyar yıl önceki kayaçların içerisinde bulunmaktadır. Bu konuda daha geniş bilgiler ilerideki sayfalarda verilecektir.

3.2. EUKARYOTİK (ÇEKİRDEKLİ) HÜCRELER

Bir zarla çevrilmiş çekirdekleri vardır. Kromozomları DNA ve proteinden yapılmıştır. Mitozla kromozomların bölünmesi ve dağılımı sağlanır. Çekirdek içerisinde

bulunan çekirdekcikler RNA'ca zengindir. Sitoplazma içerisinde karmaşık organeller vardır (Şekil 3.1). Bu organelleri sırasıyla görelim:



Şekil 3.1 : Genel bir hayvansal hücre şekli (Loowy Siekevitz'den).

3.2.1. HÜCRE ORGANELLERİNİN DURUMU "Küçük Yeşil Tutsaklar"

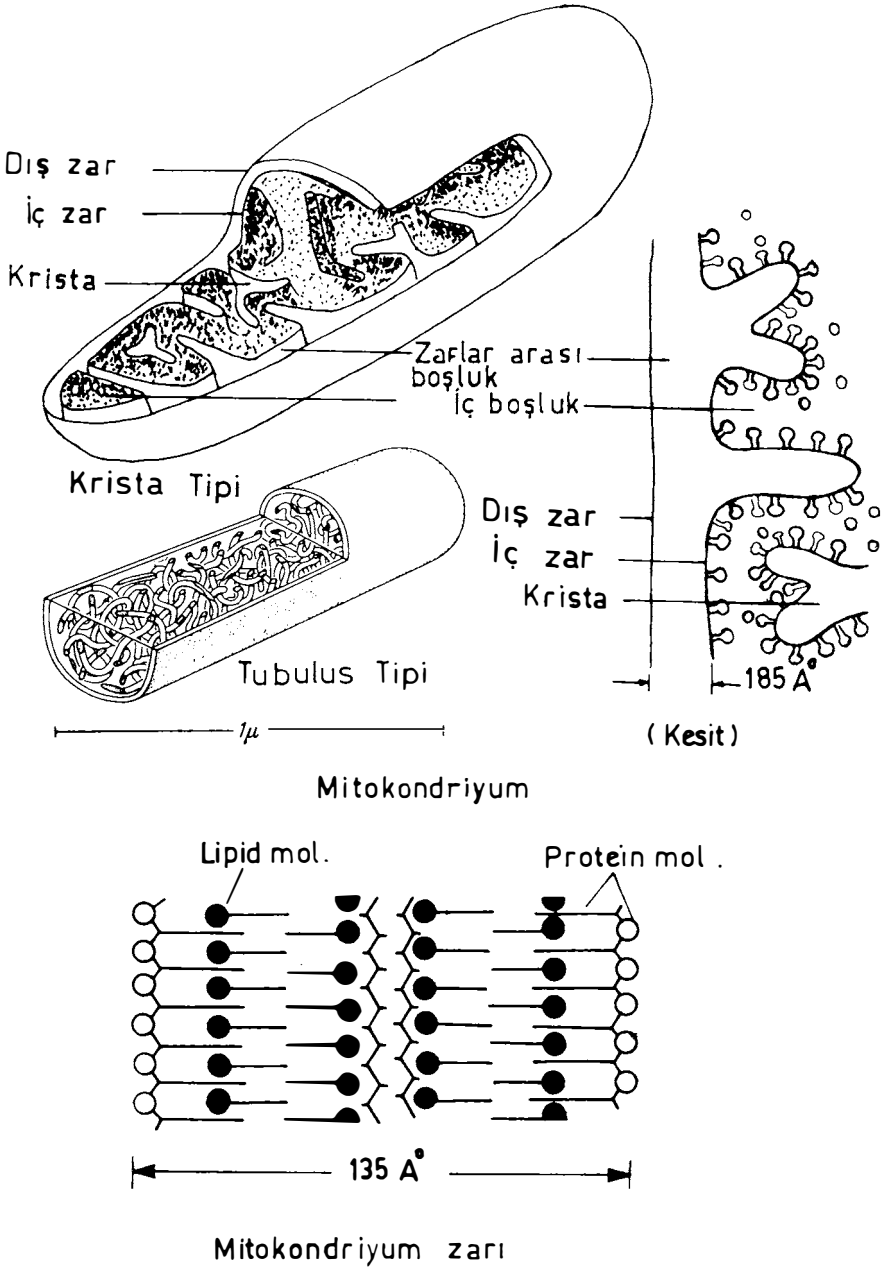
Çok hücrelilerde belirli bir görevi yüklenmiş organlar bulunmasına karşın, bir hücrenin içinde özel işlevleri yürüten, şekil ve yapı bakımından değişik organeller vardır.

3.2.1.1. *Çekirdek* (Şekil 3.1)

Hücrenin beyni sayılır. Tüm yapısal ve işlevsel değişiklikler, çekirdekte bulunan belirli bir düzen içerisinde yayılmış kromozomlardaki genler ve onları oluşturan DNA ile kontrol edilir. Kalıtsal materyal yavru hücrelere eşit olarak verilir. Çekirdeğin oluşumu konusundaki varsayımları daha önce incelemiştik. Bundan sonraki sayfalarda da zaman zaman değinilecektir.

3.2.1.2. *Mitokondriler* (Şekil 3.2)

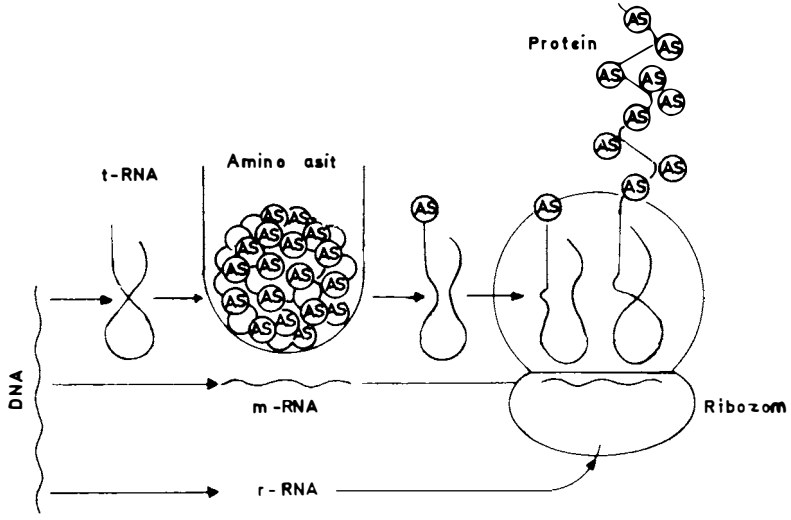
Hücrenin enerji merkezi olarak bilinir. Lamelli yapısıyla yüzey tepkimelerinin ve birçok enzimatik tepkimelerinin yapılmasını sağlar.



Şekil 3.2 : Mitokondriyum (Life'dan).

3.2.1.3. *Ribozomlar* (Şekil 3.3)

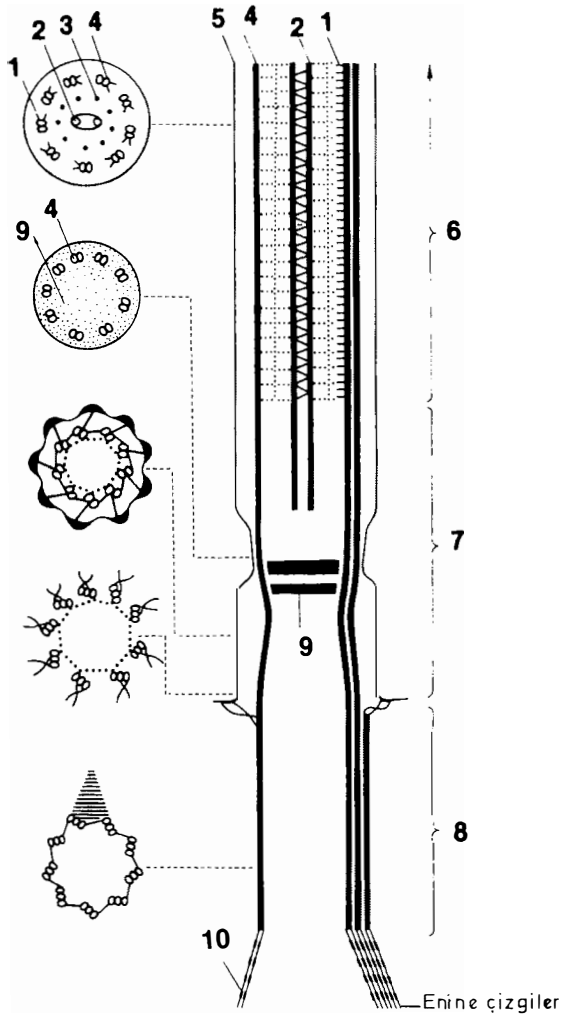
Hücrenin yapım merkezidir. Yapısı protein olan tüm bileşikler, çekirdekten gelen programlara yani RNA çeşitlerine göre, burada sentezlenir. Ribozomlar evrensel yapıya sahiptir. Yani her hücrede işlev görebilir; son ürünleri çekirdekten gelen emirlere göre çıkar. Santrfüjle (5000 devir/sn) hücreden dışarıya alınan ribozomlar yeterince amino asidin bulunduğu bir ortamda, verilen RNA zincirine göre, hücre olmaksızın da protein sentezini yürütebilir. Ribozomlar her canlının genetik kodunu okuyabilecek yetenektedir. Bu araştırmalardan ribozomların ve genetik kodların evrensel olduğu anlaşılmıştır. İnsandan alınan ribozomlar deniz kestanesinin DNA'sı ile karıştırılınca deniz kestanesinin proteinlerini sentezlemeye başlar, insanınkini değil! Yapay DNA'ları da okuması büyük bir olasılıktır. Proteinleri kelime olarak kabul edersek, harfler amino asitleri ve daktilo da ribozomları temsil eder. Daktiloyla her kelimeyi yazmak mümkündür. Virüsler bu evrenselliği kendi çıkarları için yetkin bir şekilde kullanırlar.



Şekil 3.3 : Protein sentez düzeneğinin şematize edilmesi. DNA'dan üç çeşit RNA meydana gelir. rRNA, ribozomları oluşturur. mRNA, bilgiyı ribozomların üzerine taşır. tRNA, amino asitleri alarak ribozomların üzerine getirir ve mRNA'ya göre dizilmesini sağlar. Amino asitler arasındaki bağların oluşumunu da enzimler sağlar.

3.2.1.4. *Kamçılar* (Şekil 3.4)

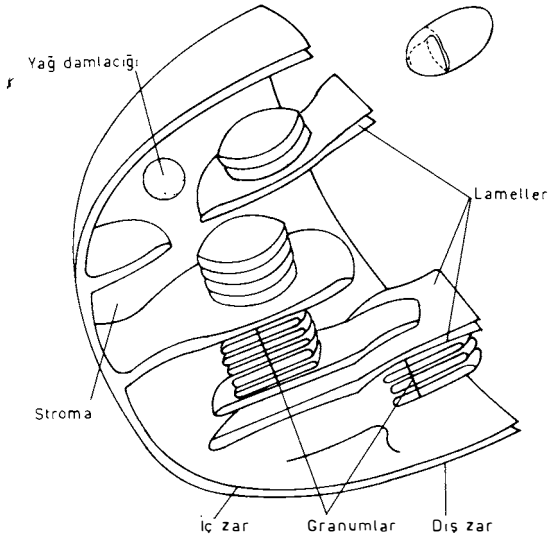
Yüksek organizmaların üyelerine analogdur (görevdaş). Serbest hücrelerde yüzme ve hareket ödevini görmekle beraber, yüksek organizmalarda daha değişik görevleri de yüklenmiş olabilir (solunum yolunda yabancı maddeleri balgam şeklinde ağıza iten siller ve hatta gözlerdeki görme çubukları birer sil türevi olarak kabul edilir). Senkronize hareket edebilen bu siller hareket ve besin bulma amacıyla ortaya çıkmıştır.



Şekil 3.4 : Sillerin ince yapısı. Bir midyenin *(Anadonta)* solungaç yapraklarındaki silin enine ve boyuna kesiti (elektron mikroskobunda). 1. Perifer flamentin kol uzantıları, 2. Merkezi flamentler, 3. İkincil flamentler, 4. Perifer flamentler, 5. Plazma zarı, 6. Sil şaftı, 7. Geçiş bölgesi, 8. Kaide granülü, 9. Kaide plakası, 10. Kaide iplikçikleri (Gibbons'dan).

3.2.1.5. ***Kloroplastlar*** (Şekil 3.5)

5-10 mm/1000 büyüklüğünde, yeşil renkli, ışık mikroskopunda rahatça görünen, mercimek şeklindeki yapılardır. Yeşil rengini, taşıdığı klorofil maddesinden alır. Kural olarak yalnız bitki hücrelerinde bulunur (10-20 kadar). Fotosentez yapabilme yeteneğinden dolayı bitki hücrelerinin vazgeçilmez ögesi olarak kabul edilir. Hayvanlarda yoktur. Güneş enerjisini kullanarak sentezlediği moleküller mitokondrilerde (hayvanlarda ve bitkilerde) tekrar parçalanarak enerji haline dönüştürülür. Bu sentezlenmenin ham maddesi, alınan su ve CO_2'dir. Bu iki basit molekülden nişasta gibi,



Şekil 3.5 : Bir kloroplastın ince yapısı (Akman'dan).

hatta diğer ham maddeleri kullanmak suretiyle yağ ve protein gibi daha karmaşık molekülleri de sentezleyebilme yeteneğindedir.

Bugün güneş enerjisini moleküler bağlar halinde saklayabilen tek yapı kloroplastlardır ve senede bu yolla dünyada 200 milyar ton organik madde üretilmektedir. Bu nedenle hayvanlar da dolaylı olarak güneşi enerji kaynağı olarak kullanırlar.

Birçok karmaşık yapıyı (çekirdek, mitokondri, ribozom, kamçı ve bitkilerde kloroplastlar) bünyesinde bulunduran modern hücreler, özünde uzun bir evrimsel gelişimin görkemli bir sonucudur. Bununla beraber ilkel canlılardan (bakteri ve mavi alg gibi) gelişmişe doğru ara kademeleri bulmak da bu açıklama için gereklidir. İlkel olanlarda sınırlanmış bir çekirdek ve organeller yoktur (bakterilerde ve mavi alglerde olduğu gibi). Biz bu ilkel grupları ilk hücreler olarak kabul ederiz. Evrimde açıklanması en zor olan kademelerden biri de bu ilkel canlılardan, nasıl organelli ve karmaşık hücrelerin meydana geldiğini bilimsel olarak açıklamaktır. Esasında bu iki form arasında gerçek bir geçiş formu da bulunamamıştır. Birhücreliler ve çok hücreliler bu karmaşık yapıyı tümüyle taşırlar; herhangi bir şekilde daha basit yapılı organelleri olan ya da bunlardan birinin daha ilkel olduğu bir grup veya canlıya rastlanmamıştır. Yani taşınan organeller her haliyle gelişmiştir. Basit ve ilkel formları yoktur.

Son zamanlarda varsayılan: Karmaşık hücreler hiçbir zaman ilkel hücrelerden evrimsel süreç içerisinde gelişerek meydana gelmemiştir. Daha sonra anlatacağımız gibi bir evrimsel sıçrama meydana gelmiştir. Yani ilkel hücrelerden geçit formu olmaksızın gelişmiş hücreler meydana gelmiştir. Bu görüş 1900 yıllarında Rus botanikcisi ve baronu MERESCHKOWSKY'nin açıklamalarıyla kısmen aydınlanmıştır. Mavi alglerde kloroplastlar ve diğer organeller yoktur. Özünde mavi alglerin kendileri klo-

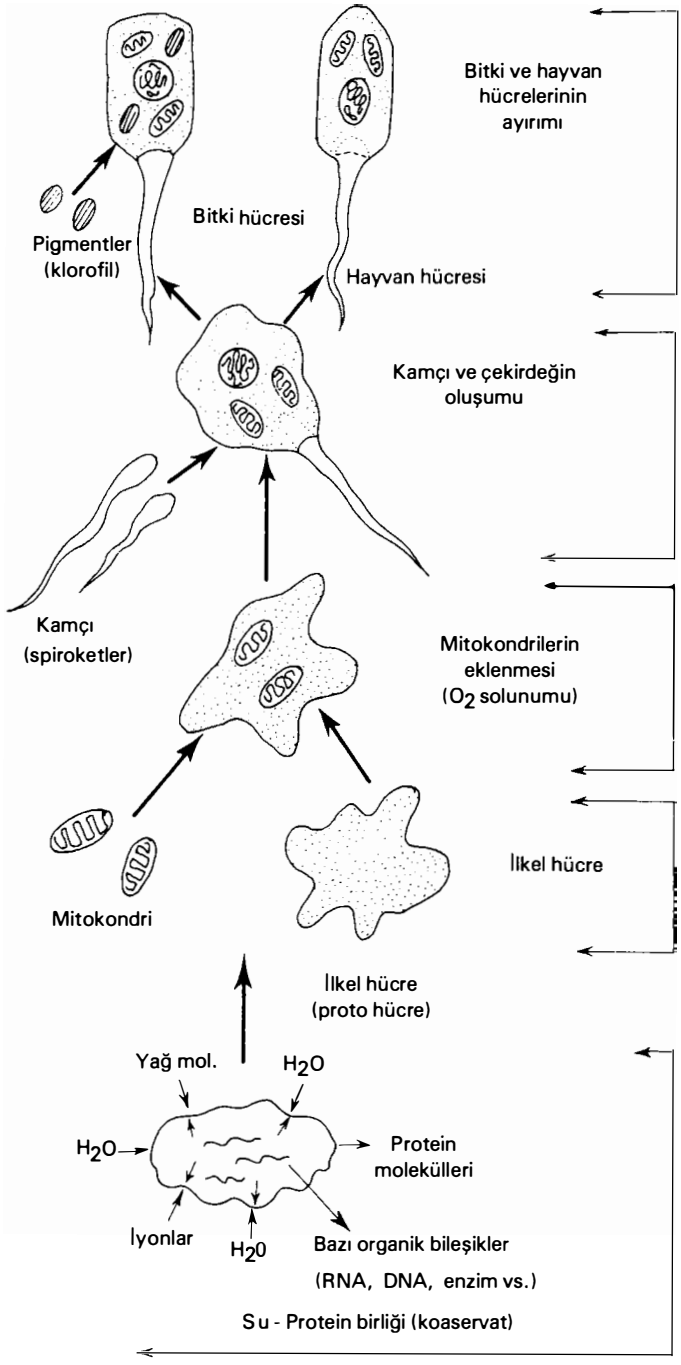
roplastlara benzer. Fotosentez yapma yeteneğini kazanmış bir çekirdeksiz ve organelsiz ilkin hücre (mavi alg), heterotrof (adrıbeslek) canlıların içerisine girerek simbiyoz yaşama uymuş ve kloroplastları meydana getirmiştir (Şekil 3.9). Yani mavi algların kendileri kloroplastır (!). Çünkü fotosentez oldukça karmaşık bir olaydır ve bir hücrenin içerisindeki organelde ortaya çıkması olanaksız görülmektedir (çünkü tüm kademelerin birden oluşması olanaksız, tek tek oluşması da anlamsızdır). Bu nedenle dıştaki bir canlıda kademe kademe oluşması ve daha sonra karşılıklı yararlanmayı öngören bir işbirliği, yani heterotrof bir hücreye girmesi daha akla yakın görünmektedir. Bu durumda bitkiler avlarını bir defa yakalamış ve yeşil köle almışlardır, dolayısıyla hareket etme zorunlukları da ortadan kalkmıştır; buna karşın hayvanlar bu köleleri kazanamadıklarından, avlarını bulmak için hareket ve avlama organlarını geliştirmek zorunda kalmışlardır. Kloroplastların kendine özgü DNA taşıması ve kendi başına bölünmesi bir zamanlar özgür yaşadığını kanıtlamaktadır.

3.3. HÜCRE ORGANİZASYONUNUN OLUŞMASI VE GELİŞMESİ (Şekil 3.6)

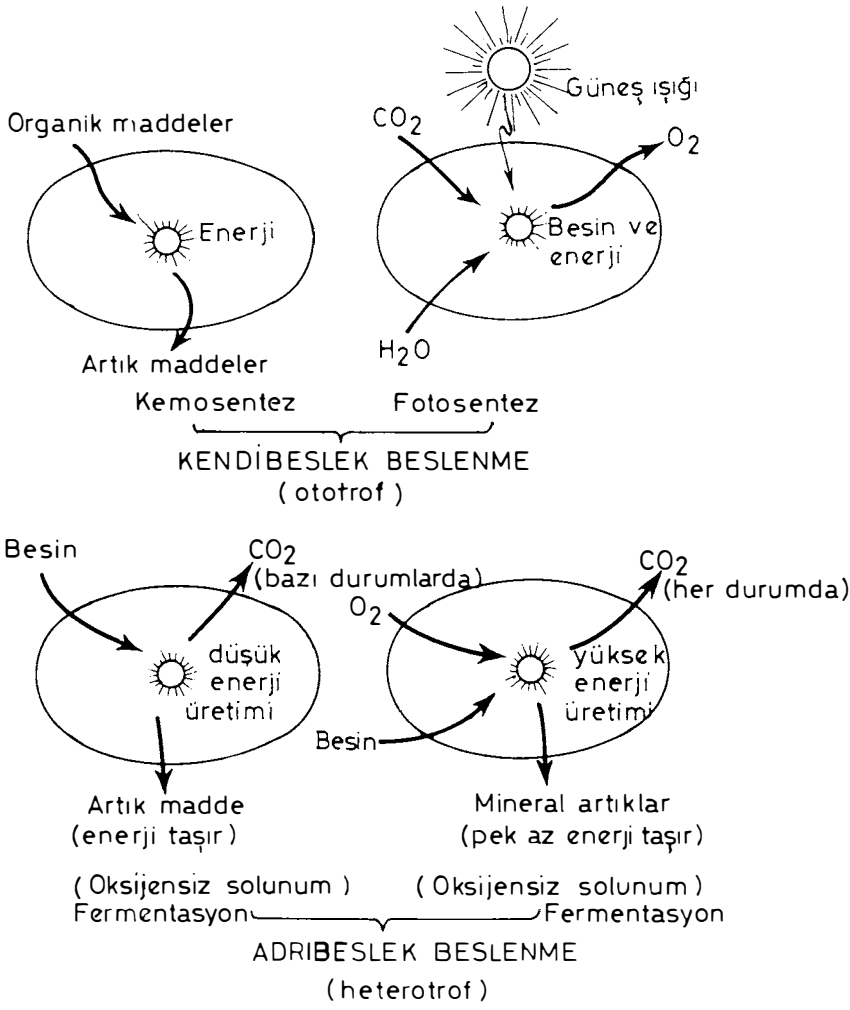
Kloroplastların bir esir gibi hücre içerisinde nasıl tutulduğunu anlayabilmek için, çevre koşullarının tekrar gözden geçirilmesinde konunun anlaşılması bakımından büyük yarar vardır.

Çekirdeksiz ilkin hücreler, genç dünyanın okyanuslarında yüzmekteydiler. Kuru kıtalarda yaşamın oluşması ve devam etmesi olanaksızdı. Çünkü canlıların oluşması için gerekli biyomerler ancak sulu ortamda meydana getirilebilir (!). Karalarda, canlıların özünü oluşturan karmaşık moleküllerin UV ışınlarının bombardımanı altında parçalanması kaçınılmazdır. İşte bu polimer ve organik moleküllerden daha önce anlattığımız gibi dünyanın ilk canlıları meydana gelmiştir. Bu canlıların yapı malzemesi ve enerjileri kendilerinden önce inorganik olarak meydana gelmiş ve depo edilmiş büyük moleküllerin kullanılmasıyla sağlanmıştır. Yani ilk oluşan canlılar besin olarak kendilerini yaratan molekülleri tüketmek suretiyle yaşamlarını devam ettirebiliyorlardı. Çünkü DNA moleküllerinin çoğaltılması bağ enerjisi ile mümkündür. Bu nedenle canlılar oluşmadan önce biriken büyük moleküller hızla tüketilmeye başlanmıştı (Şekil 3.7). Bu arada oluşan yeni moleküllerin miktarı, canlıların tükettikleri miktarın çok altında olduğu için besin deposu gittikçe küçülüyordu. UV ışınlarının kuvvetli etkisi ile karşılaştığı için su yüzüne de çıkamıyorlardı.

İlkel hücreler abiyotik materyalden oluştuğundan köken olarak hepsini aynı kabul edebiliriz. Fakat yapı ve işlev olarak hepsinin aynı olduğunu varsaymak olanaksızdır. Çünkü ortaya çıkmış hücre zarının yapısına çevrede bulunan bazı moleküllerin katılmasıyla her ilkel hücrede değişik bir nitelik kazanmıştır. İşte hücre zarının bu değişik moleküler yapısı madde alış-verişi için seçici özelliğin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu hücre zarı oluşurken çevrede bulunan proenzimlerin hücre içerisine alınması, ilkel hücre populasyonları arasındaki en büyük farklılığı meydana getirmiş-



Şekil 3.6 : Bir koaservatın ilkel hücre haline geçmesi ve zamanla değişik nitelik kazanmış hucrelerle (mitokondri, kamçı, pigmentler ve belki çekirdek) meydana getirdiği birliğin ve birleşmenin (simbiyozis !) modern hücre oluşumuna katkısı (açıklama metin içerisinde).



Şekil 3.7 : Beslenme tipleri.

tir. Bugün başka bir hücre tipi tanımadığımızdan canlılığı DNA-protein mekanizması olarak tanımlamak zorundayız. Belki canlılığın başlangıcında çok daha değişik mekanizmalarla (DNA-protein mekanizması dışında) çalışabilen canlı diye tanımlayabileceğimiz üniteler, hatta hücreler oluşmuş olabilir; fakat yaşam savaşında DNA-protein mekanizmasına yenik düştüğünden ortadan kalkmış olabilirler. Daha sonra ayrıntılarıyla inceleyeceğimiz birçok canlı türünün ortadan kalkmasına veya değişmesine neden olan evrimin en acımasız yasası "Doğal Seçme" tamamen değişik yapı ve işleve sahip olan bu ilkel yaşam formlarını ortadan kaldırmış olabilir. Biz bu konuda, elde bilimsel olarak açıklanabilecek veya yorumlanabilecek herhangi bir kanıt olmadığı için, daha fazla irdelemeyi gereksiz görüyoruz.

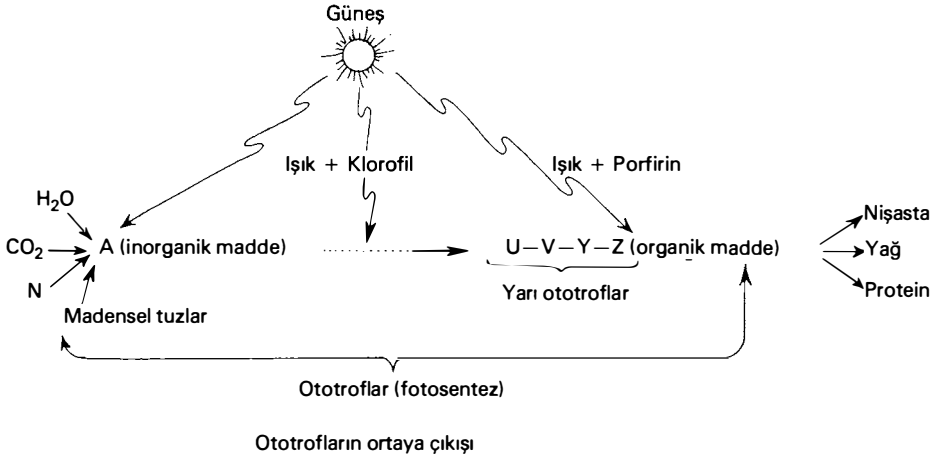
Çok değişik yapı ve işlev gösteren ilkel hücrelerden sadece biri ya da birkaçı plazmasında porfirin molekülleri içerebilir. Porfirin moleküllerini oluşturan yapı taşları

fizikşel ve kimyasal özelliklerinden dolayı birbirine karşı oldukça aktiftirler ve bu nedenle abiyotik olarak meydana gelebilirler. Nitekim MILLER ve onun izleyicileri serbest atmosferde porfirin içeren bileşikler bulmuşlardır. Keza radyoteleskopik gözlemler uzayda da porfirin bağlarının (tetrabenzoporfirin) bulunduğunu göstermiştir. Eğer ilkin okyanuslarda oluşan moleküllerin arasında porfirin bileşikleri yoğun idiyse, ilk oluşan hücreler bunu yapıtaşı olarak kullanmış olabilirler. Bu tamamen bir rastlantı olabilir ve bir amaca yönelik de olmayabilir. Fakat abiyotik kökenli moleküllerin tüketilmesi sonucu ortaya çıkan denge bozulmasında, porfirin bağları içeren bileşiklerden yapılmış hücreler üstünlük kazanmaya başlamıştır. Çünkü genç dünyada ilk defa besin krizi ortaya çıkmıştır.

Porfirin tamamen fiziksel ve kimyasal nedenlerden dolayı (tam anlamıyla bir rastlantı sonucu), atmosferden engellenmeden geçerek yeryüzüne ulaşan ışınları emer (absorbe eder). Yani porfirin bize görünen ışık dalgalarında saklı enerjiyi yutma yeteneğindedir. Diğer elektromanyetik dalgaları da yutabilen bileşikler vardır; ama, bunlar porfirin değildir.

Belirli bir süre önemsiz bir bileşik olarak taşınan porfirin, çevre koşullarının değişmesiyle bulunduğu hücreye büyük yararlar sağlamaya başlamıştır. Porfirin içermeyen hücreler açlıktan ölmeye başlarken, bir kısmı da diğerlerini yiyerek yaşamlarını devam ettirirler (ilk hayvanların oluşumu) (Şekil 3.7). Buna karşın porfirin bileşikleri taşıyan hücreler güneş ışınını enerji kaynağı olarak kullanabilirler (ilk bitki oluşumu) (Şekil 3.7). Güneşten alınan enerji kimyasal bağlar halinde depo edilir. Enerjinin bu şekilde bağlanması yalnız canlılara özgüdür. Aksi olsaydı besinlerle geçinmemiz olanaksız olacaktı.

Porfirin içeren bu ilk hücrelerden bugünkü fotosentez mekanizması gelişmiştir. Fakat bugün dahi fotosentezin tam olarak nasıl işlediği açıklanamamıştır. Bu bileşik-



Şekil 3.8 : Madensel tuzlardan ve gerekli diğer bileşiklerden, güneş ışığının etkisi ile kademe kademe organik maddelerin sentezlenmesini gösteren şema (açıklayıcı bilgi metin içerisinde).

lerle donatılmış hücreler beslenmek için organik maddelere olan gereksinmesi tamamen son bulmuş değildir (bugünkü bitkilerde organik maddelere bağımlılık tamamen ortadan kalkmıştır). Bu maddenin bulunması ilk adımdı ve bulunduğu hücreye çok küçük bir sentezleme avantajı sağlamıştı. İnorganik olarak meydana gelmiş molekülleri tüketen porfirinsiz hücrelerin sayısı besinin azalışına parelel olarak azalırken, bu son ürünü, taşıdığı porfirinli bileşiklerle, bir önceki öncül maddeden, güneş enerjisini kullanarak sentezleyebilen hücreler çoğalmaya başlar (Şekil 3.8).

Porfirinsiz hücrelerin (ilkin hücrelerin) aldıkları besin maddesi Z maddesi ise ve Z maddesi son bir tepkime ile Y maddesinden oluşuyorsa, porfirin aracılığıyla Y maddesinden Z maddesini sentezleyebilen canlılar diğer hazır yiyiciler karşısında büyük bir üstünlük kazanmış olur. Çünkü ortamda Z maddesi hızla tüketilmiş; fakat gerekli mekanizma olmadığı için Y maddesi besin maddesi olarak alınamamıştır ve ortamda Y maddesine kadar inorganik olarak sentezlenmiş maddelerin miktarı artmıştır. İşte Y maddesini alarak kendine yarayacak maddeleri sentezleyen canlılar üstün duruma geçmiş ve fotosentez yapabilen canlıların (ototrof canlıların) ortaya çıkması için ilk adım atılmıştır. Bu arada heterotrof olan, yani, porfirinsiz hücreler porfirinli olanları yeme yeteneğini kazanmaya başlamıştır ve bugüne kadar hayvanların dolaylı ya da dolaysız olarak bitkilerden geçinmesi bu evrede başlamıştır. Besin alma ya da avlanma bugünkü birhücrelilerin avlanması şeklinde olması büyük bir olasılıktır, yani, hücre zarındaki bir yarıktan av ya da besin tüm olarak plazma içerisine alınarak sindirilmekte ve gerekli maddeler bu yolla sağlanmaktadır. Biz tekrar porfirinli hücrelerin durumunu incelemeye devam edelim.

Z maddesi bittikten sonra Y maddesinden Z maddesini sentezleyen canlıların hakim duruma geçtiğini söylemiştik. Bir zaman sonra aynı nedenlerden dolayı Y maddesi de azalacaktır, o zaman V maddesinden Y ve ondan da Z maddesini sentezleyebilecek enzimlere ve mekanizmaya sahip canlılar; daha sonra da U maddesinden V, V maddesinden Y, Y maddesinden Z maddesini sentezleyebilen canlılar üstün duruma geçmiştir (Şekil 3.8). Bu tüketimin ortaya çıkardığı besin krizinden dolayı bir zaman sonra A maddesinden Z maddesini sentezleyebilen canlılar, yani ototrof canlılar, yani kendibeslek, yani bitkiler ortaya çıkmış olacaktır. A maddesi inorganik maddeler (H_2O, CO_2, N, tuzlar vs.) olacaktır. Bugünkü bitkiler bu şekilde inorganik elementlerden organik molekülleri sentezleyebilecek yeteneği kazanmıştır. Doğal olarak bu ototrof (kendibeslek) canlıları yiyen heterotrof (adrıbeslek) canlılar da onlara paralel olarak evrimleşerek bugünkü hayvan gruplarını oluşturmuştur.

Porfirin içeren bu hücreleri yutan adrıbeslek diğer hücreler, herhangi bir nedenle, en azından bunları eritecek sindirim enzimlerini yitirmesi sonucu, belki de tüm evrim süreci içerisinde bir defaya mahsus olmak üzere, yalnız bir hayvanda, artık yutulan bu porfirin içerikli hücreleri sindirememiştir. İşte, belki de tam anlamıyla bir rastlantı sonucu yitirilen bu sindirim enzimi veya enzimleri evrimin en önemli başlangıç noktalarından birini oluşturmuştur. Çünkü adrıbeslek (büyük bir olasılıkla daha büyük ilkel hücre) canlının içerisinde yutulan bu porfirin içerikli (oldukça küçük yapılı ilkel hücre) hücre yaşamını sürdürebilir ve dışarıda yaptığı gibi güneş

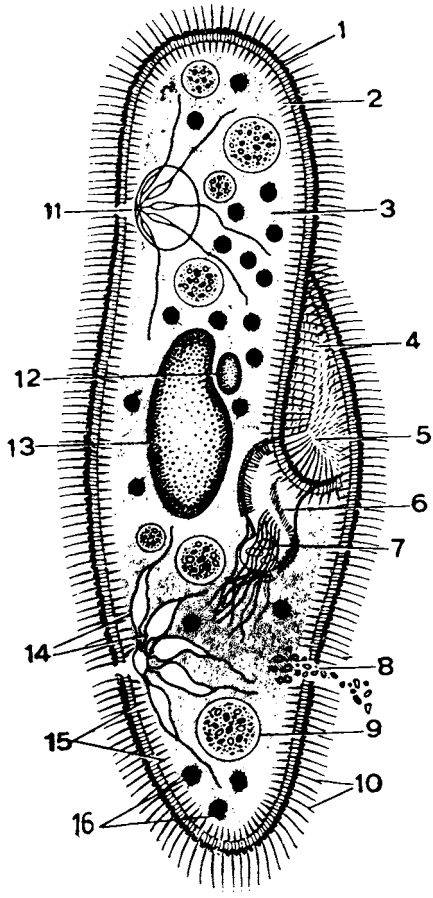
enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürebilir. Bu ortaklıktan tamamen değişik bir canlı türü ortaya çıkmıştır (Şekil 3.6). Birçok bilim adamına göre bitkilerin ilk temeli bu ortaklıkla atılmıştır. Çevredeki besin maddelerinin gittikçe azalması sonucu ortaya çıkan krizden, adrıbeslek canlıyı, inorganik maddelerden organik maddeler sentezleyerek kurtarmaya başlamıştır. Enerji kaynağı olarak sadece güneşi kullanıyordu. Bu işbirliği, çoğalmada ve hayatta kalmada bir üstünlük sağladı. Mavi yeşil alglerin ve bugünkü bitkilerin atasını oluşturdu. Bu şekilde yeni besin kaynağının ortaya çıkması, porfirin taşımayan hücrelerin avcılıkla geçinmede yetkinleşmesiyle yeni bir boyut kazandı ve hayvan türlerinin evrimleşmesine neden oldu. Sonuçta üç çeşit hücre kaldı, mavi-yeşil algler, mavi-yeşil algleri tutsak alan hücreler ve avcılıkla geçinen hücreler. Diğer tüm hücreler ve biyolojik yapılar (bilmediğimiz !) besin darlığından dolayı iz bırakmadan yok olup gittiler. PASCUAL JORDAN'ın savunduğu gibi, belki çok değişik yaşam formlarını ortaya çıkarabilecek birçok canlılık yapısı (çok daha değişik mekanizmalarla çalışan) bir daha oluşmayacak şekilde yok olup gitti. Arta kalanlar bugünkü canlıların yapısını oluşturacak ana iskeletti. Yani suyun akacağı yatak saptanmış, sorun, evrimsel gelişmenin o yatağı derinleştirmesi ve dallandırmasından ibaretti.

Bugünkü canlılar arasında, özellikle besin için saldırganlığın kökeni, o devirdeki besin azlığından kaynaklanmaktadır. Bugün de insanların çoğalma hızı ve organik maddelerin sunumu arasındaki denge bozulmaktadır. Eğer fotosentezin işleyişi tam açıklanıp sanayide, bu yolla, güneş enerjisinden organik madde elde edilmezse, 3,5 milyar yıl önceki gibi bir besin kriziyle karşılaşacağımız kesindir.

Alg ve hayvanlar arasındaki işbirliğinin en güzel örneğini terliksihayvanlardan bir türde *(Paramecium bursaria)* görmek olasıdır. Organik materyalle beslenen bu birhücreliler, kalıtsal olarak saptanmış sayıda (30-40 tane) yeşil alg de yutarlar (Şekil 3.9). Eğer yutulan bu algleri deneysel olarak terliksihayvanın vücudundan dışarıya çıkarırsak, yaşamalarına dışarıda devam edebilir (bugünkü bitkilerden dışarıya çıkarılan organellerden hiçbiri yaşamına devam edemez). Terliksihayvanın yuttuğu bir *Monore* yani *Chlorella* algidir; bir organel değildir.

Canlıları tam olarak bitkiler ve hayvanlar alemi diye ikiye ayırmak her zaman yeterli olmamaktadır; mantarlar klorofil taşımazlar, parazit yaşarlar; fakat hayvanlar gibi kendi enzimlerini (heterotrof beslenme için) de taşımazlar. Bu nedenle Amerika'lı biyolog R.H. WHITTAKER'in önerdiği gibi canlıları iki aleme değil, beş aleme bölmek anlaşılmalarını daha da kolaylaştıracaktır. Bunlar: 1. Monera'lar (en ilkel hücrelerin bugünkü temsilcileri olan çekirdeksiz bakteri ve algler, yani prokaryotlar), 2. Protistar (Protozoa'yı, yani çekirdekli ve organelli birhücrelileri kapsar), 3. Mantarlar, 4. Bitkiler ve 5. Hayvanlar.

Daha sonraki en önemli gözlem terliksihayvanın yeterince besin bulduğunda içine aldığı algleri sindirmediği, hatta onların çoğalmasına izin verdiğidir. Kalıtsal olarak saptanan sayıya ulaşınca bu alglerin bölünmesi durur. Belki de özel bir enzimle terliksihayvan tarafından durdurulur. Besinin az olduğu zamanlarda bu algler terliksi-



Şekil 3.9 : *Paramecium bursaria*'nın içinde simbiyont yaşayan belirli sayıdaki yeşil alglerin şematik görünümü. 1. Pellikul, 2. Dış plazma, 3. İç plazma, 4. Ağız alanı, 5. Ağız, 6. Yutak, 7. Besin kofulu içinde bakteriler, 8. Hücre anüsü, 9. Besin kofulu, 10. Kirpikler, 11. Vurgan Koful, 12. Küçük çekirdek, 13. Büyük çekirdek, 14. Vurgan kofulun kanalları ve 15. Trikosit'ler.

hayvana destek olur. Eğer sitoplazmasında yeterli sayıda alg taşırsa ve bu arada dışarıdan alg yutmaya devam ederse öncelikle dışarıdan yutulan algleri sindirmeye başlar. Buradan, devamlı olarak yuttuğu algleri herhangi bir şekilde kimyasal olarak işaretlediği anlamı çıkarılabilir.

Bu örneklere dayanarak biyologlar çekirdeksiz ve organelsiz ilkin hücrelerden evrimleşerek değil de, birleşme ve simbiyoz ile karmaşık hücrelerin nasıl oluştuğunu açıklayan bir model kurdular. Çünkü evrimin en önemli kademelerinden biri de buydu. Yani hücre evrimleşerek organellerini meydana getirmemiş, hazır olarak dışarıdan almıştır. Alınan organeller (bir zamanların ilkin canlıları) işlevlerini bağımsız olarak göstermekle beraber, ortak yaşama uyum yapacak şekilde bazı değişikliklere uğramışlardır.

Son zamanlarda yapılan incelemelerde yüksek bitkilerin klorofilinde ve keza mitokondrilerinde, bulunduğu hücrenin çekirdeğindeki DNA'dan farklı olarak, kendine özgü DNA taşıdığı saptanmıştır. Bu durum birçok bilim adamına göre, adı geçen organellerin bir zamanlar serbest yaşayan hücreler olduğunu kuşkusuz kanıtlamaktadır. Bu organellerin bizzat kendilerinin bir hücre yapı planı taşıması gereklidir. Fakat uzun süre süren kölelikten sonra bu yapıları ne oranda saklayabileceği de tartışılabilir. Bu konuda en belirgin kanıtlar yine *P. bursaria*'nın incelenmesiyle elde edilmiştir. Terliksihayvanın bizzat kendisi ve taşıdığı kloroplastlar birbirinden ayrıldığında herbiri kendi yaşamını devam ettirebilir. Bu, kloroplastların bir zamanlar bağımsız yaşayan algler olduğunu kanıtlar. MERESCHKOWKYS'in savından bugüne kadar birçok deneme yapılmış; fakat terliksihayvanların haricindeki diğer tüm canlılar ve içerdikleri organeller birbirinden ayrıldığında her ikisi için de ölümle sonuçlanmıştır. Fakat santrifüjle hücreden ayrılan kloroplastlar, ribozomlar ve mitokondriler hücresiz yapay ortamlarda, incelenmek amacıyla, belirli bir süre yaşatılabilir.

Özünde kendi başına yaşayabilme, kendi gücüyle beslenebilen ve çoğalabilen canlılar içindir. Organellerin hepsi bu işlevleri kendi başına yapamayacak kadar değişikliğe uğramıştır. Bu ortaklıktan (simbiyozis) ortaya çıkan hücreler (kloroplast taşıyanlar) artık ışıktan yararlanmasını biliyorlardı. Diğer transfer edilen organeller de şunlardı (Şekil 3.6):

3.3.1. KAMÇI VE SİLLER

İlk dünyasal besin krizinde ortaya çıkan kloroplastlı hücreler yaygın duruma geçerken, bir kısım kloroplastsız hücrelerin de yaşamasına olanak vermişlerdir. Kloroplastsız hücreler başlangıçta hareketsiz ve ölü besin maddelerini almalarına karşın, daha sonraları ortaya çıkan bitkisel bir hücrelilerin, alglerin ve bakterilerin hücresel hareketlerle burgu şeklinde hareket etmeleri, bu hayvanların da yırtıcı olarak beslenebilmesi için hareket etme zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bir anlamda çevre yine değişmiştir, besin hareketlidir. Hareketli besini avlayamayan birçok canlı yine bu değişikliğin kurbanı olarak ortadan kalkmıştır. Fakat büyük bir olasılıkla pek az bir hücre, bu değişikliğe uyum yaparak kamçıyı kazanmış ve hızlı hareket edebildiğinden ayakta kalabilmiştir.

Kamçı, bugün bulunduğu hücrelerde kademe kademe gelişerek oluşmamış, yine ortak yaşamanın bir sonucu olarak dış ortamdan tamamlanmış bir birim olarak hücre yapısına katılmıştır (Şekil 3.4 ve 3.6). Bu özelliği hücreye veren, bugün biyologların *Spirochaeta* diye tanıdıkları, çekirdeksiz, küçük, mantar açacağı şeklinde yapılmış, çırpınarak ve dönerek ileriye doğru hareket eden bakterilerdir.

Aç hücrenin üzerine bu Spirochaeta türlerinden birinin yapıştığını düşünürsek, hücre, besinini almak için öne doğru itici bir güç kazanmış olacaktır. Küçük Spirochaeta artık hücrenin bir parçasıymış gibi beslenmeye başlar. Bu birlikten ikisi de yarar sağlamıştır. Spirochaeta hücreye hareket verir, hücre, büyüklüğüyle Spirochaeta'ya destek olur ve besin parçalarından faydalanmasını sağlar. Bugünkü birhücreli hayvanlarda kamçının yaptığı uyumun geçit formlarını görmek olasıdır. En kesin kanıt

elektron mikroskopundan gelmektedir. Bugün yaşayan *Spirochaeta*'ların ince yapısı ile kamçıların ince yapısı tamamen birbirine uymaktadır.

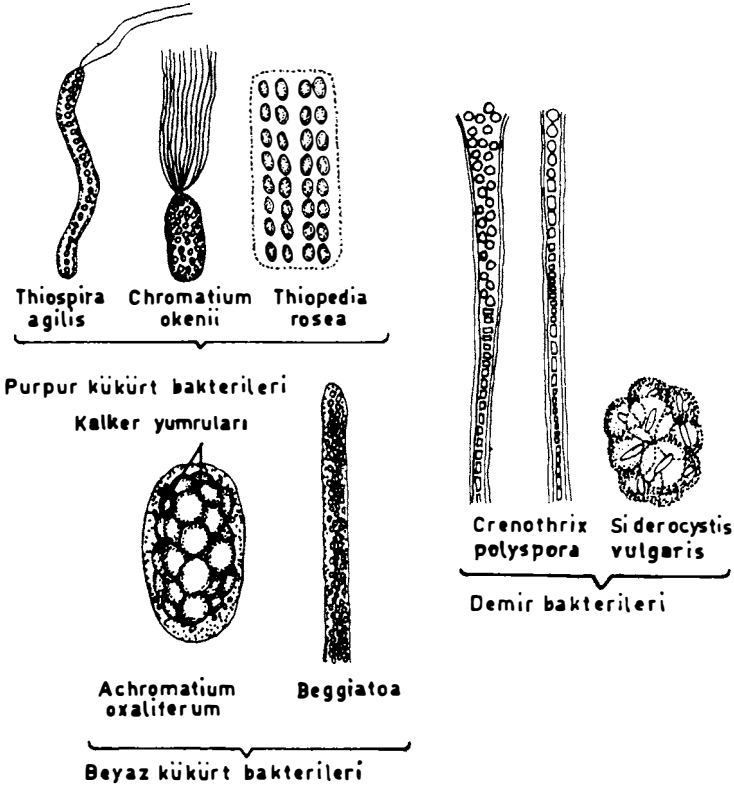
3.3.2. MİTOKONDRİLER

Bu ortaklıkların en önemlilerinden biri, belki de en önemlisidir. Daha önce değindiğimiz gibi mitokondri hücrenin enerji merkezidir. Oksijen kullanmak suretiyle büyük molekülleri (herşeyden önce glikozun parçalanmasıyla ortaya çıkan pirüvik asidi)' CO_2 ve suya kadar parçalayarak enerji elde eder.

İlkin atmosferde serbest oksijen olmadığı için mitokondriler nasıl çalışabilirdi? Çünkü serbest oksijen olsaydı oksitlenme gücünden dolayı biyomerler ve büyük moleküller oluşmayacaktı ve canlılık ortaya çıkmayacaktı. Biz oksijensiz solunumu anlatmadan önce, bazı inorganik bileşikleri parçalayarak veya sentezleyerek enerji elde eden basit bazı canlı formlarını gözden geçirelim.

3.3.2.1. *Kimyasal Sentezler*

Bazı hücrelerde gelişen enzimler ile inorganik maddelerden enerji elde edilir. Bazı bakteriler hatta birhücreliler (Şekil 3.10) bugün dahi bu yolla enerjilerini sağlarlar.



Şekil 3.10: İnorganik maddelerden enerji elde eden bazı bakteriler.

a) Demir bakterileri: Demiri, oksijen ve suyla birleştirerek demiroksit, hidrojen ve enerji elde ederler.

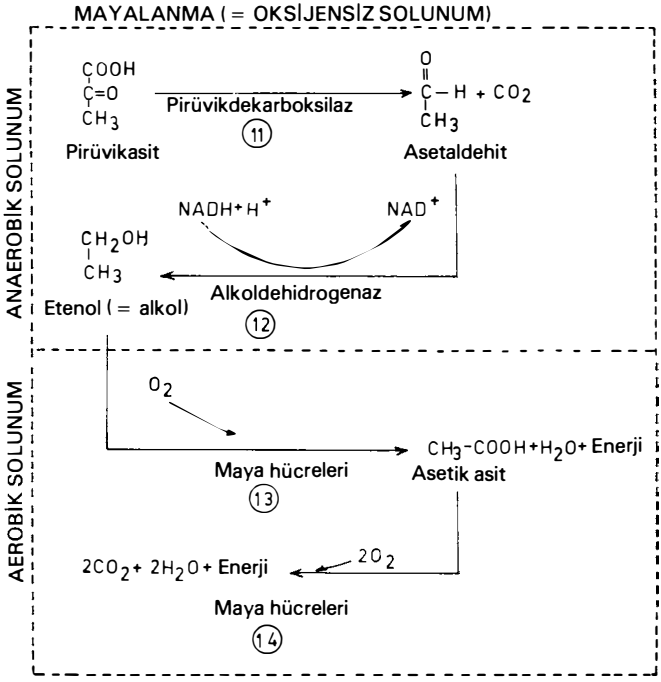
b) Kükürt bakterileri: Hidrojen sülfidi oksijenle birleştirmek suretiyle sülfür, su ve enerji elde ederler.

c) Nitrat bakterileri: Azotun değişik formlarını bağlamak ve çözmek suretiyle enerji elde ederler.

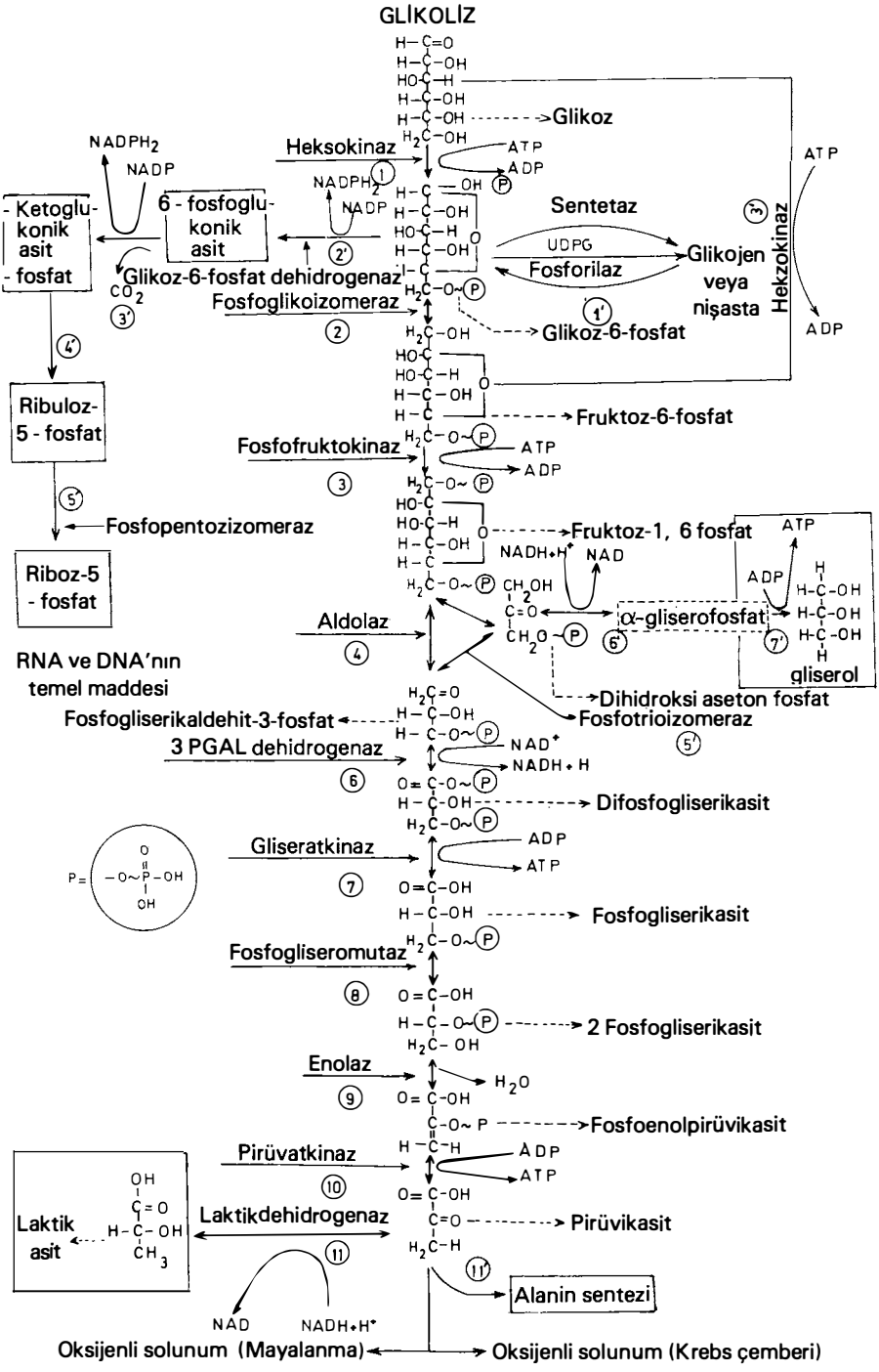
Dünyanın ilk evrelerinde serbest oksijenin az olmasından dolayı, enerji elde etmek için diğer yöntemlerin geliştirilmesi kaçınılmazdır. Bu yolla elde edilen enerji az ve yolu uzundur. Dolayısıyla ancak ilkel formlarda meydana gelmiştir. Kimyasal sentezleme suretiyle ve oksijen kullanarak enerji elde eden formlar serbest oksijenli atmosfer oluştuktan sonra ortaya çıkmış olabilir. Oksijen kullanmaksızın enerji elde edenler daha önce ortaya çıkabilirler.

3.3.2.2. *Serbest Oksijen Olmayan Ortamda Enerji Elde Edilmesi*

Yanıt oldukça basittir. Çünkü bugün dahi oksijensiz ortamlarda yaşayan birçok canlı vardır (anaerobik = oksijensiz solunum yapanlar). Ayrıntılı olarak incelenen madde değişimi ve solunum olayları, oksijensiz yaşayan canlıların enerjilerini solunumla değil mayalanma (Şekil 3.11) dediğimiz (birkaç ayrıcasını gözönüne almazsak) madde yıkımı ile elde ettiğini görürüz.



Şekil 3.11: Mayalanma (oksijensiz solunum).



Şekil 3.12: Glikoliz.

En tipik olanı, oransal olarak büyük kimyasal bağ enerjisi taşıyan ve aynı zamanda kolayca yıkılabilen üzüm şekeri, yani glikozdur. Bu nedenle en yaygın ve önemli enerji kaynağıdır. Glikozun yıkımı için özünde hücrenin mutlaka oksijene gereksinimi yoktur (Şekil 3.12). Hatta bugün oksijenle soluyanlar glikoz yıkımının ilk evrelerinde oksijen kullanmadan yıkımı yapar (sitoplazmada meydana gelen glikoliz devresi ile), daha sonra oksijenli solunuma geçerler (Krebs devresi).

Tüm yaşayan hücreler, glikozu (keza besin olarak hizmet gören diğer maddeleri) birbirini takip eden evreler halinde, taksit taksit yıkarlar. Bu ilk anda gereksiz bir ayrıntıymış gibi görünmesine karşın, özünde, bir anda glikozun su ve CO_2'e kadar parçalanmasıyla ortaya çıkacak enerjinin hücreyi yakarak yok edeceği bilinmektedir. Bu nedenle oksijenli solunum yapan hücre, glikozu, en azından iki düzinelik bir tepkime zincirinden geçirerek, yavaş yavaş yıkar ve enerjiyi kademe kademe kazanır. Bilindiği gibi her kademede özel bir enzim katalizörlük yapar. Bu enzimler, parçalanmanın kontrol edilmesini ve dolayısıyla enerjinin birdenbire serbest hale geçmesini önler.

Oksijenli solunum yapan hücrelerdeki glikoz yıkımının ilk on kademesi anaerobtur (oksijensizdir). Glikoz bu kademelerin sonunda ara ürün olarak tanımlanan laktik aside kadar yıkılır (glikoliz). Oksijensiz solunum yapan canlılarda yıkım kural olarak bundan daha ileriye götürülemez. Çünkü daha fazla enerji elde edilebilecek yıkımlar (Krebs devresinde) kesinlikle oksijene gereksinme gösterir. İşte bu evreye kadar olan parçalanmalar mayalanmalara (fermantasyona) tam bir benzerlik gösterir. Belirli bakteriler ve basit organizmalar hâlâ bu yolla enerjilerini elde ederler. Fermantosyonda şeker içerisinde bulunan enerjinin ancak 1/12'si kullanılır. Fermantasyon sonucu ortaya çıkan CO_2 ve alkoldür. Geri kalan enerjinin büyük bir kısmı bu nedenle alkolde kalmıştır. Alkol miktarı mayalanan ortamda % 4'ün üzerine çıkınca (yapay seleksiyon ile % 12'nin üzerindeki alkollü ortamlara dayanabilen mayalar elde edilmiştir) bir çeşit zehir etkisi yaparak kendini meydana getiren maya organizmalarını ortadan kaldırır. Bazı organizmalar da laktik asiti, asetik aside (sirke bakterileri gibi) ve diğer artık maddelere kadar parçalarlar. Sirkeleşme alkolleşmeden sonraki evredir ve oksijene gereksinme gösterir.

Bizim kaslarımızda da oksijensiz solunum görülür. Kuvvetli ve hızlı hareketlerde, kas hücreleri, glikozu su ve karbondioksite kadar parçalayacak oksijeni bulamaz ve enerji elde edebilmek için bol miktarda glikozu laktik aside kadar parçalar. Laktik asit de beyinde yorgunluk duygusunu uyandırır. Dinlenme sırasında alınan yeterince oksijen laktik asidin tekrar glikoza kadar gerisingeriye sentezlenmesini sağlar.

Araştırmalar bu evreye kadar olan parçalanmaların (glikolizin) hücre plazması içerisinde olduğunu ve daha sonraki oksijenli yıkımın (Krebsin) mitokondrilerde yapıldığını göstermektedir. Organellerden yoksun ilkin hücrelerde enerjinin sadece plazmadaki tepkimelerle elde edildiği ve bugünkü mayaların o devirdeki hücrelerin torunları olduğu varsayılmaktadır. Enerji elde edilmesinin en eski ve en ilkel formu olarak kabul edilir. Bu şekildeki canlılar oksijensiz atmosfere uyum yapmışlardır.

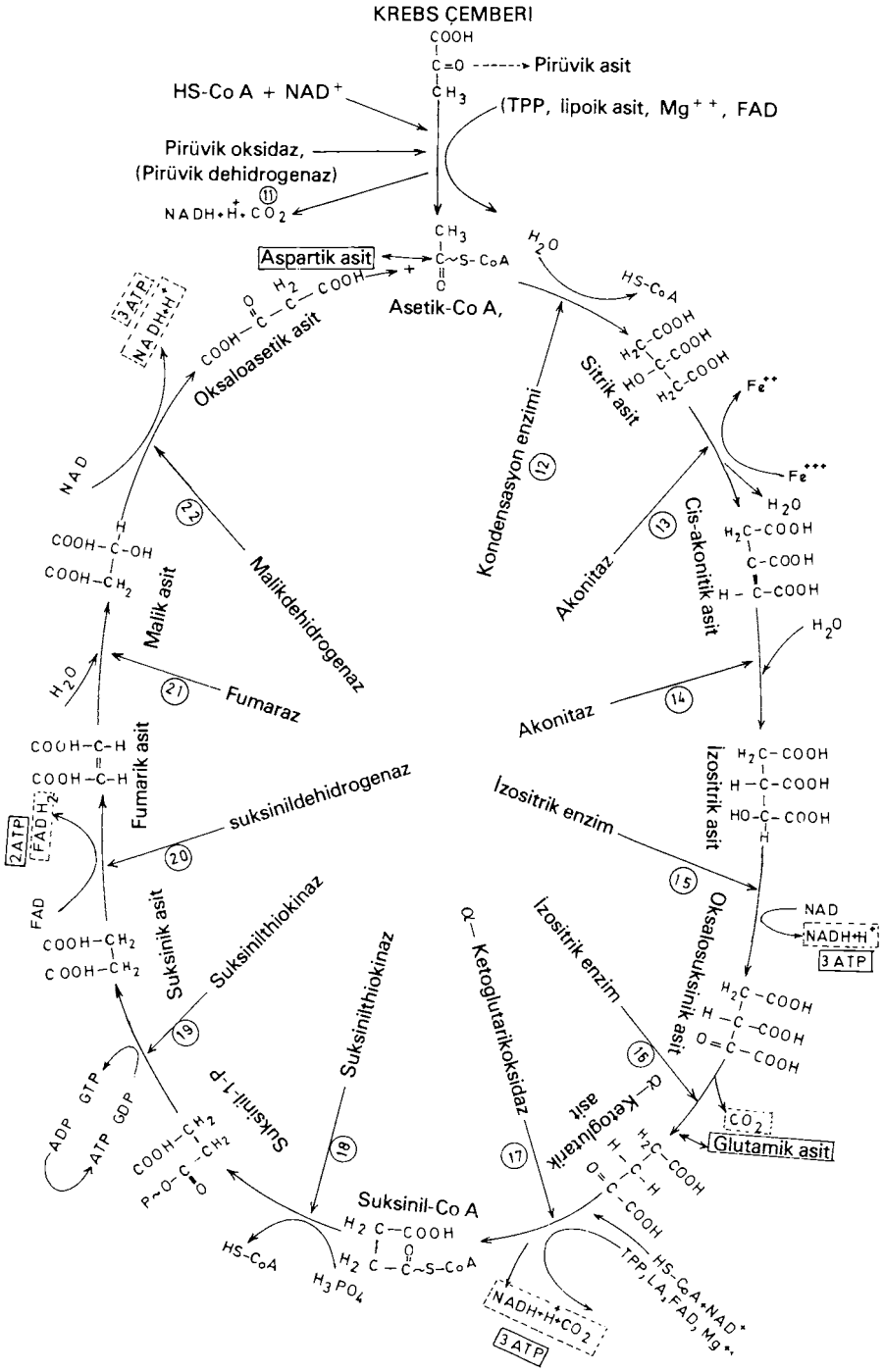
Hücre işlevleri çok fazla enerji gerektirmediği ve çevrede yeterince besin olduğu sürece bu mekanizma başarılı olarak yürütülmüştür.

3.3.2.3. *Oksijenli Solunuma Geçiş*

Kitabın başında da savunulduğu gibi sonlu ve değişken bir dünyada ve evrende hiç bir şeyin sonsuz ve kararlı olduğu düşünülemez. Besin krizinden dolayı hakim duruma geçen kloroplastlı hücrelerin artık maddeleri çevreyi etkileyici bir şekilde değiştirmeye başladı. Çünkü kloroplast iki tarafı keskin bir kılıç gibiydi. Bir taraftan besin maddesi üretirken, diğer taraftan canlıların hiç alışık olmadığı, hatta onlar için zehirli olan ve biyomerlerin meydana gelmesini oksitleyici etkisinden dolayı önleyen bir artık madde, yani "O_2" = oksijen üretiyordu. Başlangıçta çok ilkel ve doğal olarak etkisiz olan fotosentez mekanizmasının çıkardığı serbest oksijen, canlılar üzerinde çok büyük etkiye sahip değildi. Geçen milyonlarca yıl, fotosentez mekanizmasının gelişmesine ve oksijen üretiminin etkinleşmesine neden oldu. Çünkü gelişmesi son aşamaya ulaşmış kloroplastlar (ilkel formlarda H'ni diğer bileşiklerden alabildiği tahmin edilmektedir) kendileri için artık vazgeçilmez olan H'ni, suyu parçalayarak elde ediyor ve kullanmadığı serbest oksijeni de atmosfere veriyordu. Bu şekilde, yani son aşamada, enerji kazanımı optimale yükselmiş ve tam anlamıyla ototrof canlılar oluşmuştur (A maddesinden Z maddesini sentezleyen canlılar). O devirden bugüne kadar kimyasal mekanizmada herhangi bir değişiklik olmamıştır (etkinliği artırmak için oluşan yapısal değişiklikler hariç); çünkü kullandığı ilkin elementler, yani H_2O ve CO_2 gibi bileşikler dünyada hâlâ en çok bulunan temel maddelerdir. Nitekim sediman analizleri de bu varsayımı kanıtlamaktadır. Fotosentezin ortaya çıkmasıyla mavi-yeşil algler büyük jeolojik katmanlar yapacak şekilde çoğalmıştır ve bununla ilgili olarak artık madde, yani oksijen, atmosfere birikmeye başlamıştır. Bu gaz tüm mevcut canlıları tehdit etmeye başlamıştır (o güne dek atmosferdeki 0_2 miktarı % 01 kadar idi). Çünkü o güne kadar oksijene alışık olmayan canlılarda, oksijenin oksitleyici büyük etkisini nötralize edecek herhangi bir enzim sistemi gelişmemişti. Bu nedenle binbir emekle ortaya çıkan eşsiz canlılık yine çevre değişiminden dolayı büyük tehlike altında idi. Yeni ortama uyum,varlığımızı korudu.

3.3.2.4. *Oksijenli Solunumun Ortaya Çıkışı* "Uyum Rastlantımıydı?"

Bu sefer tehlike dışarıda değil, bizzat canlının kendisi tarafından yaratılmıştı. Eğer oksijenden korunma mekanizması herhangi bir bireyde oluşmamış olsaydı tek bir canlı kalmayacaktı. Nitekim bugüne kadar yapısı açıklanamayan birkaç enzim, bakterilerin bazılarına oksijenden korunma yeteneğini kazandırmıştır. Yine çevre bir doğal seçme baskısı kurmuş ve oksijene dayanıklı olanların çoğalması sağlanmıştır. Zamanla bu bireyler sadece oksijenden korunmakla kalmamış, oksijeni metabolizmalarının vazgeçilmez bir elementi olarak kullanmaya başlamışlardır. Bu özelliği sayısız canlının arasından ya birkaç ya da sadece bir tek birey kazanmıştır. İşte bu fantastik özelliği kazanan, yani oksijeni enerji elde etme mekanizmasında kullanan bireyin döl-



Şekil 3.13: Krebs çemberi.

leri, diğer tüm canlılar üzerinde tartışmasız bir üstünlük kuracaktır ve hayatta kalma için en büyük şansa sahip olacaktır. Tahminen birkaç yüz bin senede bu yeni formlar hakim duruma geçmişlerdir. Çünkü sadece laktik aside kadar parçalanarak enerjisi alınmış (2 ATP) mayalanmanın son ürünlerini (Şekil 3.11), yani artık maddelerini, oksitlemek suretiyle çok büyük (36 ATP) enerji elde edebilen (Şekil 3.13) bu yeni canlı formları büyük miktarlarda birikmiş besin maddesi kaynaklarıyla karşılaşmıştır. Çünkü o zamana kadar hiçbir canlı laktik asidi daha sonraki kademelerde parçalayarak enerji elde edebilecek mekanizmayı kazanmamıştı. Solunum deyimi bu kademeden sonra kullanılmalıdır. Laktik asit ve diğer son ürünler, oksijen kullanmak suretiyle, yani solunumla, artık enerji elde edilemeyecek yapı taşlarına kadar (CO_2 ve H_2O) parçalanır. Kaybolmuş formlar ve bugün oksijensiz enerji elde eden birkaç form (nitrat, nitrit, sülfür, demir, mangan bakterileri ve mayalar) hariç, diğer tüm canlılar, kamçılılardan insana kadar, oksijenle soluyan bu canlıların torunlarıdır.

Belki de tek bir bireyde ortaya çıkan bu karmaşık özellik nasıl olmuş da tüm canlıların yapısına katılmıştır? Varsayım, ortaya çıkan bu bireylerin, kloroplastlarda olduğu gibi, oksijensiz enerji elde eden hücreler tarafından plazma içerisine alındığı ve belirli rastlantılar ve koşulların altında simbiyoz yaşamı gerçekleştirdiğidir. Bu yeni ortak, hücrelerdeki "Mitokondriler"dir. Bu özelliği kazanan bakteri, büyük hücre tarafından korunmakta, meydana getirdiği enerji de konukçu tarafından alınmaktadır. Aslına bağlı kalarak mayalanma (laktik aside kadar parçalanma) sitoplazma içerisinde olmakta, son ürün mitokondriler tarafından alınarak CO_2 ve H_2O'ya kadar yıkılıp yüksek enerji elde edilmektedir. Bizim tüm hücrelere oksijen iletmemizin nedeni, mitokondrilerin gereksinmesi olan oksijeni sağlamak içindir.

Bütün bu gelişmeler süresinde hücrenin yapısını saptayan DNA'nın çekirdek veya ona benzer bir organel içerisinde olup olmadığını bilemiyoruz.

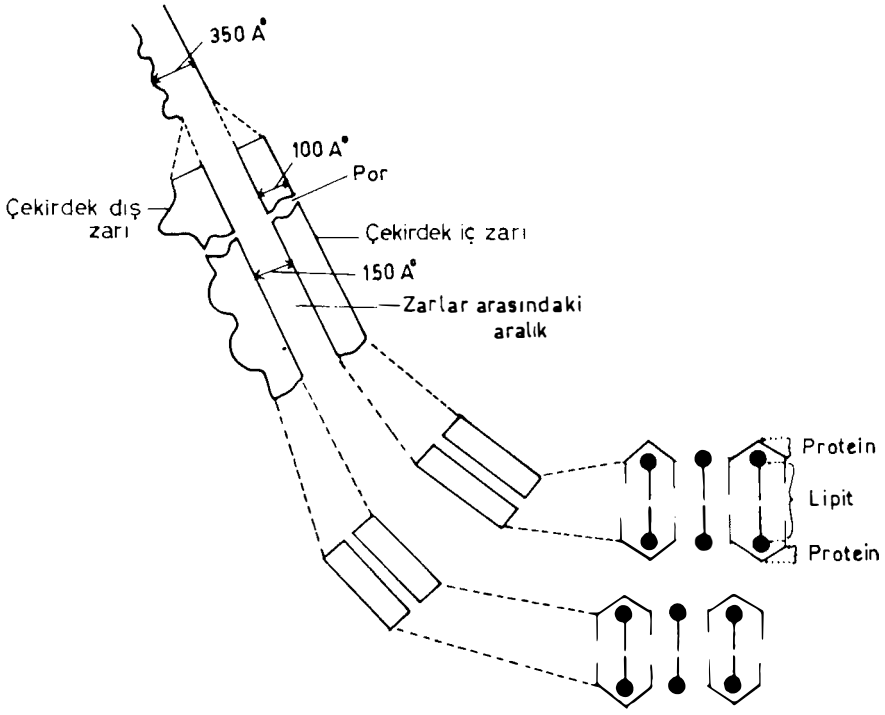
Sorunun en can alıcı noktası, mitokondrilerin bu özelliği nasıl kazandığıdır. Çünkü tek bir bireyin dahi rastlantı sonucu bu özelliği kazanması aklın alamayacağı kadar aşırı olasılıkların bir araya toplanmasını gerektirir (sitokrom-c'yi düşünün).

Burada evrimsel bir sorunla karşılaşıyoruz. Hücre gelecek yeni duruma bilerek uyum mu yapmıştır? Daha doğrusu ata hücre o şekilde yavrular mı oluşturmuştu? Yoksa, koşullar oluşmadan, rastlantı sonucu bu özellikleri taşıyan bir hücre başarılı bir uyum mu yapmıştı? Fotosentezde olduğu gibi, özünde, yaşanarak özellikler kazanılmamış, daha önce bünyesinde bulundurduğu yapısal özellikler nedeniyle yeni koşullara uyum yapmıştır. Çünkü bu aşamada bir hücresel düşünce ve hücresel kurguyu kabul etmek olanaksız görülmektedir. Solunumu sağlayan ve her kademede değişik şekilde katalizör olarak ödev gören birtakım enzimler, mekanizmanın özünü oluşturmaktadır. Bu enzim dizisini bir hücre ya tam içerir ya da bazılarını içermesi anlamsızdır. Çünkü enzimlerin bazılarının eksik olması herhangi bir sonuca götürmez. Burada bilimsel düşünceye oldukça ters gelmekle beraber, daha doğmatik bir açıklama ve spekülasyon yapmamak için tüm solunum enzimlerinin bir defada hücre içerisinde ve oksijenle temas etmeden önce, eksiksiz bulunduğunu ister istemez

kabul etmek zorundayız. Ancak bu enzim dizisinin tümüne rastlantı sonucu sahip olan bir hücre serbest oksijenli atmosfere uyum yapabilecektir. Oksijenli solunum yapan diğer değişik mekanizmaların gelişip gelişmediğini bilemiyoruz. Fakat atmosferde oksijen oluştuktan sonra, artık evrimsel olarak çok değişik yönlerde gelişim olanakları büyük ölçüde önlenmiş ve ancak belirli koşullar altıda yaşamını devam ettirebilen canlılar gelişmeye başlamıştır. Bu evreye kadar geçen süre, bu evreden insan meydana gelinceye kadar geçen sürenin en azından beş mislidir.

3.3.3. ÇEKİRDEK ZARININ ORTAYA ÇIKIŞI

Fosil kalıntı olmadığı için elimizde kesin bir kanıt yoktur. Fakat bundan aşağı yukarı bir milyar yıl önce çekirdeğin oluştuğuna dair izler vardır. Hücre zarına benzer bir zarın (Şekil 3.14) kalıtsal materyali sardığı zannedilmektedir. Belki de bir hücre diğer hücrenin içerisine girerek belirli bir uyumu sağlamıştır.



Şekil 3.14: Çekirdek zarının şematik görünümü.

Karmaşık çekirdek bölünmesinin gelişimi de en azından bir milyar yıl almıştır. Çekirdeksiz hücreden çekirdekliye geçiş, fotosentezin ve oksijenle solunumun gelişimi aşağı yukarı eşit zaman sürelerinde ve en azından 500 - 600 milyon yıl aralıklarla

oluşmuştur. İlk omurgasızlardan insana kadar ancak 600 - 700 milyon yıl geçmiştir. Bu nedenle rastlantıların ortaya çıkma olasılığı, zaman süreci gözönüne alınırsa daha da büyümektedir. Çünkü bu süre içerisinde meydana gelen mutasyonların çevre koşullarına uyum yapacak değişiklikleri sağlaması, zaman uzunluğuyla doğru orantılı olarak artar. Amaca uygun mutasyon oluşmamasına karşın, doğal seçmeyle ayıklananlar mutasyonların bir amaca yönelik olduğu izlenimini verir. Bu saptama evrimsel düşünceye yepyeni bir ufuk açmıştır. Nobel armağanı alan Amerikalı JOSHUA LEDERBERG'in yaptığı deneme bu düşünceyi açıkça kanıtlamıştır. Yirmi yıl önce yapılan bu basit; fakat doyurucu deneme mutasyonların yönlendirilmesi ve onunla ilgili evrimsel gelişim konusunda çok değerli katkılarda bulunmuştur. Bu denemeyi kısaca görelim:

3.4. LABORATUVARDA EVRİM

Deneysel olarak evrimi incelemek istiyorsak, birçok dölü inceleyebilecek uzun zamana ve büyük sayıda bireye gereksinmemiz olacaktır. Birey sayısının fazla olması gerekir; çünkü mutasyonların yüzdesini ancak o zaman çıkarabiliriz. Mutasyon ise geniş anlamda DNA eşlemesinin hatalı olmasıyla meydana gelir ve oransal olarak yüzdesi çok küçüktür. Eğer bu koşullar olmasaydı (yani uzun zaman ve büyük sayıda birey olması koşulu) canlılar belirli döller boyunca değişmeden kalamayacaktı ve çok kısa zamanda aralarında büyük değişimler ortaya çıkacaktı. DNA eşlemesinde bu hatalar hiç olmasaydı türlerde bir değişim, dolayısıyla evrim olmayacaktı. İşte doğanın ve canlılığın eşsizliği bu eksterm değerler içerisinde (hiç değişmeme ve hızlı değişme) belirli ölçülerde değişebilirliğidir.

Mutasyonlar birçok dölde incelenmelidir; çünkü çoğalmada (hücre bölünmesinde) ortaya çıkar ve en azından iki döl incelenmesiyle saptanabilir. Özünde, mutasyonlar amaca yönelik olarak ortaya çıkmaz, çok olmasına karşılık, bireye (veya populasyona) yaşam savaşında üstünlük sağlayanlar yönünde seçime uğrar. Çevre değişiminde, uygun mutasyonlara uğrayanlar, uğramayanlara göre daha üstün duruma geçerler.

Aynı türden birçok dölün tek bir araştırıcı tarafından incelenmesi en azından canlıların çok büyük kısmı için olanaksızdır. Bu nedenle laboratuvarlardaki evrim gözlemleri için vücudu küçük (yer sorunundan dolayı), döldeki birey sayısı fazla ve döller arasındaki zaman aralığı çok kısa türler kullanılmalıdır.

Bu koşulları taşıyan canlı grubu bakterilerdir. Küçüktürler ve bir cam kutuda, uygun ortamda milyonlarca defa çoğaltılabilirler. Bazı bakteri türlerinde döl süresi ancak 20 dakika kadardır. Yani her 20 dakikada bir, bir anlamda yavru meydana getirilir. Canlılardaki kalıtım kuralları aynı yasalara göre işlediğinden, bu canlı grubunda yapılacak gözlem, diğerleri için de başarıyla kullanılabilir. JOSHUA LEDERBERG, anlatılanları gözönüne alarak, laboratuvarda evrimi kanıtlayabilmek için, damgalama deneyini yaptı ve dayanıklı formları (rezistans olanları) amacı için kullandı.

Bugün çok kişinin de bildiği ve doktorların uyardığı gibi, çok basit grip ve bademcik enfeksiyonlarında hemen antibiyotik almak son derece sakıncalıdır. Çünkü

aldığımız antibiyotik (özellikle yeterince alınmamışsa) bir zaman sonra vücuda yerleşmiş bakterilerde dayanıklılık yani rezistanslık meydana getirecektir ve ileride ciddi rahatsızlıklarda verilen bu antibiyotiklere cevap verilmeyecektir. Penisilin, teramisin ve diğer antibiyotiklerin etkilerini, bulundukları tarihe göre yitirmeleri bu nedenledir.

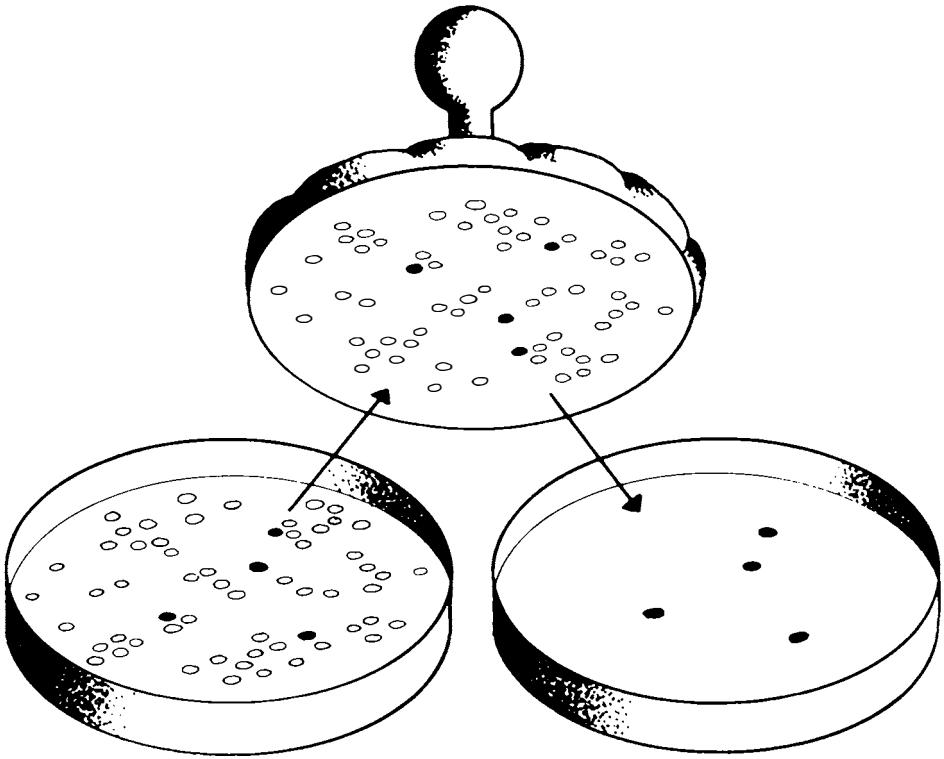
Hergün yeni dayanıklı bakteri formları ortaya çıktığından, ilaç firmaları yeni antibiyotikleri geliştirmek zorunda kalmışlardır. Bilinen antibiyotiklere cevap vermeyen bakteri soylarının sayısı hergün biraz daha artmaktadır. Bu savaşımda sürekli yeni antibiyotikler bulunamazsa, bakteriler sonuçta galip çıkacaktır ve bu da insanın geleceğini tehdit edecektir. Her iki canlı da, birisi teknikle, diğeri uyum yapabilme yeteneğiyle, her ne pahasına olursa olsun, hayatta kalma çabasındadır.

Sir ALEXANDER FLEMING 1928 yılında penisilini bulduktan ve son Dünya Savaşında ilaç olarak kullanılmasından sonra, ilk rauntta doktorlar mikroorganizmalara karşı kesin bir başarı kazanıldığına inanmışlardı. Fakat evrim kavramı doktorlar tarafından yeterince bilinmiyordu ya da gözönüne alınmamıştı. Bu nedenle bir zaman sonra oluşacak dirençlilik hesaba katılmamıştı.

Özünde bakterinin yaşadığı organizma, onun için vazgeçilmez bir çevredir; varlığı yaşadığı canlının varlığıyla devam edebilir. Yaşadığı organizmada yavaş ve uzun süren değişikliklere uyum yapmakla beraber ani değişikliklere (antibiyotik tedavisi gibi) uyum yapma çok zor olmaktadır. Bu değişiklikler bir zamanlar atmosferde serbest oksijenin oluşmasına benzetilebilir. İşte o zaman oksijene dayanıklı birkaç veya sadece bir tek birey hazır idiyse, antibiyotikli ortama dayanabilecek mutant bakteri formları (veya formu) da bu enfekte populasyonun içerisinde bulunabilir. Bu dayanıklı birey ve bireyler bir zaman sonra tüm populasyona hakim olarak yeni bir ırk meydana getirir. Bu, evrimin bugün de devam ettiğini kanıtlar.

Burada akla bazı sorunlar gelmektedir. Bakteri, değişen organizmaya mutasyonlar ile mi uyum yapmıştır? Mutasyonlar tamamen rastlantı sonucu mu oluşmuştur, yoksa penisilin mi bu mutasyonal değişikliği ortaya çıkarmıştır?

LEDERBERG, bu sorulara en basit ve doyurucu yanıtı, yaptığı denemelerle vermiştir. LEDERBERG, bir petri kutusunun içerisine besin sıvısı koyarak onu jelatin gibi pıhtılaştırmıştır. Daha sonra bir türü, örneğin *Staphylococcus*'ları aşılamıştır ve uygun sıcaklıkta tüm yüzeyi örtecek şekilde bakteri kolonilerinin gelişmesini beklemiştir. Bu şekilde bir petri kutusunda 100.000 kadar nokta şeklinde bakteri kolonisi oluşmuştur. Bu petri kutusunun içerisine (Şekil 3.15) üzeri ipekli dokuma ile örtülmüş tahtadan bir damgayı (tam petri kutusuna uyucak şekilde) hafifçe bastırmıştır. Daha sonra bu damgayı, içerisinde biraz penisilin içeren besin ortamlı bir diğer petri kutusuna bastırmıştır. İpeğin üzerine yapışan bakterilerin yeni ortamda da (penisilinli ortam) üremelerini incelemiştir. Sonuç çok ilginçti. 100.000 bakteri kolonisinden alınan bakteri örnekleri içerisinde yalnız 4 koloninin bireyleri yeni ortamda üreyebilmişti. Diğerlerinin bulunduğu yerlerde bakteriler gelişememişti.



Şekil 3.15: LEDERBERG'in damga deneyinin şematize edilmesi. Soldaki petri kutusunda bulunan bakteri kolonileri, ipekten bir bezle örtülmüş damga ile (ortada) sağdaki penisilinli besin içeren petri kutusuna iletilmektedir. Bu iletimde, soldaki petri kutusu içerisinde penisiline dayanıklı kolonilerin yeni ortamda geliştikleri, diğerlerinin yok olduğu görülmektedir.

Yani penisiline dayanıklı ancak 4 koloni vardı. Diğerlerinin hepsi ortadan kalkmıştı. LEDERBERG, daha sonra her koloniden (100.000 koloniden) örnek alarak penisilinli besin ortamında büyütmeye çalıştıysa da başarılı olamadı. Ancak 4 koloniden gelen bireyler penisilinli ortamda üreyebiliyordu. Çıkan sonuç şuydu: Dayanıklı formlar penisilinli ortamda oluşmamıştı, daha önceki ortamda vardı ve ancak onlar uyum yapabiliyorlardı. Bakteriler bilinçli olarak gelecek bir tehlikeye hazırlık yapmış olamazlardı, ancak mutasyonlarla kazandıkları bazı özellikleri, rastlantı olarak, yeni ortamda kullanabilmişlerdir. Bu deneme çok değişik bakteri ve çok değişik antibiyotikle tekrarlanmış ve her defasında yeni antibiyotiğe tesadüfen uyum yapan birkaç koloni bulunmuştur. Antibiyotikler madde değişiminin özel bir kademesinde zehir etkisi yapan bileşiklerdir. İnsan hücrelerine zarar vermeyen; fakat bakterinin kimyasal işlevini belirli bir kademede bloke eden maddelerden seçilir. Bakteri, antibiyotiğin yıkıcı etkisinden (kimyasal işlevleri bloke eden ya da bakterinin hücre duvarını çözen) kendi kimyasal işlevlerini kısmen değiştirmekle kurtulur. Bu değişikliği yapabilenler mutasyona uğrayan ve antibiyotiğe karşı yeni enzim üretebilen populasyondaki pek az, şanslı, bazı bakteri bireyleridir. Yani mutasyon denen rulette kazananlar yaşamlarını sürdürebilirler.

4. BÖLÜM

EŞEYSELLİĞİN (SEKSİN) EVRİMİ

Eşeysellik canlıların en önemli evrensel özelliklerinden biridir. Basit bir hücreli canlıdan yüksek organizasyonlu birçok bitki ve hayvana kadar bireyler arasında gen alışverişini sağlamak için gelişmiş bir biyolojik mekanizmadır. İlke olarak, bu, eşeylerin oluşumuyla başlamıştır. Biz, genellikle, eşeyselliği üreme ile birleştiririz; gerçekte üreme için eşeysellik gerekli değildir. Birçok canlıda eşeysiz üreme, çok daha basit ve çok daha etkin bir şekilde yürütülmektedir. Fakat uzun zaman eşeysiz üreyen bu ilkel sayılan canlılar, farklı zamanlarda eşeyli olarak gen aktarımı (transferi) yapmak gereğini duyarlar. Bazı önemli biyolojik yararların ve evrimsel gelişmenin özü bu eşey oluşumuna bağlıdır. Yoksa sadece üreme için gelişmemiştir.

4.1. EŞEYSELLİK VE DEĞİŞİM (VARYASYONLAR)

4.1.1. POPULASYONLARDAKİ KALITSAL DEĞİŞİMLER

Populasyonlardaki kalıtsal değişimler (varyasyonlar) DARWIN'in evrim için öngördüğü öğelerden biridir. Farklı bireylerden gelen genlerin kombinasyonu ile ortaya çıkan varyasyonlar çok daha etkili sonuçlar doğurabilir. Bu şekildeki kombinasyonlardan yoksun bir canlı, devamlı olarak tek bir atanın benzer-eşini (dublikatını) üretebilecektir. Diğer bir deyimle yaşam sadece klon olacaktır. Klon aynı atadan üreyen (gelen) ve aynı kalıtsal yapıyı taşıyan bir seri bireyler topluluğu olarak tanımlanır. Biz, bazı bitkilerin yumrusunu (patates gibi), kökünü (gül gibi) ya da dalını (kavak gibi) dikmek suretiyle ürettiğimizde gerçek bir klon oluştururuz. Bu şekilde, istenen genlere ve dolayısıyla morfolojik yapıya sahip o bitkinin özellikleri, bozulmadan, çeliklemek veya aşılamak suretiyle devam ettirilir. Kurbağa ve semenderlerde ve keza havuçlarda sadece hücrelerden klon yapımı başarılabilmiştir (insanlar tarafından). Birgün insanın da klonunun yapılabileceği ve hatta bu yönde çalışmalara başlandığı bilinmektedir. Ahlaki yönden ne olmalıdır tartışmasına girmeden, aynı kalıtsal yapıya sahip (tek yumurta ikizi gibi) birçok canlının aynı zamanda üretilmesi herhalde birçok bakımdan ilginç olacaktır (gelecekte insanın yaşamına bkz!). Klon içerisinde bazı kalıtsal değişmeler (gen mutasyonu ve kromozomların yeniden düzenlenmesi

ile) ortaya çıkabilir. Bu değişiklikler çok seyrek olarak meydana gelir. Eğer varyasyonlar bu yöntemle elde edilmiş olsaydı (sadece bu yolla) evrim çok yavaş yürüyecekti. Halbuki eşeyselliğin ortaya çıkmasıyla tüm bireylerdeki gen kombinasyonları seçilecek ve faydalı olanlar bir araya gelme olanağını bulacaktır.

Eşeyselliğin oluşumu uzun zaman almıştır. Yaşamın ortaya çıkışından iki milyar yıl sonra eşeyler ayrılmıştır. Bu nedenle başlangıçta evrim çok yavaş yürümüş ve prokaryotik canlılardan daha yukarıya çıkamamıştır. Bu arada bir ya da daha fazla populasyonda genlerin eşeysel olarak aktarımı başlamıştır. Bu şekilde etkin bir varyasyon mekanizması ve evrimsel avantaj doğmuştur. Bunun sonucu daha sonraki 500-600 milyon yıl içerisinde sayısız denecek kadar fazla sayıda gelişmiş, yüksek organizasyonlu ve karmaşık tür ortaya çıkmıştır. Bu, bize, eşeyselliğin, evrimde ne denli etkili olduğunu göstermektedir. Eşeyselliğin nasıl geliştiğini evrimsel bir sıraya göre inceleyelim.

4.1.2. PROKARYOTLARDA VE BİRHÜCRELİLERDE EŞEYSELLİK

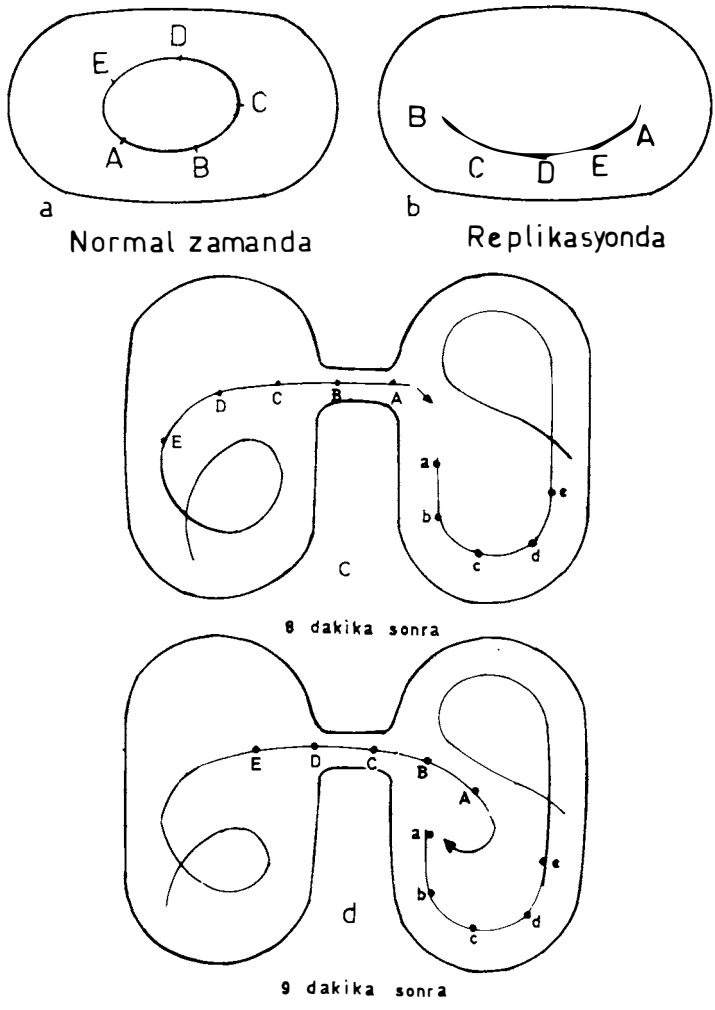
İlk olarak çekirdeksiz ve birhücreli prokaryotlarda eşeyselliğin ortaya çıktığı varsayılmaktadır. Bugün bakterilerde ve mavi-yeşil alglerde gen aktarımı gösterilebilmektedir. Her ikisinde de gen aktarımı aynı olduğundan, bunlardan yalnız bakterileri incelemek bizim için yeterli olacaktır.

4.1.2.1. *Bakterilerde Gen Aktarımı*

Mikroskop ilk bulunduğu zaman, bakterilerin bölünme (fission) ile eşeysiz ürediği zannediliyordu. Uzun yıllar bireylerin genlerinin birbirine karışmadığı varsayılmıştı. Fakat daha sonra yapılan ayrıntılı denemeler durumun varsayıldığı gibi olmadığını ortaya koymuştur. Fizyolojik özellikleri bakımından birbirinden farklı olan bir türün iki ırkını aynı tüp içerisine koyduğumuzda, bir zaman sonra her iki özelliği gösteren değişik ırkların ortaya çıktığını, yani bir gen karışımı olduğunu göstermiştir.

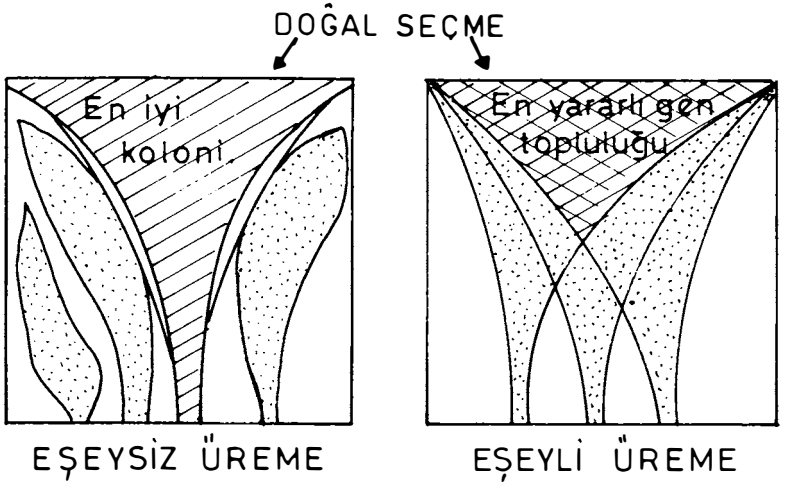
Elektron mikroskopuyla bu gen aktarımı gözlenmiştir. Eşeyselliğe göre iki çeşit bakteri vardır, yani erkek ve dişi. Zıt iki eşeyin yan yana gelerek aralarında sitoplazmik bir köprünün oluşması kavuşmanın ilk aşamasıdır (Şekil 4.1). Genel bilgilerimizden bildiğimiz gibi prokaryotların kromozomu çember şeklindeki DNA zincirinden meydana gelmiştir. Normal bölünmelerde DNA kendini replike ve duplike ederek çoğaltır ve her zaman bir bakteri haploittir. Eşeyli çoğalma sırasında erkek bakterinin (verici) DNA'sı replike olur ve kromozom bir zincir şeklinde açılır. Erkeğin bu kromozom zinciri, oluşan sitoplazma köprüsünden dişi bakteriye (alıcıya) geçmeye başlar.

Kural olarak bu kromozom parçası dişiye geçtikten sonra bireyler birbirinden ayrılır. Şimdi alıcının bazı genleri artık diploittir. Bir zaman sonra vericinin kromozom zincir parçası alıcının kromozomuna girer ve o kısımdaki alıcı kromozom parçasını hücreden dışarıya çıkarır. Bu, eukaryotlardaki krossing-overe benzer. Böylece alıcı haploit olur. Kendi orijinal genlerine ilaveten vericiden gelen genlerin de eklenmesiyle yeni bir gen kombinasyonuna sahip olmuş olur. Bu eşeyselliğin en ilkel formu



Şekil 4.1 : Prokaryotik organizmalarda (bakterilerde) kalıtım materyali; harfler genleri gösterir. a) Normal zamanda bakteri DNA'sı çember şeklindedir, b) Replikasyon (kendini eşleme) sırasında açılarak iplik şeklini alır, c-d) Kavuşma (üreme) sırasında, c) İki bakteri arasındaki oluşan sitoplazma köprüsünden bu DNA zinciri vericiden (♂) alıcıya (♀) geçer, d) Bakteriler ayrıldığında alıcının DNA'sının bir kısmı, diğer bakteriden gelmiştir. Vericinin ise DNA'sında eksilmeler olmuştur.

ve esasıdır; üremeyle yakın bir ilişkisi yoktur. Bölünme ile birçok bakteri yeni gen kombinasyonuna sahip olabilir. Bu şekildeki bir klon diğer klonlara göre daha avantajlı gen kombinasyonu taşıyorsa bir zaman sonra diğer tüm klonları bastıracaktır (Şekil 4.2). Örneğin bir bakteri ırkı çok hızlı büyüdüğünden dolayı virulant olabilir, buna karşın diğer bir ırk yavaş büyür; fakat antibiyotiklere dayanıklıdır. Gen aktarımı ile yeni meydana gelen ırk hem virulant hem de antibiyotiklere dayanıklı olabilir.



Şekil 4.2 : Eşeyli üremenin evrim açısından yararı. Eğer sadece eşeysiz üreme şekli kullanılsaydı, seçme yalnız en başarılı sonuçlar verecek genleri taşıyan kolonilerin seçimi şeklinde olacaktı. Eşeyli üremede, seçme, farklı bireylerden toplanacak en yararlı genlerin kombinasyonundan meydana gelecek bireyler şeklinde olmuştur.

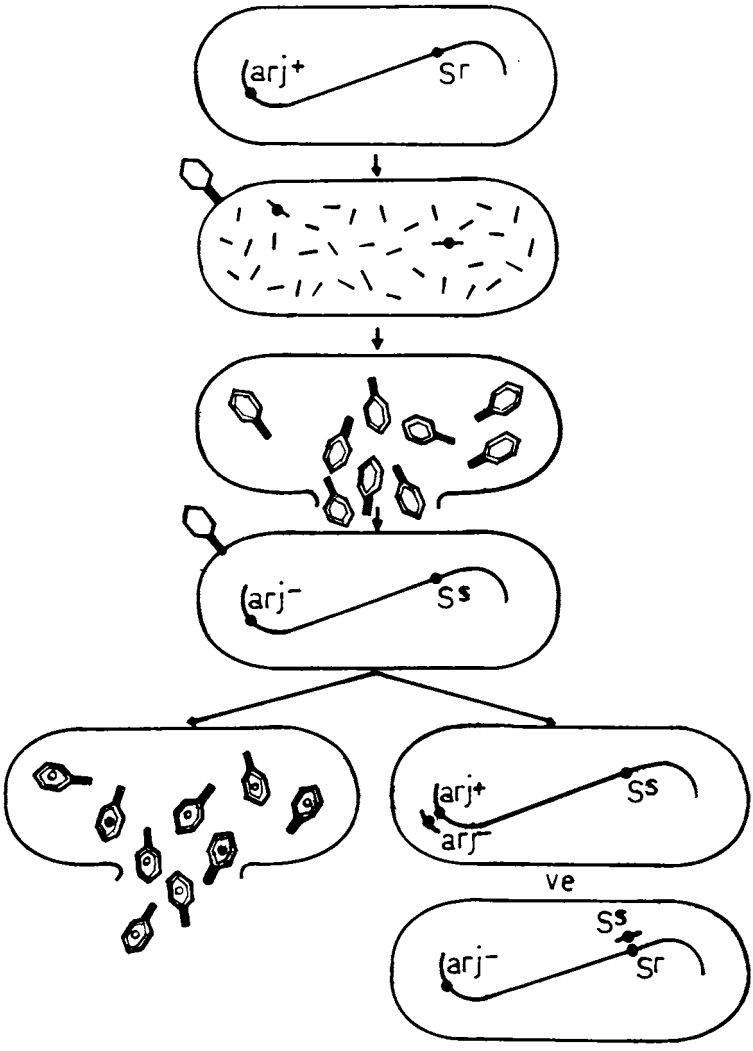
4.1.2.2. *Gen Aktarımının Kökeni*

Bir hücreden diğer hücreye gen aktarımının en basit formu prokaryotik canlıların bir kısmında görülür. DNA, bir bakteri ırkından ekstre edilebilir (yalıtılabilir) ve diğer bir ırkın besin ortamına karıştırılabilir. Bakteriler bu besin ortamından DNA'yı endositozis ile (bir çeşit yutma ile) içine alır ve kromozomlarına ekleyebilirler. Bu, **"Transformasyon"** olarak bilinir ve birçok bakteri türünde gösterilmiştir. DNA keza virüsler aracılığıyla bir bakteriden diğerine aktarılabilir (Şekil 4.3). Bu olay **"Transduksiyon"** olarak bilinir (28.3.2'ye bkz!).

Bakteriye benzer milyarlarca primordiyal organizma dünyanın ilk evrelerinde dünyaya yayılmıştı. Primordiyal hücrenin bir diğeriyle sitoplazmik köprü kurması ve kontak yapması oldukça kolaydır. Bu şekildeki bir bağlantı DNA'nın bir diğerine geçmesini olası kılar. İşte bu şekildeki bir gen aktarımının mümkün olduğu organizmalar evrimsel olarak büyük bir avantaj sağlamış olurlar.

4.1.2.3. *Terliksi Hayvanlarda Kavuşum (Konjugasyon)*

Yüksek formlar gibi kendine özgü sitoplazmik organelleri, kromozomları ve çekirdeği olan birhücreli ökaryotik terliksi hayvan *(Paramecium)* gen aktarımını konjugasyon ile yapar. Terliksi hayvan gerçekte iki çekirdeğe sahiptir; makro ve mikronukleus. Küçük çekirdek (mikronukleus) yüksek organizasyonlu canlılardaki çekirdeğe benzer. Kavuşma sırasında, iki hayvan ağız taraflarıyla birbirine bir sitoplazmik köprü aracılığıyla bağlanır. Her birinin küçük çekirdeği bir seri bölünme geçirir ve sonuçta oluşan iki çekirdekten bir tanesi diğerine geçer (Şekil 4.4). Bu, yüksek formlardaki döllenme ve mayoz bölünmenin en ilkel basamağıdır. Küçük çekirdekle-

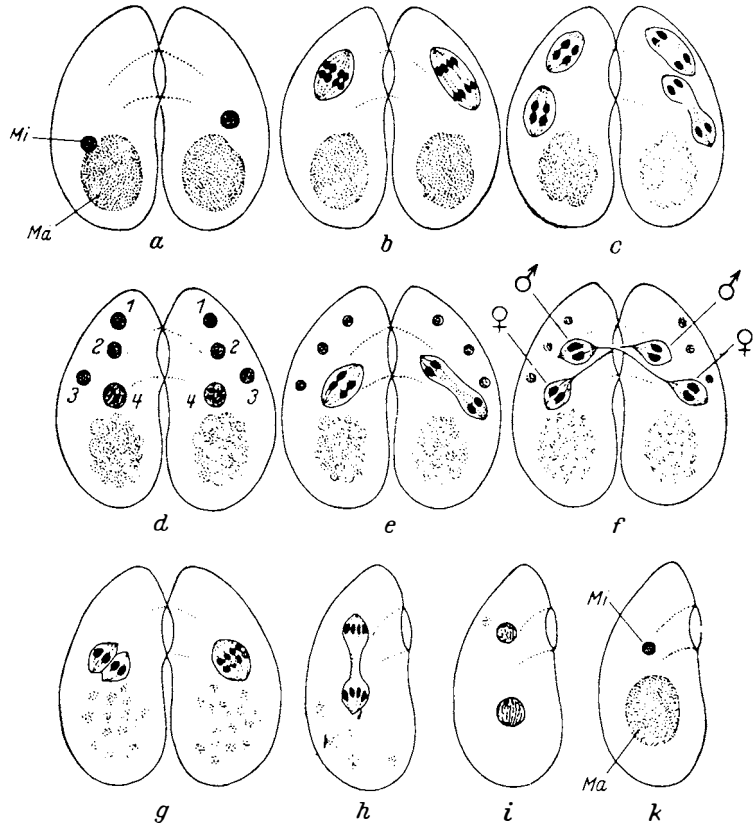


Şekil 4.3 : Transdüksiyon : Faj ilk konaktan geni alır ve ikinci konağın içindeki genoma taşır.

rin yarıları birbiriyle birleşerek (her bir yarısı diğerinden gelmiştir) tek bir yeni küçük çekirdek meydana getirirler (her iki bireyde de). Üreme daha sonra gelir ve boyuna bölünme ile çoğalma sağlanır.

4.1.3. ÇOK HÜCRELİ ORGANİZMALARDA EŞEYSELLİK

Çok hücrelilik geliştiği zaman, farklı hücreler farklı işlevleri yüklenmişlerdir. Hayvanlarda belirli hücreler beslenmeyi, hareketi, iletimi vs. sağlarlar. Eşeyselliği ve üremeyi sağlayan hücreler de bu eşgüdüm sırasında ayrılmıştır. Başlangıçta eşey-



Şekil 4.4 : Bir sillinin *(Ciliata)* konjugasyonu. a) İki birey sitostom civarında karşı karşıya gelir, b) Her bireyde (konjugant) küçük çekirdekler ön bölünmelerini yaparlar, c) Küçük çekirdekler bölünür; büyük çekirdekler kaybolmaya başlarlar, d-e) İkinci bölünmede oluşan 4 küçük çekirdek tekrar bölünerek bir kalıcı (dişi), bir tane de göçücü (erkek) çekirdekciği meydana getirir, f) Göçücü çekirdekler değiştirilir, g) Her konjugantta kalıcı çekirdek öbür bireyden gelen göçücü çekirdekle birleşerek zigotu yapar, h-k) Hayvanlar birbirinden ayrılır, h) Zigot çekirdeği bölünür, i ve k) Bu çekirdekciklerden biri büyük çekirdeği diğeri küçük çekirdeği yapar, mi) Küçük çekirdek (mikronukleus), ma) Büyük çekirdek (makronukleus) (Kühn'den).

sel olarak ayrılma yoktur. Her organizma hem erkek hem dişidir. Bu tip canlılara "Monoecious" veya "Hermaphrodit" canlılar denir. Bitkilerin çoğu bugün aynı çiçek içerisinde hem erkek hem dişi dokuya sahiptirler, yani "Erselik"tirler. Hayvanların çoğu, bitkilerin bazıları ayrı eşeyli, yani "Dioecious" dur.

4.1.3.1. *Erselik (Monoecious) Hayvanlar*

Her ne kadar erselik hayvanlar, eşeysel organların her ikisini içerseler de, diğer bir bireyle üreme hücrelerini değiş tokuş yapmak için çeşitli yapıları geliştirmişlerdir. Örneğin, yer solucanlarında hem testis (erbezi) hem ovaryum (yumurtalık) aynı hayvanda bulunur ve hem yumurta hem sperma üretilir. Kendi kendini döllemesi çok

kolay olmasına karşın, eşeyselliğin getirdiği yararları ortadan kaldıracağından, davranışsal olarak iki bireyin arasında sperma alışverişi yapmak için gelişme ortaya çıkmıştır. Üreme zamanı geldiğinde yer solucanları toprak üzerine çıkar, nemli bir gecede diğer bir bireyle sperma alışverişi yapılır ve bu şekilde yumurtalar yabancı bir bireyin spermalarıyla döllenir. Kural olarak erselik hayvanların çoğunda karşılıklı döllenme söz konusudur.

Evrimsel gelişmenin alt sınırındaki birçok hayvanda, buna karşın, gerçek bir erseliklik (hermafroditlik) görülebilir. Örneğin bağırsak solucanlarında, bu tip, kendi kendini dölleme vardır. Canlılardaki organizasyon yükseldikçe eşeylerin ayırımı belirginleşir ve daha etkin duruma geçmek için yardımcı organlar gelişir.

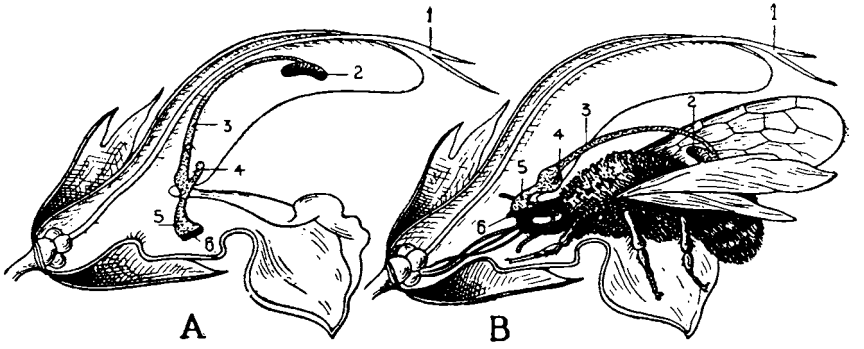
4.1.3.2. *Ayrı Eşeyli (Dioecious) Hayvanlar*

İlk olarak eşeyler arasında gamet üretimi bakımından bir özelleşme ortaya çıkar. Dişi her gelişim kademesinde biraz daha kendi rolünü etkin bir şekilde oynamaya başlar ve sonuçta yalnız bir çeşit gamet, yani yumurta; erkek ise sadece sperma üretmeye başlar. Eşeyler arasındaki en belirgin farklılaşma memeli hayvanlarda ve kuşlarda görülür. Daha aşağı organizmalara doğru gidildikçe bu farklılaşma azalmaya başlar ve belirli bir kademede (örneğin solucanlarda ve daha ilkel olarak birhücrelilerde) her iki özellik bir birey üzerinde bulunmaya başlar. Eşeylerin ayırımına bağlı olarak yapısal ve davranış bakımından, keza iş bölümü bakımından birçok farklılaşmalar da ortaya çıkar.

4.1.3.3. *Bitkilerde Eşeysellik*

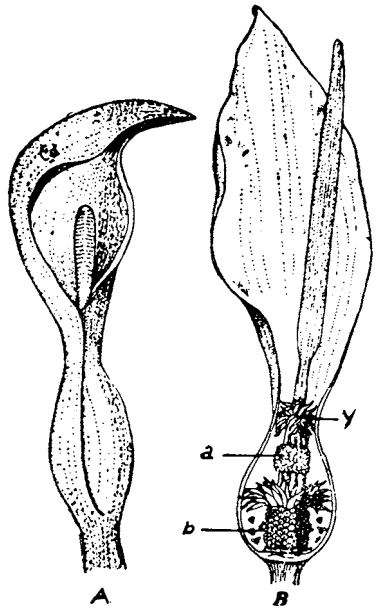
Birçok bitki her iki çeşit gameti de üretir. Fakat karşılıklı döllenmeyi sağlamak için de birçok önlem geliştirilir. Çiçekli bitkilerde, *Angiosperm*'lerde diğer bitkilerden gelen polenlerin yumurtayı dölleyebilmesi için oldukça karmaşık sistemler gelişmiştir. Rüzgarla tozlaşan çiçeklerde yumurtalıklar çiçeğin kendi polenleri olgunlaşmadan önce olgunlaşır. Böylece, bir çiçeğin poleni olgunlaştığında yumurtası döllenmiş olur. Kara buğday, çavdar, lahana ve mısır gibi rüzgarla tozlaşan bitkilerin yumurtalıkları ve polenleri aynı zamanda olgunlaşır. Fakat aynı bitkinin poleni pistile ulaştığı zaman döllenme yapmaz ya da germinasyon o kadar yavaş yürür ki yabancı poleninkinin önüne geçemez. Bunun yanı sıra birçok bitkide kendi kendini döllemeyi önlemek için bazı fizyolojik mekanizmalar gelişmiştir.

Böceklerle tozlaşan bitkilerde keza kendi kendini döllemeyi önleyen birçok yöntem gelişmiştir. Bazılarında pistil anterlerden daha öteye uzanarak bu döllenmeyi önler. Diğer bir çiçekten gelen böcek ilk olarak daha uzun olan pistile değeceği için, yabancı poleni pistile verecektir; daha sonra bu çiçeğin polenlerine bulaşır (Şekil 4.5). Bazılarında, polenlerini böceklerin vücuduna bulaştırmak için özel donatımlar gelişmiştir. Örneğin, bazılarında anterlere bağlı tuzaklı kapılar gelişmiştir. Böcek bu kapıdan geçince anterler aşağıya doğru eğilerek böceklerin sırtına çarpar ve polenlerini oraya bırakır. Bazılarında anter bir tüp içerisindedir. Böcek çiçeğe girince ağırlı-



Şekil 4.5 : *Salvia* (adaçayı)'nın bir *Bombus* tarafından döllenmesi A) Çiçeğin sol yarısı, B) Nektar almak üzere *Salvia*'ya gelen bir eşekarısının sırtına polenlerin sürülmesi. 1. Boyuncuk (situlus), 2. Verimli (fertil) başçık (anter), 3. Sap (flament), 4. Kaldıraç, 5. Steril başçığı (anteri) kaldıraca bağlayan sap, 6. Steril başçık (anter) (Kosswig'den).

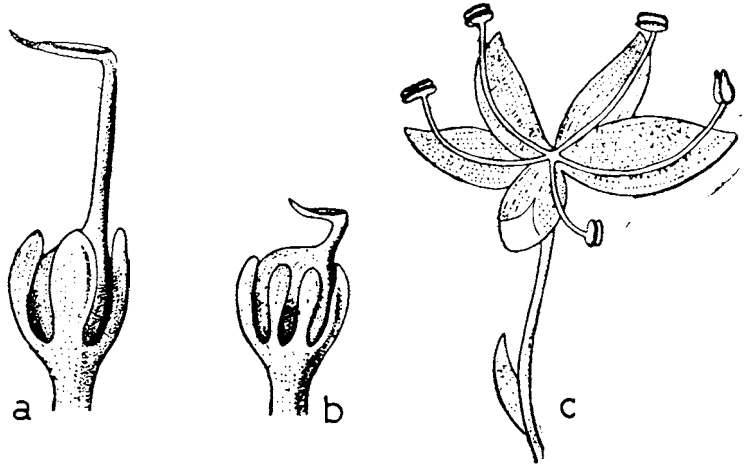
ğından dolayı anterin etrafındaki tüpü bir piston gömleği gibi aşağıya iter, polenler açığa çıkar ve böceğin vücuduna yapışır. Bazılarında (*Arum*'da olduğu gibi) tuzak kurularak, böcek belirli bir süre çiçek içerisinde tutuklanır ve bu arada döllenme sağlanır (Şekil 4.6).



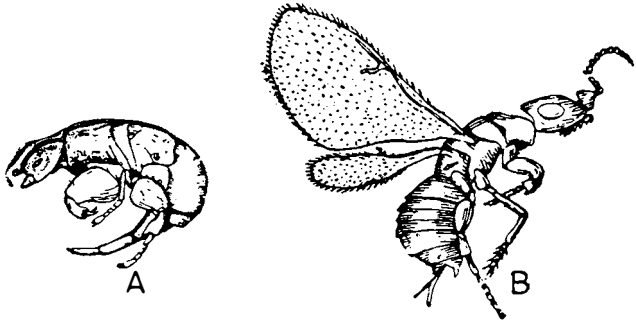
Şekil 4.6 : *Arum*'da A) Dişi ve erkek çiçekler bir yaprak tarafından örtülmüştür, B) Torba içindeki erkek (a) ve dişi (b) çiçekler ile bunun üzerindeki küçük kılları (y) göstermek için torbayı saran yaprağın yarısı kesilmiştir (Kosswig'den).

Birçoğunda bu ilişki bir simbiyotik ilişkiye dönüşmüştür. En basitinden böceklerin besin maddesi olarak nektar ve polenleri toplaması ve bu arada tozlaşmayı sağlaması simbiyozisin en yaygın şeklidir. Hatta renk ve koku bakımından bu ilişki çok daha ileri boyutlara ulaşmıştır. Örneğin bazı sinekleri çekebilmek için, bazı bitkilerin (*Arum* gibi) leş kokusu çıkarması en göze çarpıcı örnektir.

Bazı bitki ve böcekler arasında o denli yakın bir simbiyotik ilişki gelişmiştir ki biri, diğeri olmadan dölünü devam ettiremez. Örneğin incirlerdeki durum böyledir. Dişi (yenen incir) ve erkek (baba incir) incir ayrıdır (Şekil 4.7). Tozlaşmayı baba incir

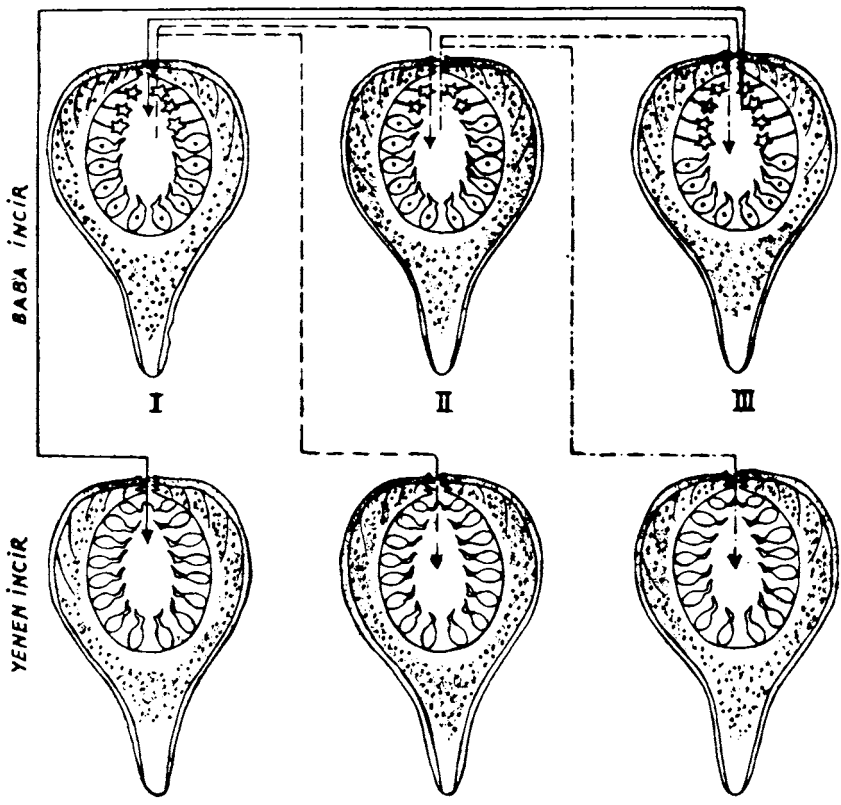


Şekil 4.7 : a) Yenen incirin, b) Baba incirin dişi çiçeği, c) Baba incirin erkek çiçeği, c, a ve b'ye nazaran daha az büyültülmüştür (Kosswig'den).



Şekil 4.8 : A) Erkek, B) Dişi *Blastophaga* (Hesse-Doflein'den).

içinde gelişen, *Blastophaga* denen bir arının (Şekil 4.8) dişileri gerçekleştirir. İncirsiz, arı; arısız, incirin tohumları gelişemez (Şekil 4.9). Bu ilişki belki başlangıçta bu kadar katı değildi. Fakat zamanla, doğal seçmeyle, bu ilişki o kadar ilerletilmiştir ki bir zaman sonra üreme çemberlerinin bir parçasını veya yaşamlarının bir kısmını diğer partner olmadan yapamayacak duruma gelmiştir. Belki de bu ilişki başlangıçta bir



Şekil 4.9 : Baba incir ile yenen incir arasındaki ilişki.

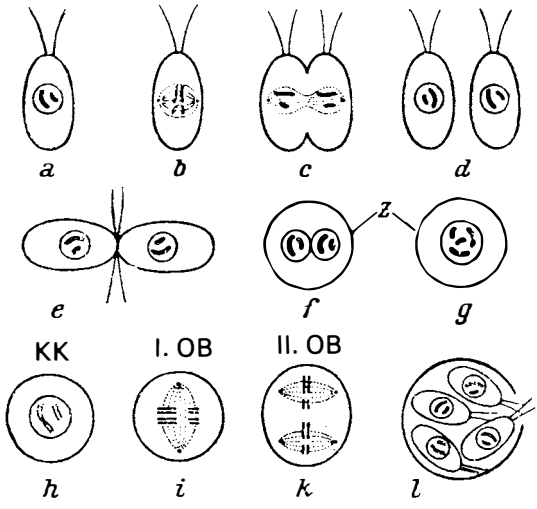
parazitizm ile başlamıştır. Bu partnerlerden birinin ortadan kalkmasını sağlayacak bir felaket, örneğin, zirai ilaçlama, virüs hastalıkları vs. diğerinin de ortadan kalkmasına neden olacaktır.

Birçok bitki, eşeysel organları hariç, diğer kısımları birbirine benzeyen, ayrı eşeylilik de meydana getirmiştir. Örneğin çoban püskülü, dikenli defne, incir, eğrelti vs. gibi bitkilerde ayrı eşeylilik belirgindir ve bunların bir kısmında eşeyler farklı bireylerle temsil edilirler. Bazı iğne yapraklı ağaçlarda yalnız erkek kozalaklar, bazılarında ise yalnız dişi kozalaklar oluşur. Yüksek bitkilerin birçoğu bir bitki üzerinde hem erkek hem dişi organları taşır.

a) *Protococcus* gibi basit yeşil algler yalnız eşeysiz ürerler.

b) Haploit organizmalarda (bazı birhücreli hayvanlarda ve ilkel bitkilerde), mayoz, zigot içerisinde meydana gelir ve her iki olgunlaşma bölünmesinden sonra dört haploit hücre ortaya çıkar. Zigot tüm yaşam çemberinin tek diploit kromozomlu evresidir (Şekil 4.10). Örneğin :

Chlamydomonas, göl, havuz ve ıslak topraklarda yaşayan, iki kamçılı, kuvvetli bir selüloz duvarla desteklenmiş bir algdir. Eşeysiz olarak bu selüloz duvar içerisinde



Şekil 4.10: Haploit canlılarda kromozom durumu (örneğin, *Chlamydomonas* alginde). KK) Kromozom konjugasyonu. I.OB) I. Olgunlaşma bölünmesi, II.OB) II. Olgunlaşma bölünmesi, Z) Zigot.

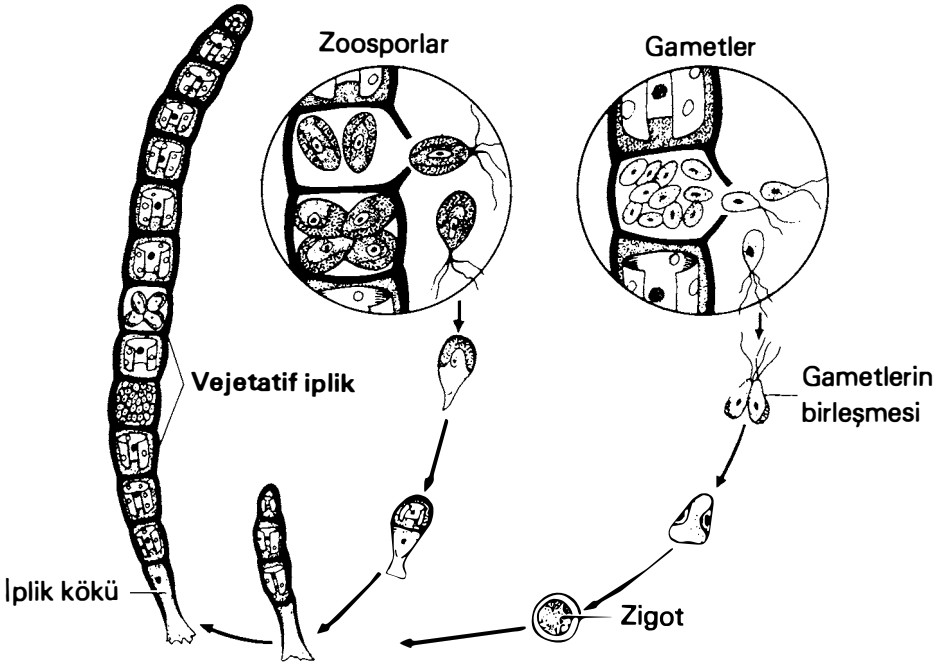
bölünmekle sekiz tane zoospor meydana getirir. Hücre duvarının parçalanmasıyla bu zoosporlar ortama dağılarak her biri yeni bir alge gelişir.

Zaman zaman eşeyli üreme de meydana gelir. Ana hücre bölünmekle 8-32 tane, küçük "gamet" denen, zoosporlara ve erginlere benzeyen; fakat onlardan daha küçük hücreye ayrılır (Şekil 4.10). Bu gametlerden ikisi, kamçıların çıktığı yerde birbiriyle birleşir ve "zigot"u yapar. Başlangıçta dört kamçılı görünen bu zigotlar, bir zaman sonra kamçılarını yitirirler. Zigot yuvarlaklaşır, kalın bir duvar salgılar ve uygun olmayan koşullarda uzun bir süre yaşayabilir. Çevre koşulları tekrar uygunlaşırsa, zigot, mayozla dört hücreye bölünür ve birlik parçalanarak, yeniden iki kamçılı dört alg hücresi meydana gelir. *Chlamydomonas,* eşeysel üreme gösteren çok ilkel formlardan biridir. Gametler özelleşmiş hücreler değildir; zoospor ve ergine benzerler. Birçok *Chlamydomonas* türünde yapı ve büyüklük bakımından iki hücrenin birleşmesi sözkonusudur. Eşeyli üremenin bu şekli "İzogami" olarak bilinir. Pek az türde, gametler yine iki kamçı taşımalarına karşın, yapısal olarak biraz farklılaşmıştır ve iki farklı gametin birleşmesiyle zigot meydana geldiği için bu tip üremeye de "Heterogami" denir.

c) İkinci tip eşeyli üreme, havuzlarda çok bulunan *Spirogyra*'da görülür. Bu alg bir uçtan öbür uca hücre dizilimi olan iplik şeklindeki bir yeşil algdir. Genellikle iki alg iplikciği yan yana gelerek, karşılıklı gelen hücrelerden çıkıntılar ve sonuçta sitoplazma köprüleri oluşur (Şekil 14.5). Hücrelerden bir tanesinin içeriği yuvarlaklaşarak "oo z" bu köprüden geçip diğer hücrenin sitoplazmasıyla birleşir. Sonunda iki hücrenin çekirdeği birleşerek, döllenmeyi tamamlarlar. Zigot kalın bir duvarla çevrilerek, kötü çevre koşullarını atlatmaya çalışır. Koşullar normale dönünce mayozla dört haploit çekirdek oluşur. Bunlardan üçü ölür; dördüncüsü, kalın hücre duvarı kırıldık-

tan sonra mitozla bölünerek alg ipliğini meydana getirir. Bu üreme şekli de ilkel sayılır. Çünkü iplik hücrelerinde her hangi bir farklılaşma olmamıştır ve tüm hücreler karşılıklı olarak birbirini dölleyebilir (izogami).

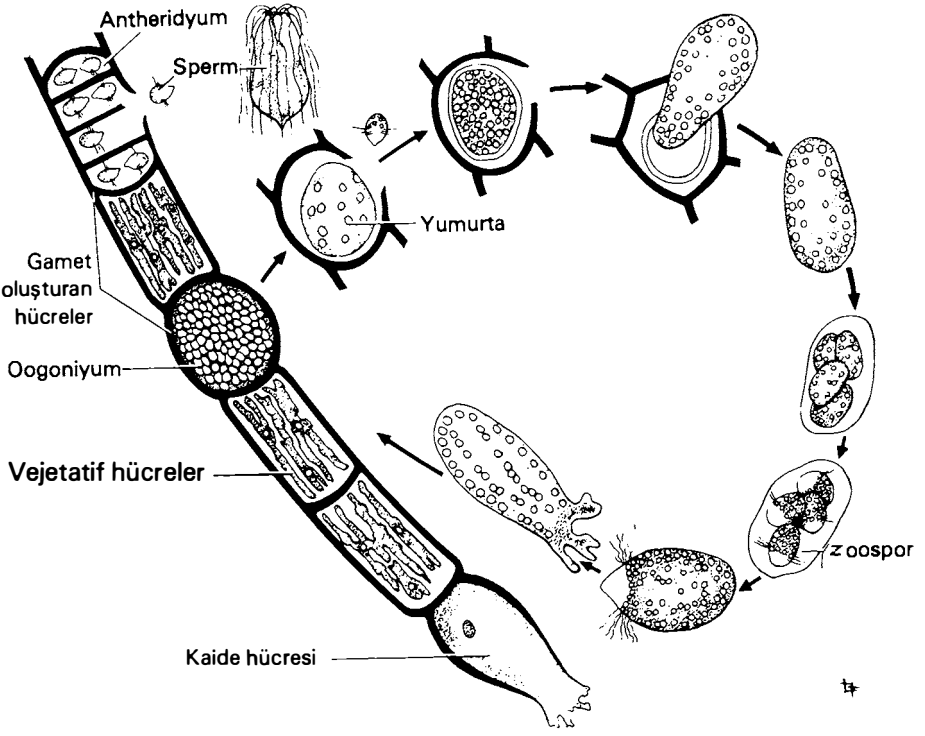
d) Diğer ipliksi yeşil alg *Ulothrix* eşey evriminde bir adım daha ileriye gitmiştir. Bu bitkide, iplik içerisindeki hücrelerden bir tanesi birkaç bölünme ile iki kamçılı küçük gametleri yapar (Şekil 4.11) ve bundan sonraki tüm evreler *Chlamydomonas*'daki gibidir. Aradaki tek fark tüm iplik hücreleri değil, yalnız özelleşmiş belirli hücreler bu eşeysel üremeyi yaparlar (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: *Ulothrix* adlı yeşil algin ipliği (solda); zoosporlarla eşeysiz üremenin büyültülmüş şekli (ortada); gamet oluşumu ve gametlerin birleşmesi ile oluşan zigot, yani eşeyli üreme (sağda) (Villee'den).

e) Üçüncü evrimsel basamak *Oedogonium*'da görülür. Eşeysel üremede, zigot, besince zengin, hareketsiz bir yumurta ile, küçük ve hareketli bir spermanın birleşmesiyle meydana gelir (Şekil 4.12), yani heterogami ilk defa bunlarda görülmeye başlar. Herhangi bir vejetatif hücre yumurta ve spermayı meydana getirebilir. Yumurtayı meydana getirecek hücreler yuvarlaklaşır ve besinle dolar; spermayı meydana getirecek vejetatif hücre birkaç kere disk şeklinde bölünür ve her hücreden bölünmek suretiyle iki küçük sperma meydana gelir. Bu spermalar ön taraflarında bir kamçı çelengine sahiptirler. Yumurta ve spermanın ikisi de haploittir; birleşmeleriyle diploit zigot meydana gelir. Sperma yumurtaya doğru yüzer. Onu bulmada yumurtanın saldığı kimyasal maddeler yardımcı olur. Zigot,kötü koşullarda kalın bir duvarla çevrilir. Uygun ortamda, mayozla, her biri uç kısmında bir kamçı çelengi taşıyan, bir-

birine benzer, dört haploit eşeysiz üreme hücresi yani zoospor meydana getirir. Bunlar da yeni alg ipliklerini meydana getirirler.



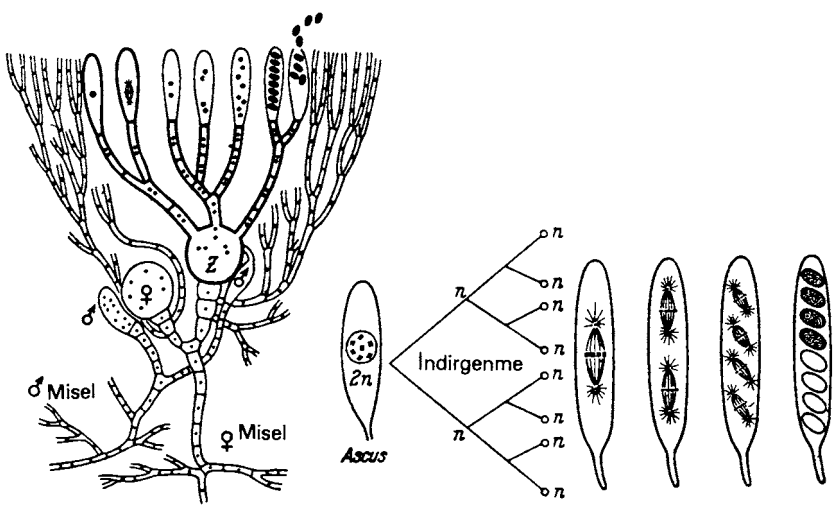
Şekil 4.12: *Oedogonium* adlı yeşil algin ipliği ve farklılaşmış yumurta ile spermanın birleşmesinden oluşan eşeyli üreme (Villee'den).

f) Bu düzeydeki son basamak *Volvox*'da ve diğer yüksek bitkilerde görülen, eşeysel hücrelerin vücudun özelleşmiş belirli bir bölgesinden meydana gelmesidir (*Ulothrix* ve *Oedogonium*'daki gibi belirli bir hücreden değil). *Volvox*'da eşeysel hücreler vücudun belirli bir bölgesinden üretilir. Yumurtalar "Oogonium" denen özel organdan, hareketsiz ve tek olarak; spermalar hareketli, kamçılı olarak antheridium (çoğulu antheridia) denen (genellikle bu terim yüksek bitkilerde, sperma üreten organlara verilen isimdir) organlarda daha fazla sayıda üretilir. Spermalar aktif olarak yumurtayı bularak döller ve diploit zigotları yaparlar. Uygun ortamda mayozla, haploit hücreler; bunların mitozla bölünmesiyle de *Volvox* kolonileri meydana gelir. Bazı *Volvox* türlerinde, tek bir koloni ya tamamen erkek (sadece antheridiumları taşıdığı için) ya da dişi (sadece oogoniumları taşıdığı için) olabilir. Bunlar ayrı eşeyliliğin ilk üyeleridir. Bazı koloniler de her ikisini taşıdığı için eşeysel farklılaşmanın geçiş formları olarak varsayılır (Şekil 5.4 ve 5.5).

Bu aşamaya kadar evrimsel gelişimde bazı eğilimler görülür. Birincisi spermaların sayısı fazlalaşmış ve hareketliliğini korumuş; buna karşın yumurta, zigotun belirli

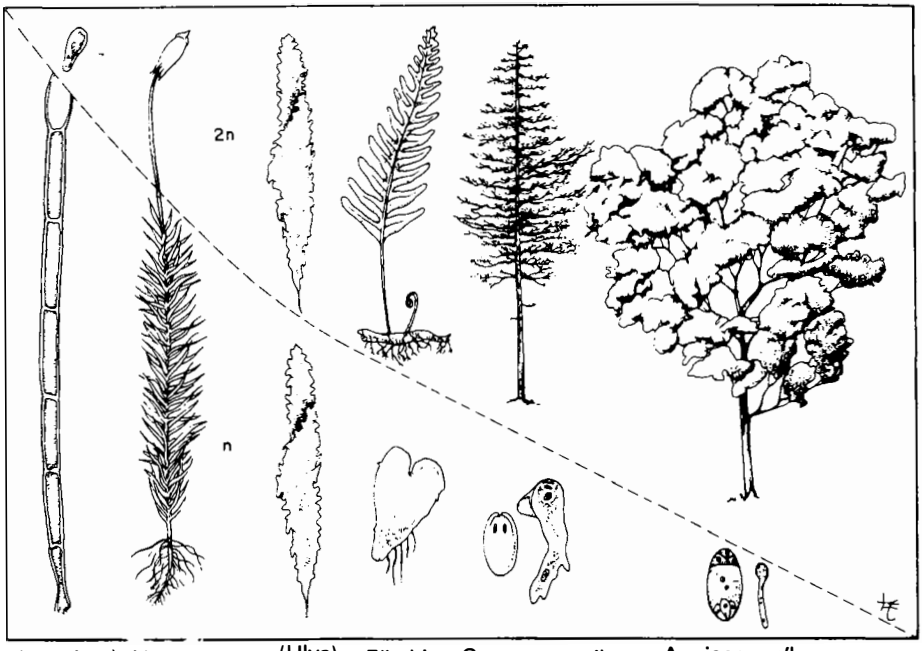
bir gelişim evresine kadar besinini sağlamak için sayısı azalmış ve yapıca büyümüştür. İkinci eğilim ise vücut hücrelerinin bir kısmı sadece vejetatif göreve; bir kısmı da üremeye ayrılmıştır. Üçüncü eğilim ise eşeylerin farklılaşması yönündedir. İlkel bitkilerde aynı bitki çevre koşullarına bağlı olarak eşeysiz ve eşeyli üremeyi yapar. Yüksek bitkilerde ve alglerde bu eşeyli üreme ile eşeysiz üreme farklı birer döl şeklinde ayrılmaya başlamıştır. Deniz marulları, *Ulva*'da yapı ve büyüklük bakımından birbirinin aynı olan iki farklı form vardır. Bunlardan biri diploit sporofittir; mayozla haploit zoosporları ve bunların gelişmesiyle de haploit gametofit bitkileri meydana getirir. İkincisi (yani gametofit) gametleri üretir ve bunların çiftleşmesiyle diploit zigotları ve bunların gelişmesiyle de diploit sporofitleri meydana getirir. Bu döngüye de "Döl Değişimi" ya da "Döl Almaşı" denir. Bu döl değişimi hayvanlarda, özellikle parazitik hayvanlarda çok daha karmaşık bir hale geçmiş ve her kademede çok defa yeni bir konağa gerek duyulmuştur. Bu döl değişimi canlıların değişik ortamlarda daha sürekli ve güvenle kalabilmesini sağlamıştır.

g) Birçok alg, mantar ve yüksek bitkide, indirgenme (redüksiyon), spor oluşumunda ortaya çıkar ve "Gametophyt" denen haploit eşeyli dölü meydana getirir. Gametofitten de "Sporophyt" denen diploit eşeysiz bir döl meydana gelir. Bu iki döl ardışık olarak birbirini takip eder. Birçok grupta bu değişim birçok farklılıklar göstermekle beraber, döllerden birinin ancak birkaç hücreden ibaret kalacak şekilde küçüldüğü durumu, bazı mantarların sporofitinde (Şekil 4.13) ve çiçekli

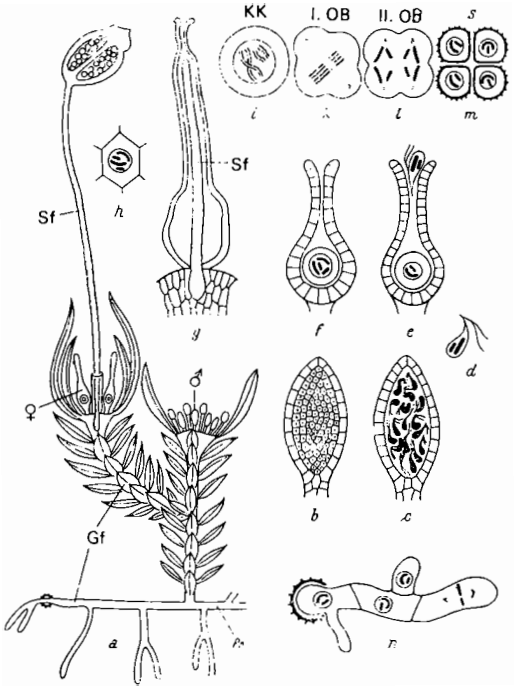


Şekil 4.13: Dioik *Ascomycet*'lerin gelişme şeması (Kühn'den).

bitkilerin gametofitinde (Şekil 4.18) görmekteyiz (Şekil 4.14). Yosunlarda (Şekil 4.15), sporofitten etrafa saçılan haploit bir spordan "Protonema" denen bir gamtofit oluşur. Bu yosuncuğun üzerinde ciğer otlarında lob şeklinde, kabuk yosunlarında buğday başağı şeklinde yosun bitkisi gelişir (Şekil 4.15). Bu yosun bitkisi (gametofit) erkek (anthrediyum) ve dişi (arkegoniyum) organlarını taşır. Sperma ön



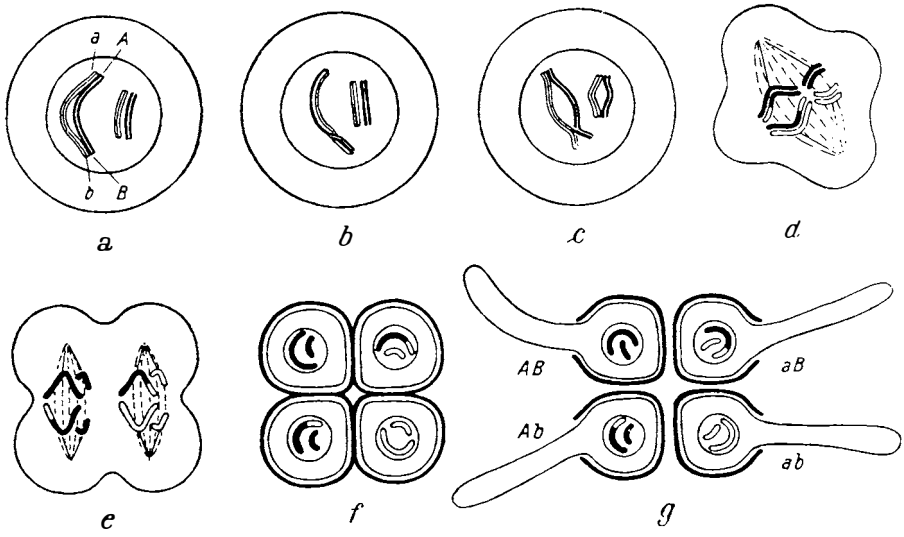
Şekil 4.14: Sporofitin (2n) evrimsel olarak büyüme; gametofitin (n) küçülme eğiliminin gruplara göre şematik gösterilmesi (Villee'den).



Şekil 4.15

Kabuk yosunlarının gelişim ve üreme evrelerindeki kromozom oranları. a) Gametofit ve sporofit, b ve c) Antheridyum (içerisinde spermalar gelişir), d) Bir kromozom takımı taşıyan sperma, e) Arkegoniyum (yumurta hücresi ve içine girmiş spermasıyla), f) Döllenmiş yumurta, g) Arkegoniyum içerisindeki sporofit embriyosu; alttaki ucuyla gametofit dokusu içerisine gömülmüş, h) Sporofitin diploit hücresi, i) Spor ana hücresinde kromozom konjugasyonu, k) I. olgunlaşma bölünmesi, l) II. olgunlaşma bölünmesi, m) Bir spor ana hücresinden oluşan dört haploit hücre (spor tetratları), n) Sporun çimlenmesi; haploit gametofitinin ucunda; Gf) Gametofit, Pr) Protonema, S) Sporlar, Sf) Sporofit, ♀) Arkegoniyum, ♂)Antheridyum (Kühn'den)

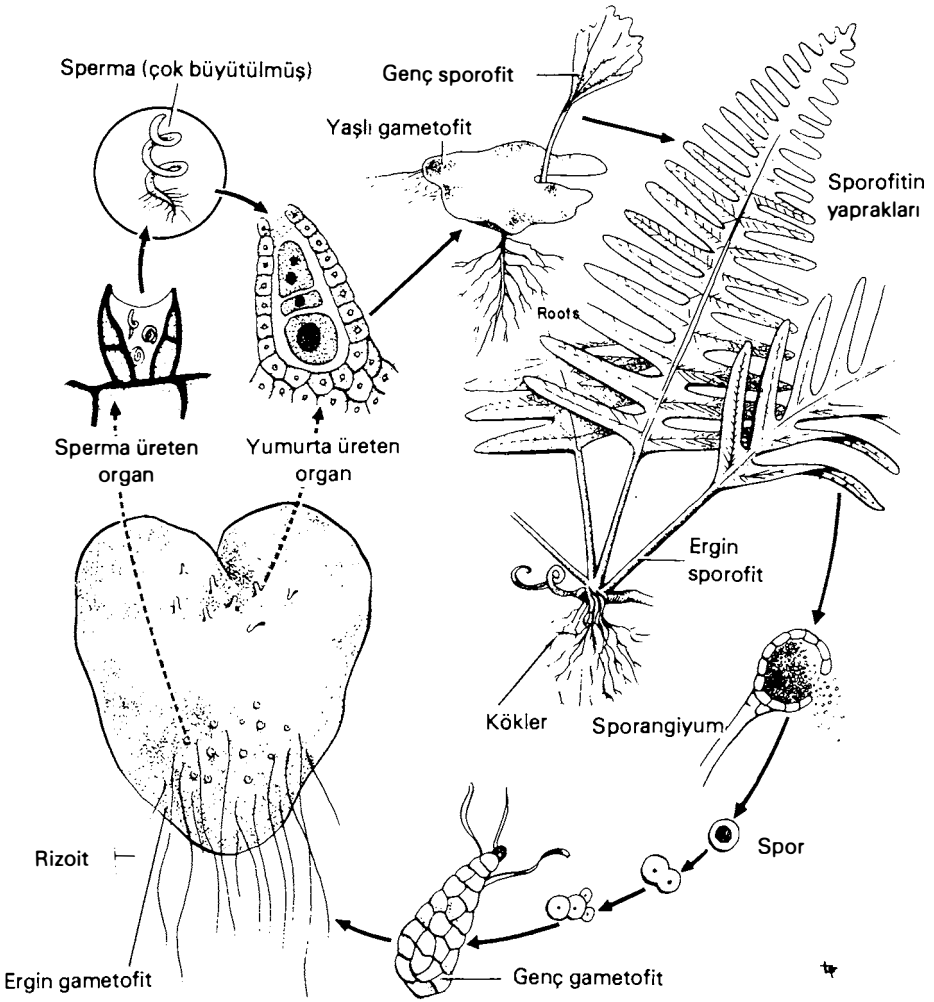
tarafında iki kamçı taşır. Yosun bitkisi yağmur ya da çiğle nemlendiği zaman bu spermalar su filminde yüzmeye başlarlar ve diğer bir bitkinin ya da kendisinin arkegoniyumlarına giderek yumurtaları döllerler. Spermalara (antherozoid) yumurtadan salgılanan kimyasal maddeler yol gösterir. Zigottan diploit sporofitler oluşur (Şekil 4.16). Yosunlarda bu sporofitler yeşil gametofitin üzerinde oturur ve sadece bir sap şeklinde, yapraksız olarak temsil edilirler; uç kısmından, içinde spor ana hücrelerinin oluştuğu spor kapsülü meydana gelir. Mayoz bölünme ile dört haploit spor ortaya çıkar (Şekil 4.16: i-m).



Şekil 4.16: Bir yosunun spor olgunlaşmasının şeması ve kromozomlarındaki parça değişimi. a ve b) Kromozom çiftleri, c) Kromozom çiftlerinin ayrılması, d) I. olgunlaşma bölünmesi, e) II. olgunlaşma bölünmesi, f) Dört spor (spor tetratları), g) Çimlenen spor; her birinden bir haploit gametofit oluşur. Dört kromatitli evrede parça değişimi ile tetratlarında gen kombinasyonu AB, Ab, aB ve ab olur (Kühn'den).

Yosunlarda, gametofit, gelişmiş bir döl oluşturmasına ve sporofit bir parazit gibi besinini aldığı gametofit üzerinde küçülmüş bir döl meydana getirmesine karşın, eğreltilerde sporofitler gelişmiş (Şekil 4.17) ve gametofitler antheridiyum ve arkegoniyumları taşıyan küçük yaprak şeklinde, kısa ömürlü "Prothallium" denen bir yapı haline geçmiştir.

h) Eğreltilerde Üreme (Şekil 4.17: Prothalliyum (gametofit) ayrı eşeyli olabilir. Eşey organları yaprakların altındadır. Bazı gruplarda erkek ve dişi prothalliyumlar farklı büyüklüktedir. Gametofitlerin bu eşey farklılaşması sporofitlere kadar uzanır. Öyleki, sporofitlerin mayozla oluşan haploit sporları iki türlüdür. Büyük, besin maddesince zengin makrosporlardan (Makrosporangiyum içerisinde) dişi prothalliyumlar ve küçük mikrosporlar (Mikrosporangiyum içerisinde) erkek



Şekil 4.17: Eğreltiotunun yaşam çemberi. Yosunlardaki gibi, eşeyli dölün (gametofit) eşeysiz döle (sporofit) değişimi görülür. Büyük ve görülen eğreltiotları, özünde bu yaşam çemberinin sporofit evresidir (Villee'den).

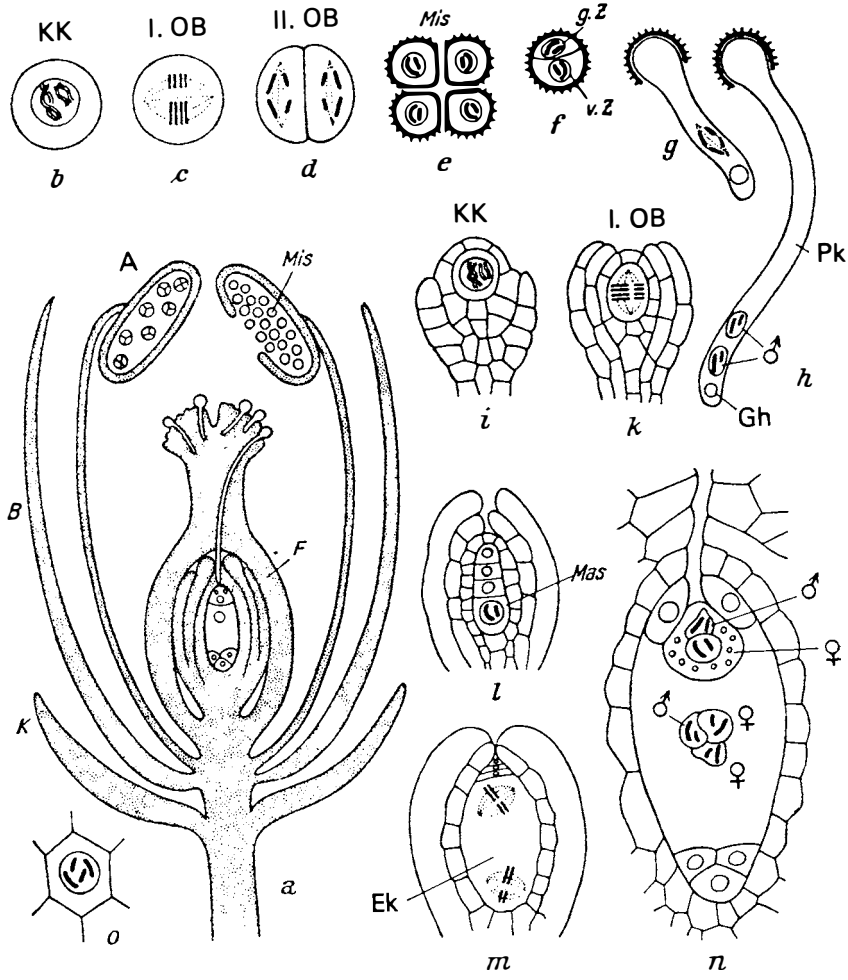
prothalliyumlar meydana gelir (5-6 mm. çapında). Sporofit birkaç yıl yaşar ve bu sürede spor verir.

Gametofitler nemli ve gölgeli yerlerde yaşarlar; rizomları ile su ve besin tuzlarını alırlar. Nemli ve yağışlı günlerde erkek gametofitten (yani erkek prothalliyumdan) meydana gelen spermalar, yumurtanın çıkardığı kimyasal salgıların rehberliğinde, yumurtaları döllerler. Döllenen yumurta yeni, büyük bir sporofit meydana getirir. İlk sporofit, besinini bağlı olduğu gametofitten alır; daha sonra kendi kök ve yaprağını geliştirir.

Diploit eğreltiotu sporofitleri, karasal yaşama oldukça iyi uyum yapmışlardır. İletim ve destek dokuları, yosunlara göre iyi gelişmiş; beslenme bakımından gametofitlere bağımlı olmaktan kurtulmuşlardır. Bununla beraber gametofit yalnız nemli ve

gölgelik yerlerde yaşayabildiği ve sperma ile yumurta sulu ortamda birleşebildiği için, sporofit nemli ve gölgelik ortamdan kurtulamamıştır.

i) Çiçekli Bitkilerde Üreme: Çiçekli bitkilerde gametofit körelmesi (döl değişimindeki haplofaz) daha da ilerlemiştir (Şekil 4.18). Tohum taslağı (makrosporangiyum) içerisinde bulunan ana makrospor hücreleri mayozla (Şekil 4.18: i ve k) dört haploit spor hücresini (Şekil 4.18: l) meydana getirir. Bunlardan üçü ölür, geri kalan bir tanesi makrosporu yapar. Makrospor embriyo kesesini (makrogametofiti) yapar (Şekil 4.18: m). Makrospor çekirdeği aynı plazma içerisinde üç kere bölünür ve 8



Şekil 4.18: Çiçekli bir bitkinin gelişim sırasındaki kromozom durumu. a) Sporofit, B) Çiçek yaprağı, F) Meyve yumrusu, K) Çanak yapraklar, A) Anter, Mis) Mikrosporlar (polen taneleri); b-e) Polen tanesinin oluşumu = mikrosporlar (mayoz), f-h) Mikrospor çimlenmesi (mikrosporofitin gelişimi), g-z) Generatif hücreler (Gh), Pk) Polen kesesi, ♂) Sperma çekirdeği, i-l) Makrospor oluşumu (mayoz), Mas) Makrosporlar, m) Makrospor çimlenmesi = embriyo kesesinin gelişimi (Ek), n) Döllenme, ♀) Yumurta hücresi ve embriyo kesesi çekirdekleri, ♂) Polen (sperma) çekirdeği, o) Diploit sporofit hücreleri (Kühn'den).

çekirdek meydana gelir. Bu çekirdeklerden üçü üst tarafta üçü alt tarafta hücre oluşturarak ayrılır. Üstteki üç hücreden bir yumurta hücresi oluşur (Şekil 4.18: n). Embriyo kesesinin büyük boşluğunda arta kalan iki çekirdek de birleşerek ikincil embriyo kesesi çekirdeğini meydana getirir. Polen kesesi (mikrosporangiyum) içerisindeki mikrosporların (= polen taneleri) oluşumunda her polen ana hücresinden iki mayoz bölünme ile dört tane benzer polen taneciği meydana gelir (Şekil 4.18: b-e). Mikrosporun gelişiminde (çimlenmesinde), mikrospor bir generatif bir vejetatif hücreye bölünür (Şekil 4.18: f). Tozlaşmadan sonra, bu, polen kesesine doğru büyümeye başlar ve büyüme, embriyo kesesine girinceye kadar devam eder (Şekil 4.18: a, g ve h). Vejetatif çekirdek önden göç eder ve daha sonra ölür; generatif hücre ya da hücre duvarı çözüldükten sonra çıplak kalan çekirdeği polen kesesi içerisinde ileriye doğru hareket eder. Bir çekirdek bölünmesi ile bundan da iki sperma çekirdeği oluşur. Bir tanesi embriyo kesesi içerisinde yumurta hücresinin içerisine girerek, yumurta çekirdeği ile birleşir; diğer sperma çekirdeği ikincil embriyo kesesi çekirdeği ile birleşerek "Endosperm Çekirdeği"ni oluşturur. Bu sonuncusu dolayısıyla üç kromozom takımı taşır, yani triploit olur (Şekil 4.18: n). Zigottan embriyo meydana gelir. Endosperm çekirdeğinin bölünmesiyle de tohumun besin dokusunun çekirdekleri (endospermin) meydana gelir.

Böylece tüm çok hücrelilerde, türlere özgü yaşam döngüsü, hücre bölünmesi ve döllenme, bazılarında döl değişimi ile sürdürülür. Hücre bölünmesinde kromozomlar, plazma, golgi ve yeşil bitkilerde plastitler yavru hücrelere iletilir. Yumurta daha büyük olduğu için, plazma özellikleri bakımından anaya benzerlik daha fazla olur. Buna karşın golgi babadan gelir. Plazma kural olarak anadandır. Kromozomlar ana ve babadan eşit olarak alınır.

4.1.4. EŞEY SAPTANMASI

Ayrı eşeye sahip bitki ve hayvanlarda erkek ve dişiliği saptayan faktörler değişik şekillerde gelişmiştir.

4.1.4.1. *Eşeysellik Yönünden Çift Potansiyellik*

Bütün canlılar eşeysellik yönünden çift potansiyelli olarak görülür. Örneğin insanlar her iki eşeyi de meydana getirecek genlerin tümüne sahiptir. Çoğu kadın tam bir sakalı, erkek kasını ve erkek üreme organlarını meydana getirecek genlere sahip olmakla beraber, bir erkek de dişi üreme organlarını, büyümüş memeleri ve çocuk emzirme, bakma ödevini yürütecek genlerin hepsine sahiptir. Bu latent genlerin bir kısmını uyarmak suretiyle açığa çıkarmak mümkündür. Örneğin, erkek kedilere uygun dişilik hormanları verildiğinde süt vermeye ve yavruları emzirmeye başlar. Bu nedenle eşey saptanması, bir bireyde bulunan her iki eşeye ait gen takımlarından yalnız bir tanesinin işler hale getirilmesini ifade eder.

4.1.4.2. *Çevre Tarafından Eşey Saptanması*

Equisetum (at kuyruğu) bir bitkidir ve oluşumu, bitkilerin evrimsel gelişiminde, çok eskiye uzanır. Tohumlu bitkiler oluşmadan önce at kuyrukları dünya üzerinde

çok yaygındı. Bu bitkilerin bazı türleri ayrı eşeylidir. Sporlar tarafından meydana getirilen genç bitkiler her iki eşeyin de gametofitlerini meydana getirecek potansiyeldedir ve bu, koşullarla saptanır. Eğer çevre koşulları uygun ise bitkilerin çoğu dişi, kötü ise erkek olur. Herhangi bir ortamda her zaman iyi ve kötü koşulların bulunduğu alanlar vardır ve sporlar da oldukça uzun mesafelere, rüzgarla taşınabilir.

4.1.4.2.1. *Bonellia'da Eşey Saptanması*

Bir deniz kurdu olan *Bonellia*'da eşey oluşumu yine çevre koşulları, bir anlamda rastlantılarla saptanır. Bu cinsin dişileri 40-50 cm boyundadır. Buna karşın erkekleri milimetrik boydadır ve gerçek bir parazit olarak dişinin eşeysel organında yaşar. Erkek sadece sperma üretmek için özelleşmiştir ve pek az diğer vücut yapılarına sahiptir (Şekil 4.19). Eğer larva gelişim süreci içerisinde her hangi bir dişiye rastlamazsa, gelişerek yeni bir dişi yapar. Şayet larva gelişmiş bir dişiye rastlarsa, dişinin hortumuna yapışarak erkek olarak gelişir. Dişinin hortumundan çıkan bir hormon bu eşey saptamasını yapar. Yeterince hortum maddesi alamayan larvalar interseks olurlar. Hortum maddesinin dişilik genlerini bastırdığı ve erkeklik genlerini işler hale getirdiği varsayılmaktadır. Erginliğe ulaşan erkek, hortumdan aşağıya doğru hareket ederek dişinin eşeysel organına geçer ve sürekli olarak orada kalır. Meydana getirdiği spermalarla yumurtaları döller. Fakat kendi başına ayrı yaşamak için organlarının tümünü yitirmiştir.

4.1.4.2.2. *Crepidula'da Eşey Saptanması*

Deniz salyangozlarından *Crepidula*'nın eşeyi de yine çevre tarafından saptanır. Bu hayvanlarda da larva yalnız başına gelişirse dişilik genleri işler hale geçer ve dişi olur. Şayet dişiye yakın bir ortamda gelişirse erkek olur. Dişinin erkeklik genlerini harekete geçiren bir madde salgıladığı zannedilmektedir.

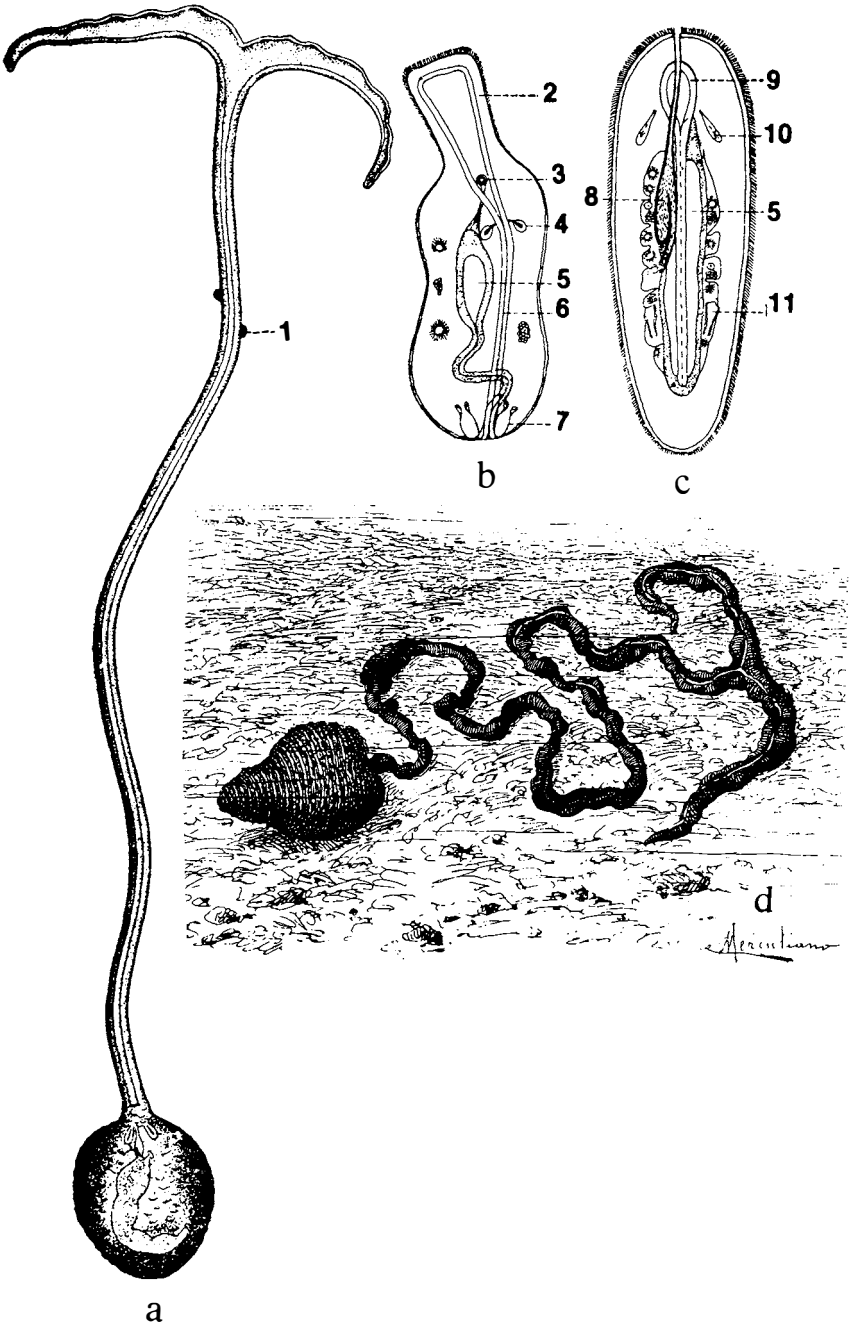
Çevre koşullarıyla eşeyselliğin saptanması bir noktada rastlantı gibi görünmektedir. Özünde, ilk olarak meydana gelen larvalar dişi olarak gelişir ve daha sonra gelişen larvalar dişilere rastlayacağı için erkek olur ve bu şekilde her iki eşeyin de ortaya çıkması sağlanır.

4.1.4.2.3. *Arisaema japonica'da Eşey Saptanması*

Eğer soğan şeklindeki kökü büyükse dişi, küçükse erkek çiçek açar. Bu bitkide ve bundan önceki hayvanlarda genotipik olarak eşey ayrımı yapmak olanaksızdır.

4.1.4.3. *Fiziksel ve Kimyasal Koşulların Eşey Saptaması*

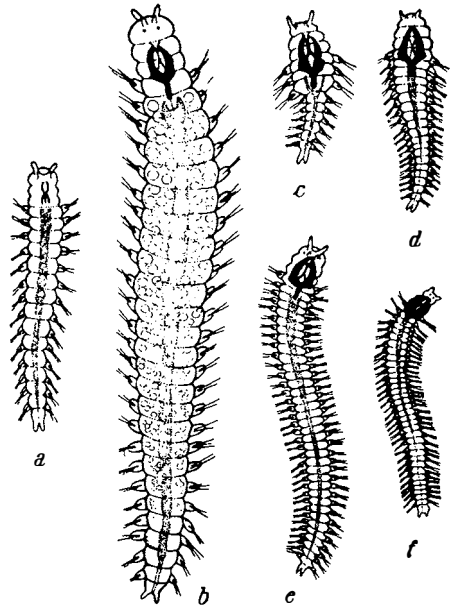
Amfibilerin eşeyi genotiple saptanmasına karşın, çevre koşulları özellikle sıcaklık ve hormonlar, kalıtsal yapının aksine eşeysel karakterleri değiştirebilir. Tüm omurgalılarda bu şekilde bir değişim kuramsal olarak olanak içerisindedir. Çünkü başlangıçta her iki eşeye ait gonat taslakları aynı bireyde bulunur.



Şekil 4.19: Fenotipik eşey saptanması *(Bonellia viridis)*.
a) Dişinin hortumunda erkeği meydana getirecek olan iki tane larva (1) görülüyor, b) Yapay olarak elde edilen interseks, c) Cüce erkek (çok fazla büyütülmüş), d) *Bonellia*'nın genel görünüşü. 2. Baştaki çıkıntılar, 3. Ön bağırsak, 4. Kıllar, 5. Orta bağırsak, 6. Sinir sistemi, 7. Anal keseler, 8. Spermatozoon, 9. Sinir halkası, 10. Protonefridyum, 11. Nefridyum (Bruchner'den).

4.1.4.4. *Yaşam Sürecine Göre Eşey Saptanması*

Ophryotrocha peurilis denen halkalı bir solucan (*Annelid*'lerden) genç evrede iken (segmentleri az iken) erkek, daha ileri yaşlarda (15-20 segmentli olunca) dişi olur (Şekil 4.20). Eğer segmentlerin bir kısmını kesersek birey tekrar erkekleşir.



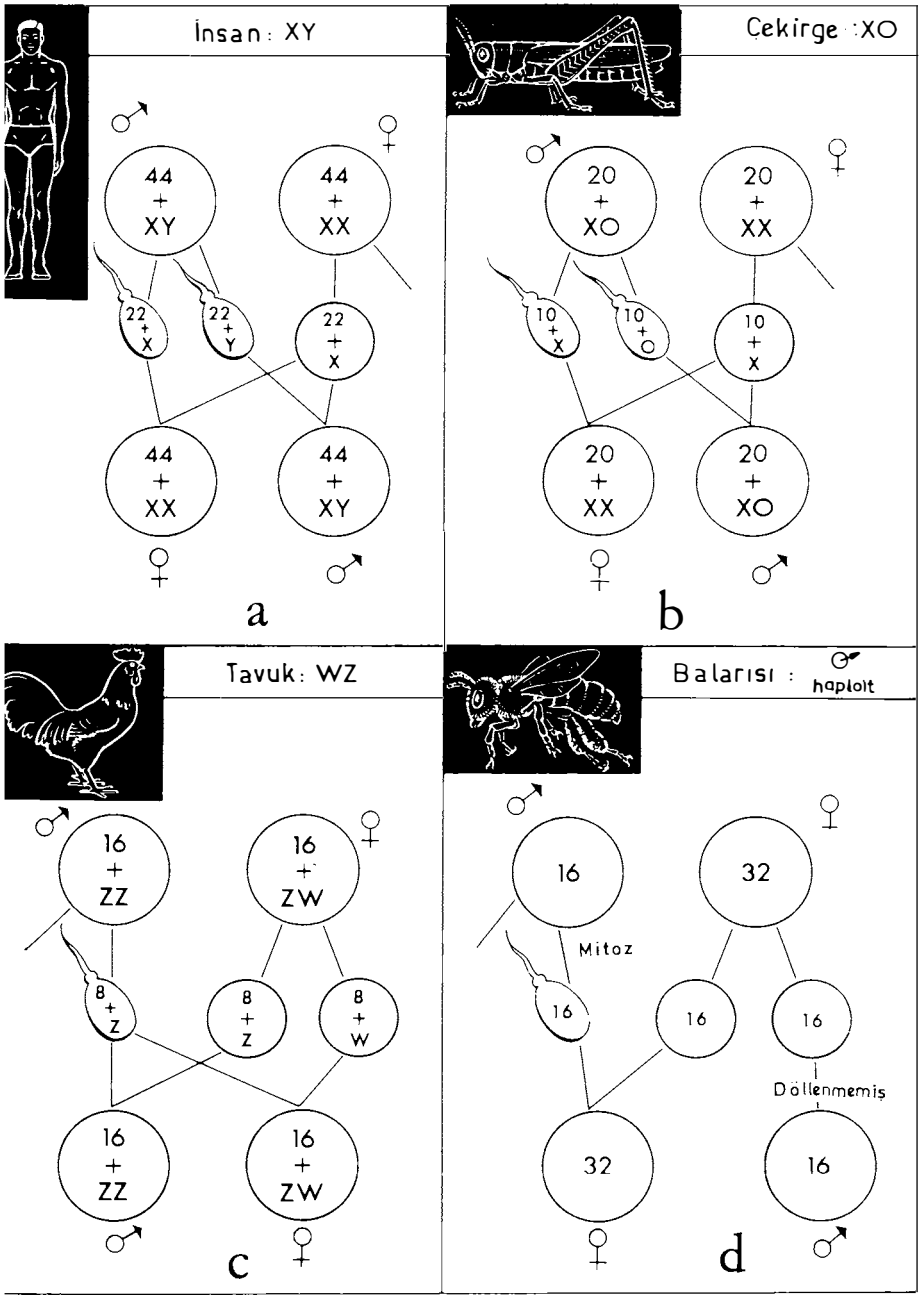
Şekil 4.20: *Ophryotrocha peurilis*'de yaşam sürecine göre eşey saptanması. a) Normal erkek, b) Normal dişi, c) Vücudunun arkası kesilen dişi birey, d) Arkası kesilen dişinin erkek bireye dönüşümü, f) Aç bırakılmak suretiyle dişilikten erkekliğe dönüş yapan birey (Kühn'den).

4.1.4.5. *Kromozomların Eşey Saptaması (Şekil 4.21)*

Ayrı eşeyli canlıların büyük bir kısmında eşey saptanması oldukça kesin olarak yapılabilmektedir. Bu canlılar, evrimsel gelişmenin oldukça erken evrelerinde yalnız bir eşeye ait genlerin işlerliğini ve diğer eşeye ait genlerin bastırılmasını sağlayacak yeteneği kazanmışlardır. Mayozda kromozomların eşit ayrılması sağlandığı için erkek/dişi oranı da dengeli kalır.

4.1.4.5.1. *XX-XY Yöntemi*

Hayvanların büyük bir kısmında dişiler yapısal ve işlevsel olarak aynı olan bir çift kromozom taşırlar. Biz bu koromozomu "X" kromozomu olarak tanırız. Erkekler ise bir tane X kromozomu ve bir tane de gerek yapı, gerekse işlev bakımından farklı olan ve oransal olarak daha küçük olan bir "Y" kromozomu taşırlar. Bu iki çeşit kromozom "Eşeysel Kromozom" ya da "Gonozom" olarak bilinir. Y kromozomu her zaman babadan, X kromozomu ise erkekte anadan, dişide ise biri anadan biri babadan gelir. Dişinin meydana getirdiği yumurtaların hepsinde X kro-



Şekil 4.21 : Değişik sistemlerle eşey saptanması.
a) İnsanda, b) Çekirgede, c) Tavukta, d) Balarısında (Life dan).

mozomu olduğundan "Homogametik", erkeğin meydana getirdiği spermaların bir kısmı X kromozomlu, bir kısmı Y kromozomlu olduğundan "Heterogametik"tir. Formülle gösterildiği zaman dişiler 2A-XX, erkekler 2A-XY; spermalar A-X ve A-Y, yumurtalar A-X olarak gösterilir. A, autozomal kromozomları ifade eder.

Birçok hayvanda, özellikle memelilerde, ana rahminde eşit sayıda erkek ve dişi meydana gelmesi gerekirken, gerçekte durum böyle değildir. Örneğin, insanda 120 erkek embriyosuna karşın, ancak 100 kadar dişinin olduğu bilinmektedir. Bu spermaların Y kromozomu taşıyanlarının daha hafif olmasından dolayı, daha hızlı olmasını ve dolayısıyla yumurtayı döllemesinin daha kolay olacağı varsayılmıştır. X kromozomu buna karşın bazı yaşamsal faktörleri üzerinde taşımaktadır. Sadece bir X taşıyan erkeğin X kromozomundaki bir bozukluk onun ölümüne neden olacaktır. Halbuki dişilerde bir X kromozomunun bozuk olması onun ölümüne neden olmaz. Çünkü ödevi diğer X kromozomu yüklenir. Bir dişideki X kromozomlarından yalnız bir tanesi aktiftir (işlektir); diğeri inaktiftir (işlevsizdir). Dolayısıyla erkek embriyolarının ölme şansı dişilerden çok daha fazladır. Doğum olduğu zaman erkek/dişi arasındaki oran 106/100'dür. Daha sonraki gelişme çağlarında erkeklerin ölüm oranı yine fazladır ve erginlik çağlarında bu oran 100/100 oranına ulaşır. Daha ileri yaşlarda ise kadınların sayısı erkeklere göre fazlalık gösterir.

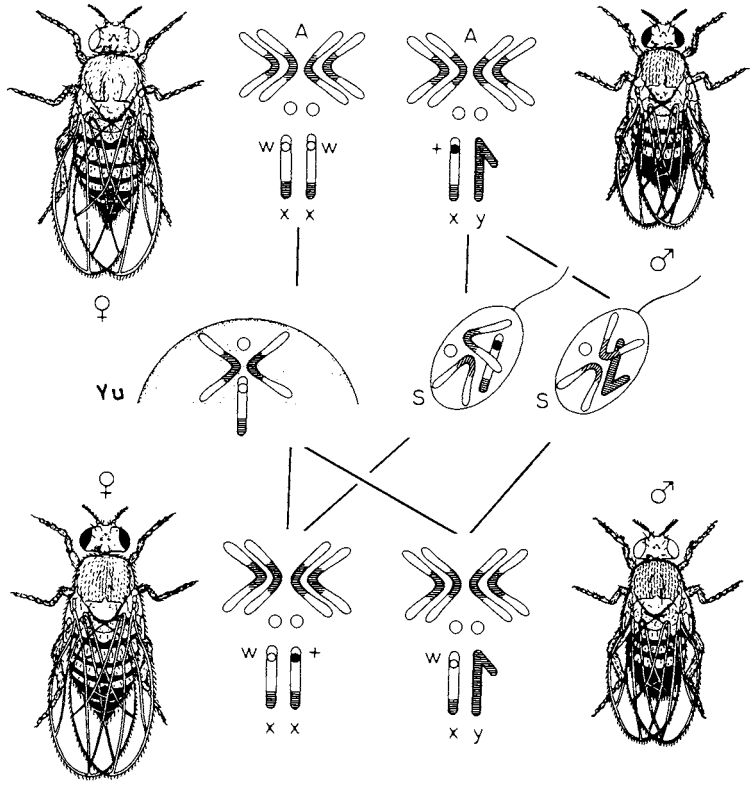
Autozomal (somatik) kromozomlar üzerinde her iki eşeye ait özellikleri veren genler vardır. Yalnız eşeysel kromozomların taşıdığı bazı genler, somatik kromozomlar üzerindeki eşeysel genlerin hangilerinin işlerlik kazanacağını saptar.

4.1.4.5.1.1. *Autozom/Eşeysel Kromozom Oranına Göre*

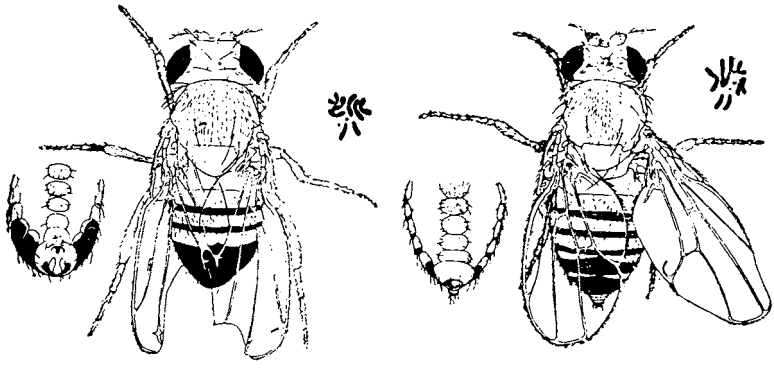
Sirke sineklerinde (*Drosophila*) 2A-XY erkeği gösterir; yani, autozomların, X kromozomuna göre oranı X/2A = 0,5'dir. Dişiler 2A-XX, yani XX/2A = 1'dir (Şekil 4.22). Mayozdaki bazı düzensizlikler nedeniyle kromozom sayısında bazı sapmalar olursa eşey saptamasında da bazı değişiklikler ortaya çıkar. Örneğin oran 3A-X, yani X/3 = 0,33 olursa kısır süper erkeği; 2A-XXX olursa, yani XXX/2A = 1,5 kısır süper dişiyi; 3A-XX olursa, yani XX/3A = 0,67 olursa bu da erkekle dişi arasında olan interseksliği meydana getirir (Şekil 4.23).

4.1.4.5.2. *XX-XO Yöntemi* (Şekil 4.21)

Böceklerin pek az bir kısmında (çekirgelerde, yarımkanatlılarda vs.'de) Y kromozomu evrimsel gelişim süreci içerisinde yitirilmiştir. Y kromozomunun ödevi diğer kromozomlar tarafından yürütülür. Örneğin çekirgelerin kromozomu dişide 24, erkekte 23'dür. Biz sirke sineklerinde de Y kromozomunu çıkarırsak, yine erkek meydana gelir; fakat kısırdır. Bundan şu sonuç çıkarılabilir: Y kromozomu verimliliği sağlayan birkaç geni taşır ve bu genler de başka bir kromozoma transfer edilirse Y kromozomu ortadan kalkar. Dişiler 2A-XX, erkekler 2A-XO olarak gösterilir.



Şekil 4.22: *Drosophila*'da eşey saptanması.
XX-XY mekanizmasıyla *Drosophila melanogaster*'de eşeye bağlı göz renginin kalıtımı. W) Beyaz, +) Kırmızı, A) Autozom, X ve Y) Eşey kromozomu, Yu) Yumurta hücresi, S) Sperma. Gen bakımından fakir olan heterokromatin kısımlar taranmıştır (Kühn'den).



Şekil 4.23: *Drosophila melanogaster*'in triploit interseksleri, solda fazla erkek, sağda fazla dişi özelliklerini gösteren bireyler. Bireylerin yanında kromozom garnitürü görülmektedir (2X : 3A) (Kosswig'den).

4.1.4.5.3. *ZZ-ZW Yöntemi* (Şekil 4.21)

Bazı hayvan gruplarında da XX, XY yöntemi tersinedir. Yani erkekler XX, dişiler XY'dir. Örnek olarak kelebekler, sürüngenler, bazı balıklar ve kuyruklu amfibiler verilebilir. Diğerinden ayrılmaları için farklı sembollerle gösterilirler. Bu hayvanlarda eşeysel genlerin evrimsel oluşumu diğerlerine bağımlı olmadan meydana geldiği varsayılmaktadır.

4.1.4.5.4. *Haploit-Diploit Yöntem* (Şekil 4.21)

Balarıları ve onun yakın akrabaları olan arılarda daha değişik bir eşey saptanması vardır. Erkekler haploit, dişiler diploittir. Her ikisinde de yalnız X kromozomu vardır. Erkeklerin somatik hücreleri de haploit olduğundan sperma meydana getirirken mayoz bölünme yapmaz. Dişiler mayoz bölünme yapar ve haploit yumurtaları meydana getirirler. Döllenen yumurtalardan dişi, döllenmeyenlerden erkek meydana gelir. Erkek ve dişi olmasını kraliçe arı sağlar. Yumurta resaptakulum seminis önünden geçerken, kesenin ağzı sıkılırsa sperma dışarıya çıkmaz ve erkek meydana gelir. Döllenmiş yumurtalardan çıkan larvaların beslenme durumuna göre ya işçiler ya da kraliçe meydana gelir. Ana sütünü fazla yiyenler kraliçe olur ve verimlidir. Daha az ana sütü ve daha çok bal yiyenler de işçi olur (eşeysel organları gelişmez).

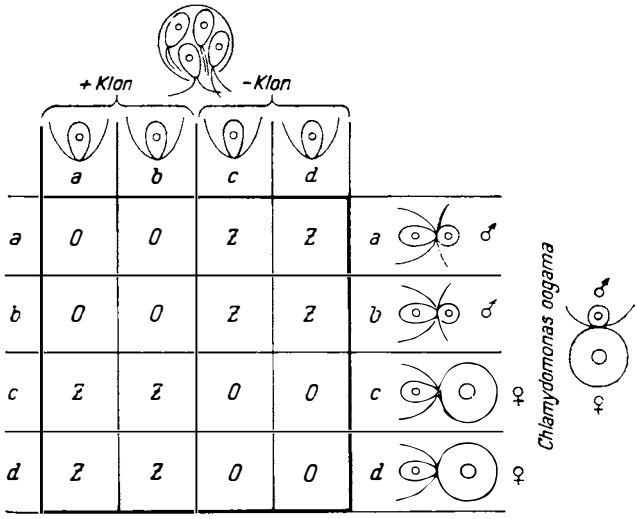
Böyle bir eşey saptanması şu şekilde açıklanır: Kromozomların üzerindeki belirli genlerin, sitoplazmadaki faktörlere oranı eşeyi saptar. Sitoplazmik faktörler erkekliği, kromozomdaki genler dişinin meydana gelmesini sağlar. XX kromozom setindeki genler sitoplazmik faktörleri bastırdığı için birey dişi, yalnız X'deki genler bastıramadığı için erkek olmaktadır. Tek X kromozomundaki genler bu durumda yeterli olamamaktadır.

4.1.4.5.5. *Bitkilerde Eşey Saptanması*

Ayrı eşeyli bitkilerin çoğu XX-XY yöntemiyle; fakat bazıları XX-XO ve ZZ-ZW şeklinde eşeylerini saptarlar. Fakat yaşamlarının büyük bir kısmını haploit geçiren bitkilerde bu yollarla eşey saptaması yapmak olanaksızdır. Yerin yüzünde büyüyen ciğer otlarında eşeyler çoğunluk ayrılmıştır. Bu bitkiler üzerinde yapılan çalışmalar, erkek ciğer otlarının çok küçük bir Y kromozomu,dişilerin de uzun bir X kromozomu taşıdığını göstermiştir. Döllenmeden sonra küçük bir diploit devre yaşanır ve daha sonra mayozla haploit sporlar oluştururlar. X kromozomunu alan sporlar dişileri, Y kromozomunu alanlar da erkekleri yaparlar.

Bitkilerde eşey saptanmasını kısaca gruplara göre inceleyelim:

a) Haplobiyontlarda: Genotipik eşey saptanması zigotta meydana gelen mayoz sırasında kalıtım faktörlerinin dağılımına göre (bir olasılıkla cis ve trans durumuna bağlı olarak) ortaya çıkar (Şekil 4.24). Bir hücreli *Chlamydomonas* alginin belirli türlerinde olgunlaşma bölünmeleri sonucunda oluşan dört hücre bazılarında tamamen, bazılarında iki-iki yapı ve büyüklük bakımından birbirine benzer (Şekil 4.10



Şekil 4.24: Hablobiyontlarda genotipik eşey dağılımının şematik olarak gösterilmesi: *Chlamydomonas eugametos*'un (Şekil 4.10 ile karşılaştırın) anizogam bir tür olan *Chlamydomonas oogama*'nın her iki eşeysel hücresiyle birleşip birleşmemesine göre + ve − klonlara ayrılması. + klonlar ancak dişi hücrelerle birleşmektedir (Kühn'den).

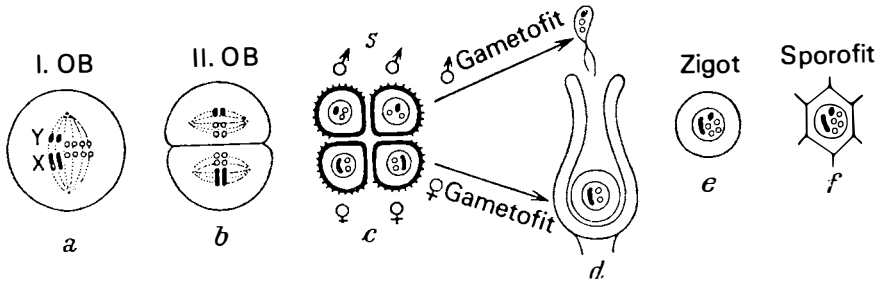
ve 24); bu sonuncular yapısal olarak eşeysel farklılıklar göstermektedir. Eğer bir hücreden bir klon yetiştirilirse; aynı klonun hücreleri hiçbir zaman birbiriyle birleşemez. Farklı iki klonun hücreleri birbiriyle çiftleşebilir (Şekil 4.24). Uygun koşullarda, zigot kılıfından çıkan ilk dört hücreyi çifter çifter çiftleştirmek mümkündür. Bu hücreler her zaman bir gamet gibi iş görebilir. Yapı bakımından birbirinin aynı olan gametler izogamet olarak bilinmekle beraber; eşeysel olarak farklılaşmışları "+" ve "−" olarak belirtilir. Bu fizyolojik aykırılık ya da farklılık erkeklik ve dişilik ayırımının en ilkel formu olarak bilinmektedir. Her grup yani + ve − gruplar, eşey hormonuna benzeyen ve gamon denen kimyasal madde salgılar. Bu maddeyle karşı eşeydeki hücreleri kendine çeker. Bu gamonlar crocetin dimetilesterin cis ve trans izomerleridir. Farklı gametlerde mevcut cis ve trans izomerlerinin oranları arasındaki fark ne kadar yüksek olursa bu farklılaşma da o kadar fazla olur. Fakat + ve − formların her biri farklı gruplarda ve belirli durumlarda bazen erkekliği, bazen dişiliği gösterir. Örneğin, +, sadece erkekliği simgelemez, bazen dişiliği de gösterebilir. İzogamet türlerin hücreleri, anizogamet bir türün gametleri ile yan yana getirildiğinde, dişi ve erkek gametlerde şekil ve büyüklük keza davranış bakımından farklılıklar görülür. İzogamet türün bir gamet çeşidi, anizogamet türün ancak bir çeşidiyle örneğin, dişi gametleriyle; diğer türü de anizogamet türün ancak erkek gametleriyle birleşebilir (Şekil 4.29).

Farklı tür ve varyeterlerde + ve − hücrelerin gamonlarıda cis ve trans izomerlerinin yüzdesi farklıdır. Örneğin, *Chlamydomonas eugametos* var. *simplex*'in + bireylerinde % 75 cis, % 25 trans izomer; − bireylerinde % 25 cis, % 75 trans izomer

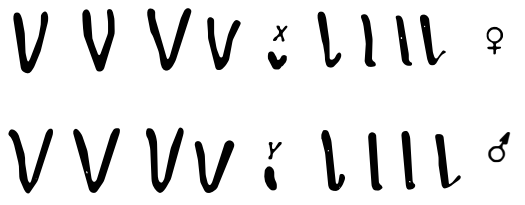
bulunur. *C. eugametos* var. *synoica*'nın + bireylerinde % 65 cis, % 35 trans izomer; — bireylerinde % 35 cis, % 65 trans izomer bulunur.

Bazı mantar türleri monoiktir. Bu mantarların dıştan hiç bir yapısal fark göstermeyen miselleri birbiriyle birleşerek zigosporları yaparlar. Bu miseller + (dişi) ve — (erkek) olarak varsayılır. Bütün + ve — misellerin gücü aynı değildir. Örneğin, bazen kuvvetli bir + misel, zayıf bir + miselle ve yine kuvvetli bir — misel, zayıf bir — miselle birleşip zigospor yapar. Buradaki eşey saptanması miseller arasındaki göresel güce göre saptanmaktadır. Bu da özünde misellerde biseksüel (iki eşemli) gücün olduğunu kanıtlar.

b) Antithetik Döl Almaşı (Değişimi) Olan Bitkilerde, yani diplohaplobiyontlarda genotipik eşey saptanması, spor oluşumunda (Şekil 4.15 ile karşılaştırın) ortaya çıkan mayoz bölünmedeki eşey ayırımı ile gerçekleşir. Yosunların bir çoğunda, sitolojik olarak tanınabilen XY-mekanizması, eşey saptanmasında etkendir (Şekil 4.25). İndirgenme bölünmesi ile sporların yarısı X, diğer yarısı Y kromozomunu alır; birinciden dişi, ikinciden erkek gametofit meydana gelir. Bir ciğer yosununda kromozom takımı Şekil 4.26'da gösterilmiştir.

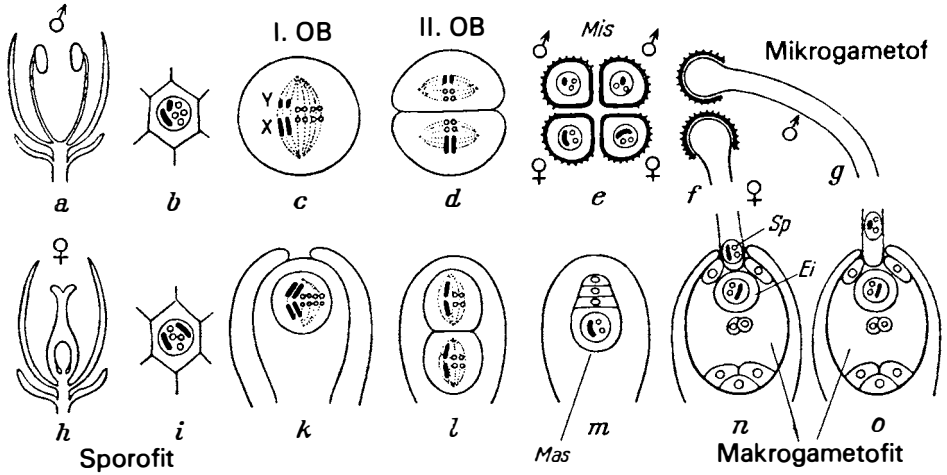


Şekil 4.25: Bir yosunun genotipik eşey saptanması (Kühn'den).



Şekil 4.26: *Pellia Fabbroniana* denen bir ciğer yosunun erkek ve dişi kromozom takımları (Kühn'den).

Genotipik eşey saptanması yapılan bitkilerde XX-XY mekanizması ayrı bir anlama sahiptir (Şekil 4.27). Bunlarda diploit sporofitler (= dişi ve erkek bitkiler) eşeysel olarak farklılaşmıştır; dişilerin çoğu XX, erkeklerin çoğu da XY'dir. Polen taneciğinin oluşumunda X'li ve Y'li mikrosporlar görülür. Polen kesesi (mikrogametofit) keza erkekleri saptayan Y'li, dişileri saptayan X'li gametleri içerir. Embriyo kesesi (makrogametofit) içerisinde tüm makrosporlar ve bu nedenle tüm yumurtalar X kromozomu

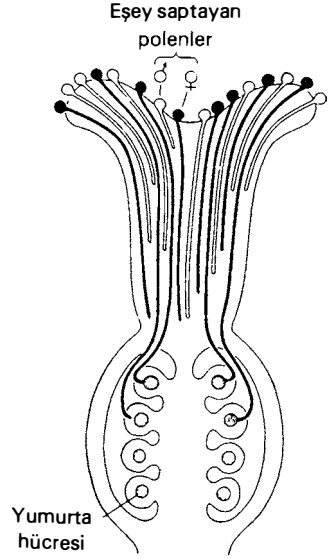


Şekil 4.27: Çiçekli bir bitkide genotipik eşey saptanmasının şematik görünümü (Kühn'den).

taşırlar. X ya da Y içeren bir gamet çekirdeğiyle birleştiğinde, dişi ya da erkek bir bitkiyi yapar.

Sonuç olarak genellikle X kromozomu üzerinde bulunan kalıtsal faktörlerin eşey saptanmasında büyük öneme sahip olduğu birçok grupta gözlenmiştir.

c) *Melandrium*'**da Eşey Saptanması:** XX-XY mekanizmasıyla yürütülür. Erkeğin heterogametik olduğu sertasyon denemeleriyle gösterilmiştir (Şekil 4.28). Öyleki, az sayıda polenle tozlaştırılan bitkiler erkek ve dişi döl vermelerine karşın, çok sayıda polenle tozlaştırıldığında yalnız dişi döl meydana gelir. Bu deney, polenlerin erkek ve dişi yapıcı olmak üzere iki çeşit olduğunu, dişi yapıcı olanların stilus içinde, erkek yapıcı olanlara göre daha hızlı ilerlediğini (Şekil 4.27) ve dolayısıyla yumurta



Şekil 4.28
Dioik bir bitki olan *Melandrium album*'da (Şekil 4.27 ile karşılaştırın) eşey saptanmasının seratasyonla gösterilmesi. Erkek polenler daha yavaş ilerlediklerinden dolayı, çok polenli tozlaşmada yumurta hücrelerinin tamamını ya da büyük bir kısmını dişi polenler döller (Kühn'den).

hücrelerini daha önce döllediğini; ancak artan az sayıda yumurta hücresinin erkek yapıcı polenlerle döllenebileceğini gösterdi. Bu nedenle çok sayıda polenle tozlaşma dişi dölün ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

d) *Fragaria'*da **Eşey Saptanması:** *Melandrium'*daki deneme *Fragaria'*da aynı sonucu vermemektedir. Çünkü bitkiler arasında bilinen tek heterogametik dişi bu cinste görülmektedir. Dolayısıyla polenin az ya da çok olması eşey oranını değiştirmemektedir. Bu cinste diploit türler hermafrodit; poliploitler ise dioiktir.

İki eşeyli (biseksüel) bitkilerden ayrı eşeyli (dioik) bitkilerin meydana gelmesi büyük bir olasılıkla ilgili enzimin bloke edilmesi ya da üretilmemesi ile olmuştur. Öyleki biseksüel bir bitkide erkekliği meydana getirecek E enzimi (örneğin 10 kademede oluşsun), dişiliği meydana getirecek D enzimi (10 kademede oluşsun) aynı zamanda üretilmektedir. Bir mutasyonla bu genlerden birinin çekinik hale geçmesi ya da başka bir genin başat hale geçerek ya da epistat olarak bu enzimlerden birinin işlevini önlemesi (başat supressör mutasyon) o bitkinin sadece erkek ya da dişi olmasını sağlamıştır. Örneğin E enziminin üretimi ilk kademelerde durdurulmuşsa bitki sadece dişi; son kademelerde durdurulmuşsa erkeklik organları körelmiş bir dişi bitkiyi yapar. Keza erkek bitkinin oluşumu da bunun tersidir.

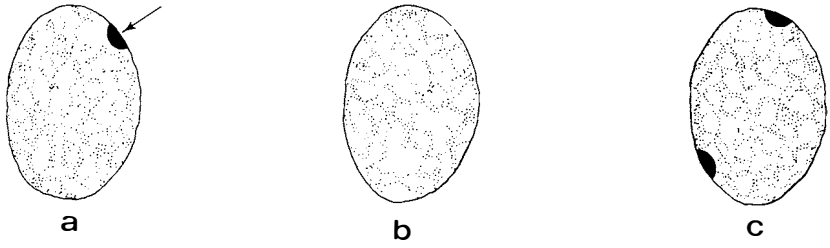
Bazı bitkilerde, örneğin *Melandrium'*da Y kromozomu eşey saptanmasında aktif göreve sahip olmakla beraber (Y kromozomunun parçalanması, hangi kısmının hangi gelişim evrelerini kontrol ettiğini gösterir), birçok bitkide aktif göreve sahip değildir (örneğin, *Asparagus, Vitis, Rumex* vs.). Bunlarda eşeyi, X/autozom oranı (*Drosophila'*da olduğu gibi) saptar. Yani erkek eşeyi meydana getirecek genler Y kromozomu üzerinde değil, autozomlar üzerinde bulunur. Birçok dioik bitkide (*Cannabis'*de olduğu gibi) belirgin bir eşey kromozomu yoktur.

4.1.4.5.6. *Genetiksel Eşeyselliğin Değişimi*

a) Sirke Sineklerinde Eşeyselliğin Değişimi: Sirke sineğinde tek bir mutant gen, bireyin eşeyini değiştirir. Transformer *(tra)* olarak bilinen çekinik bir gen XX zigotunun fenotipik olarak erkek olmasını sağlar. Fakat bu bireyler kısırdır. Bu gen üçüncü autozomal kromozom üzerinde bulunur. Eğer genler *tra/tra* şeklinde çekinik olursa diğer bütün genler dişiye ait olsa da meydana gelen zigot erkek olur. Y kromozomu olmadığı için verimlilik geni yoktur bu nedenle oluşan bireyler kısır olur.

b) Mısırlarda Eşeyselliğin Değişimi: Buna benzer bir durum mısırlarda görülür. Bilindiği gibi her mısır bitkisi tipik olarak bir püskül (erkeklik organı) bir de koçan (dişilik organı) meydana getirir. Püskül geni olarak bilinen bir gen*(ts)* koçanların ucunda püskül yerine kulakçıkların oluşmasına neden olur. Böyle bir bitki tamamiyle dişileşmiştir. Diğer bir gen, kısır koçan geni*(bs)*, koçan sapı boyunca kulakçıkların gelişmesine engel olur ve bitki yalnız püskülleri taşır. Bu bitki de tamamiyle erkektir. Bu, bize evrimde bir genin yer değiştirmesiyle canlıların tek eşeylilikten iki eşeyliliğe nasıl değişebileceğini çok açık olarak göstermektedir.

c) İnsanlarda Eşeyselliğin Değişimi: İnsanlarda da eşey değişimi olmaktadır. Bazı insanlar görünüş bakımından dişi olmalarına karşın, kromozom yapıları XY'dir. Bu kromozom yapısını taşıyan kadınlar spor müsabakalarına kabul edilmezler. Çünkü kas yapısı bakımından erkektirler. Epitellerinden alınan bir parçada yapılan boyamada çekirdeklerinin içinde kromatin lekesi görülmez. Kadınların XX kromozomlarından biri her zaman inaktif olduğundan normal zamanda boyanabilir ve böylece dişi hücrelerin çekirdeğinde kromatin leke görülür (çekirdekle eşey saptanması) (Şekil 4.29). Halbuki erkeklerde bir X olduğundan her zaman aktiftir ve normal zamanda boyanmazlar. Tek bir gen insanlarda bu eşeyselliğin değişimini sağlayabilir. Bu gen ilk olarak sıçanlarda gösterilmiştir. **"Androjene-duyarsızlık geni"** olarak bilinir. XY kromozom kombinasyonu yaşamın ilk evrelerinde testostron üretimine neden olur. Fakat vücut hücreleri bu hormondan tam anlamıyla faydalanamazlar. Bu, hormonu hücre içerisine taşıyan mekanizmadaki bir bozukluğun sonucudur. Bu bozukluk da tek bir genin değişimiyle ortaya çıkar. Böyle bir bireyin dişi görünüşü kazanmasının nedeni de tüm erkeklerin belirli bir oranda dişilik hormonları çıkarmasından dolayıdır. Normal zamanda, bu hormonlar, bol miktarda bulunan erkeklik hormonları tarafından bastırılır. Bu durumdaki hücreler erkeklik hormonuna tepki gösteremediğinden ve yalnız dişilik hormonlarını alacağından, dış görünüşleri yönüyle dişilere benzerler. Bu şekilde olan dişiler kısırdır ve rahimleri yoktur. Fakat normal çiftleşme işlevini yapabilirler.



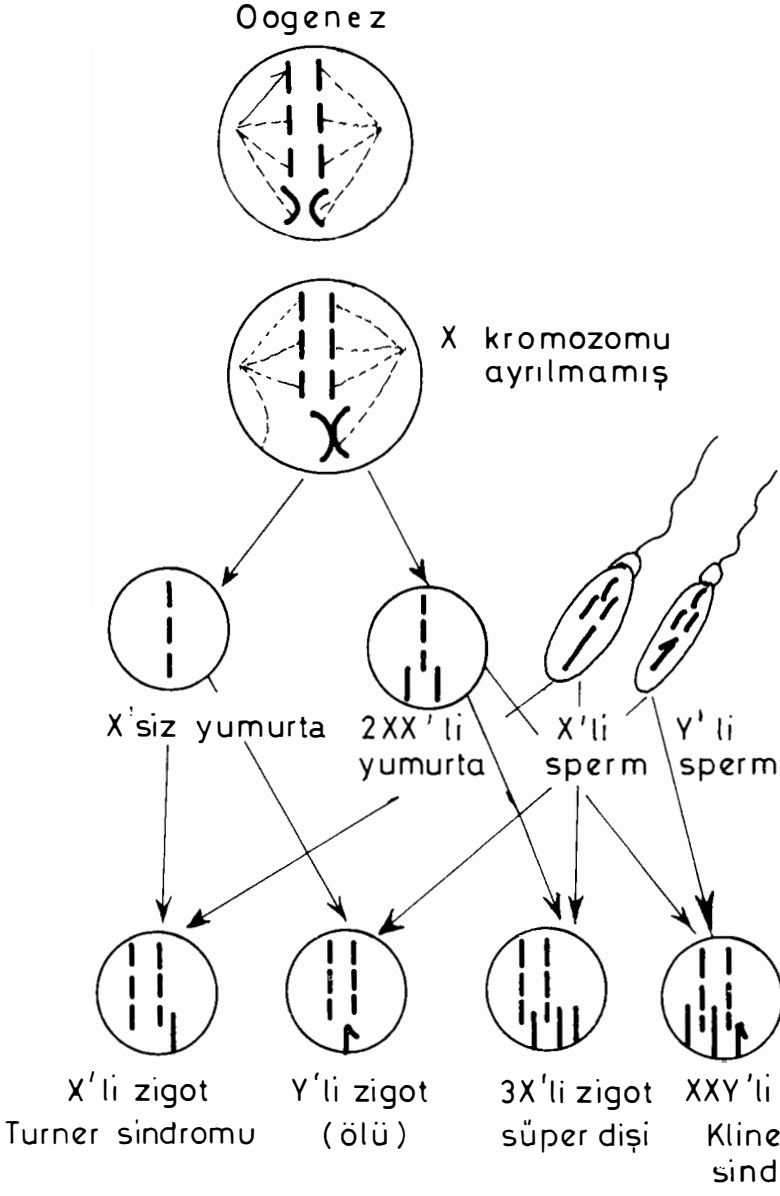
Şekil 4.29: Barr cisimciği ya da eşey (seks) kromatini. a) Normal dişi hücrelerinde bir tane kromatin lekesi görülür, b) Erkekte bu leke görülmez, c) Üç X kromozomu taşıyan (XXX ya da XXXY) bireylerde bu Barr lekesi iki tane görülür.

4.1.5. İNSANDA EŞEY SAPTANMASI

İnsanlarda eşey saptanması XX-XY yöntemine göre olur. Erkek uzun bir X kromozomu, kısa bir Y kromozomu taşır. Dişiler ise aynı yapıda iki X(Xs) kromozomu taşır. Neden XX dişiyi, XY erkeği yapar sorusuna, eşey kromozomlarında meydana gelen anormalliklerin incelenmesiyle kısmen cevap verilebilir.

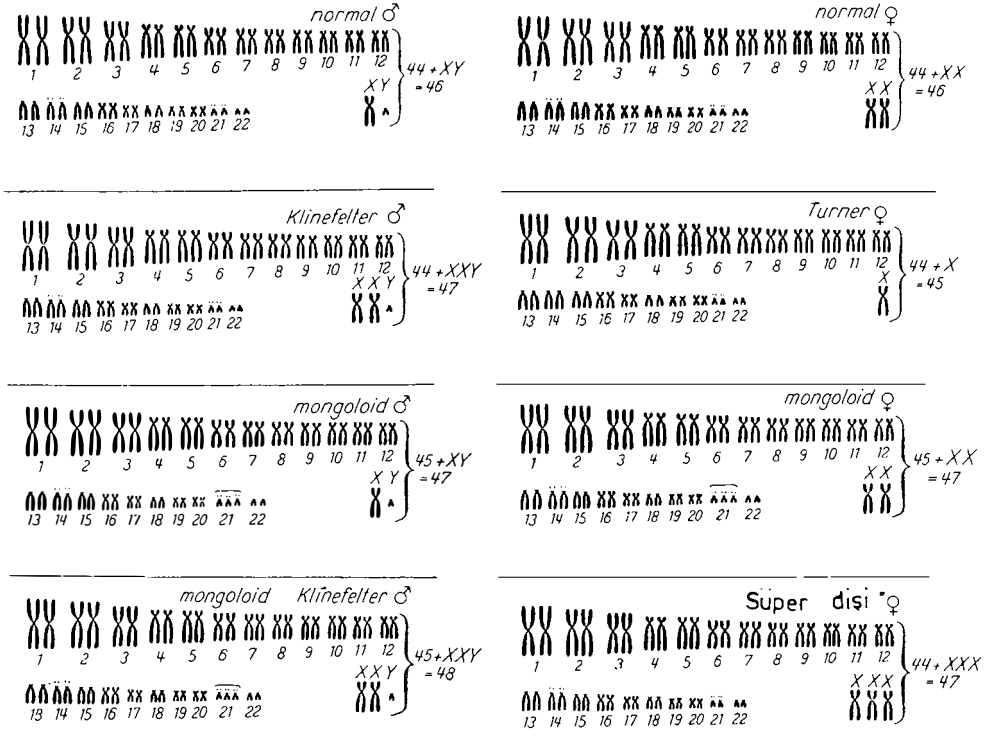
4.1.5.1. *Eşey Kromozomlarının Birbirinden Ayrılmama Durumu* (Şekil 4.30)

İlk mayozun metafaz evresinde kromozomlar çifttir ve krosing-overden dolayı kromatitler arasında bağlanmalar görülür. Anafaz evresinde kromozomlar itilerek birbirinden ayrılır ve her biri bir kutba doğru gider. Bazen kromozomlar arasındaki bu



Şekil 4.30: İnsan oogenezinde "X" kromozomlarının birbirinden ayrılmamasından dolayı ortaya çıkan, eşeysel kromozomlara bağlı bazı anormallikler.

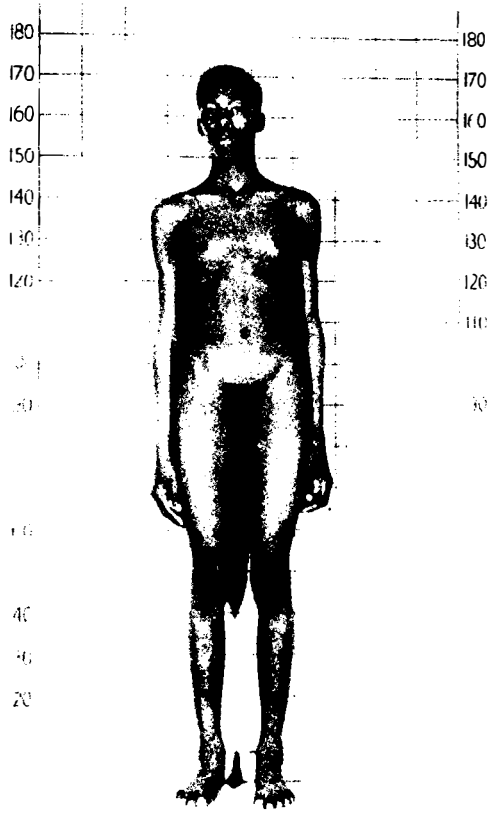
bağlanma o denli kuvvetli olur ki, kromozomların ikisi birden bir kutba gider ve dolayısıyla birbirinden ayrılmazlar. Bunun sonucu olarak bir hücrede aynı tip kromozomdan iki tane bulunur, diğerinde ise hiç yoktur (Şekil 4.31). Eşey-kromozomlarında meydana gelen bu ayrılmama durumu **(Nondisjunction)** değişik anormalliklerin ortaya çıkmasına neden olur. Şimdi Xs, yani XX kromozomlarının birbirinden ayrılmama durumlarını inceleyelim.



Şekil 4.31 : Normal ve anormal kişilerdeki kromozomlar (Penrose'den).

4.1.5.1.1. *Klinefelter Sindromu (Bulgusu)*

Eğer yumurtanın biri XX almışsa ve Y kromozomu taşıyan bir sperma ile döllenmişse, zigot XXY olacaktır (Şekil 4.31). Bu zigotlar Klinefelter sindromu (arazı) gösteren erkeklere gelişecektir. Bu bireyler uzun boylu, uzun kollu, uzun bacaklı ve normalin yarısı kadar büyük olan eşey organlıdır (Şekil 4.32). Her zaman kısırdırlar. Çok defa dişiler gibi gelişmiş göğüslere ve yine dişilerinki gibi kas yapısı görünümüne sahiptirler. Sesleri normal erkeklerinkine göre daha incedir. Zeka geriliği oranı oldukça yüksektir. Canlı doğan her 400 erkek bebekten birinde bu sindrom görülür.



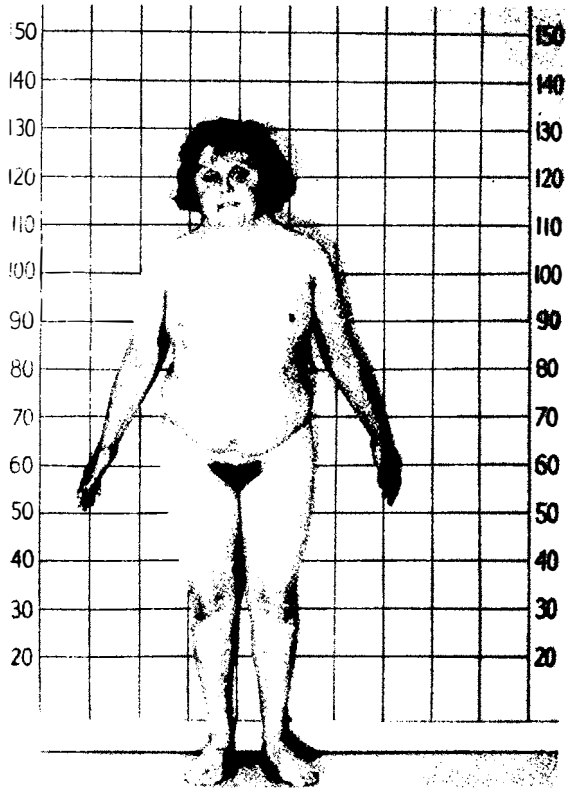
Şekil 4.32: Klinfelter sindromu. Penis normal görünümlü; fakat testisler küçülmüş; vücut kılları az; genellikle kadınlar gibi memeler gelişmiş; uzun bacaklı; kromatin pozitif; 47 kromozomlu (XXY)'durlar (Kusick'den).

4.1.5.1.2. *Üç XXX'li Dişilik (Triple-X-Dişilik)*

Eğer XX'li bir yumurta X taşıyan bir sperma ile döllenirse üç X'li dişiler meydana gelir (Şekil 4.31). Bu bireylerin bazıları normal ve doğurgandır. Fakat birçoğu kısırdır ve adet görmelerinde anormallikler vardır. Zeka geriliği XX'li olan dişilere göre iki defa daha fazladır. Birçok kız ve kadın fazladan X kromozomu taşıdığını bilmez. Canlı doğan her 1200 dişi bebekten biri bu özelliktedir.

4.1.5.1.3. *Turner Sindromu* (Bulgusu)

Eğer bir yumurta X taşımazsa ve X taşıyan bir sperma ile döllenirse, zigot XO olur (Şekil 4.31). Bu tip zigotlar Turner sindromu taşıyan dişileri meydana getirirler. Bu tip bebeklerin boyunlarının iki tarafında kalın deri kıvrımları vardır (Şekil 4.33); fakat normal bir dişi gibi görünürler. Ergenlikte normal eşeysel olgunluğa ulaşamazlar. Normal dişilerden biraz daha küçük ve kısadırlar; boyunlarındaki deri kıvrımlarına



Şekil 4.33: Turner sindromu gösteren bir kadın. Kısa boynu, tipik yüzü, geniş göğsü, küçük rahmi, körelmiş yumurtalığı vs. ile tanınır. Kromatin leke göstermez (Kusick'den).

ilaveten parmakları da kısa ve küttür. Dişilik hormonları ile yapılan tedavilerde hem zihinsel olarak hem de fiziksel olarak normal dişiler gibi topluma katılabilirler. Bu anormalliğin zigotlar arasında yaygın olduğu; fakat düşük yapma oranının fazla olduğu bilinmektedir. Bu nedenle canlı doğan her 4.000 dişiden birinde bu anormallik görülür.

4.1.5.1.4. *X Kromozomsuz Düşük*

Eğer X kromozomu taşımayan bir yumurta Y kromozomu taşıyan bir sperma ile döllenirse yaşama yeteneği olmayan OY zigotu meydana gelir. Çünkü hiçbir embriyo X kromozomsuz büyüyemez. Bunun nedeni X kromozomunun yaşamsal önemi olan bazı genleri üzerinde taşımasıdır.

4.1.5.1.5. *XXY ve XO Zigotu*

Oogenezde olduğu gibi spermatogenezde de eşeysel kromozomların birbirinden ayrılmaması olanak içerisindedir (Şekil 4.30 ve 31). Bu durumda spermaların bir

kısmı XY, diğeri kromozomsuz olur. Herhangi XY taşıyan bir sperma normal bir yumurtayı döllerse, zigot XXY olur ve meydana gelen bireyler Klinefelter sindromu gösterir. Eğer eşeysel kromozom almayan bir sperma normal bir yumurtayı döllerse, XO zigotu meydana gelir. Bu da Turner sindromlu bireyleri meydana getirir.

4.1.5.1.6. *XYY Zigotu*

Kromozomların ayrılmama durumu ikinci mayoz sırasında da ortaya çıkabilir. Bu durumda bazı spermalara YY verilir. YY kromozomlu bir sperma eğer normal bir yumurtayı döllerse, zigot XYY olur. Scotland'da PATRICIA JACOBS'un yaptığı araştırmaya göre, çok hunharca işlenmiş cinayetlerdeki sanıkların % 4'ü bu kromozom yapısındadır. Bu tip erkekler normalden daha uzun ve zeka bakımından zayıftırlar. Bu araştırma bizi suç işlemeye eğimli kişileri önceden tanıma olanağı verir. Nitekim normal insanlar üzerinde yapılan rutin kromozom çalışmaları birçok erkeğin bu kromozom yapısında olduğunu göstermiştir. Gerçekte her 400 erkekten biri bu kombinasyonu göstermektedir. Halbuki hunharca cinayet işleyenlerden 1/25'i bu yapıdadır. Buradan kromozom yapısı ile suça eğilim arasında bir ilişki kurulabilir. Harvard Üniversitesinin Tıp Fakültesinde XYY kromozomlu bebeklerin saptanması ve ilerdeki yaşamları ile ilgili dökümanların toplanmasına başlanmıştı ve bu şekilde soruna daha açık bir yanıt bulmak olanak dahilinde olacaktı. Fakat bir çocuğun ve atalarının bunu öğrenmeleri, çocuğun ileride normal davranmaması için bir neden olacağı savunulduğu için deneme yarıda kesildi.

4.1.5.2. *Eşeysel Hormonlar*

Kromozomlar, insan eşeyinin saptanması için en önemli faktör olmasına karşın, eşeysel özelliklerin ortaya çıkmasını eşeysel hormonlar kontrol eder. Eğer ergenliğe ulaşmadan bir çocuktan testisler çıkarılırsa normal erkeği karekterize eden sakal, ses kalınlığı, kas oluşumu ve dişilerle eşeysel ilişkiler ortaya çıkmayacaktır. Erkeklik hormonlarının yaşamın ilk evrelerinde normalden fazla çıkarılması eşeysel olgunluğa çok erken ulaşılmasını ve o kişinin kısa ve robust (tıknaz) olmasını sağlayacaktır. Dişilik hormonları da dişiler üzerinde aynı rolü oynar. Bazı erkeklerin testisini çıkarmak ve dişilik hormonlarına uygulamak suretiyle bir eşey değişikliği meydana getirmek olasıdır. Daha önce değindiğimiz gibi bir genin normal çalışmaması nedeniyle, testislerden çıkarılan androjen hormonlar hücreler tarafından alınamaz ve birey XY olmasına karşın bir dişi gibi gelişir (fenotipik olarak). Pek az bebek doğduğu zaman hem testise hem de yumurtalığa sahiptir. Bu bireyler 'Hermafrodit' dediğimiz ne erkek ne dişi, daha doğrusu ikisinin arasındaki bir varlıktır. Her iki eşey özelliği yarı yarıya ise "Euhermafrodit", dış eşeysel organlar bir eşeye gonadlar diğer eşeye ait ise "Pseudohermafrodit" denir. Genellikle kısır olmalarına karşın, yapılacak uygun ameliyatla iki eşeyden birine dönüştürülebilir. Normal eşeysel ilişki kurabilirler; fakat çocukları olmaz.

4.1.5.3. *İnsanda Eşey Saptanmasının Özeti*

Bütün bu gözlemlere dayanarak bazı yorumlar yapabiliriz. Y kromozomu erkekliği saptayan genleri taşır; eğer zigotta iki X olsa da tek bir Y kromozomu bulunduğunda yine erkek olur. Bununla beraber fazladan bir X kromozomu (XXX) normal dişi kaslarının gelişmesine neden olur, yani, X kromozomu dişiliğin ortaya çıkmasını sağlar. İki X'in (XX), autozomlara göre oranı, normal gen balansını verir ve normal dişinin gelişmesini sağlar. Fakat tek bir X ya da XXX normalden bazı sapmalar meydana getirir.

Hormonlar, eşeyselliğin saptanmasında en önemli faktörlerden biridir. Embriyonun ilk evrelerinde hem testis hem yumurtalık dokusu vardır. Fakat birkaç hafta içerisinde bunlardan biri baskın duruma geçer, diğeri yapı ve işlev bakımından geriler. Kromozomal denge (balans) eşey saptanmasının anahtarı durumundadır. Hormonlar bu anahtara göre işlevlerini yürütürler.

4.2. EŞEYSELLİĞİN KALITIMDAKİ ETKİSİ

Bir organizmadaki özelliklerin büyük bir kısmı eşey kromozomlarına bağlı olmadan kalıtılmakla beraber, bazıları eşeye bağlı olarak kalıtılır. Biz, bu bölümde eşeye bağlı kalıtımın önemine değineceğiz ve evrimsel gelişmelerle ilgisini ortaya koymaya çalışacağız.

4.2.1. EŞEY KROMOZOMLARINDAKİ GENLER (Tablo 4.1)

X kromozomlarının üzerindeki birçok genin Y kromozomu üzerinde alleli yoktur. Özünde, Y kromozomu pek az gen taşır. Bunun sonucu olarak XX-XY yöntemiyle eşey saptanması yapılan türlerde dişiler (bazılarında erkekler), X kromozomu üzerindeki genler bakımından diploit, erkekler ise haploittir. Bu genler X'e bağlı genler, ya da eşeye bağlı genler olarak bilinir. Erkeklerde bu genler resesif (çekinik) olsa dahi, dominant (başat) bir alleli olmadığı için etkisini fenotipte gösterir. X ve Y kromozomuna bağlı genlerin kalıtımı autozomal kromozomlara bağlı genlerin kalıtımından büyük farklar gösterir.

TABLO: 4.1

İNSANLARDA EŞEY KROMOZOMUNA BAĞLI BAZI ÖZELLİKLER VE ANORMALLİKLER

Anormallikler	Gen Adedi
Eşeysel Organlar	
Hermaphroditismus masculinis externus Dişi görünüşlü, fakat testis ve penisli	1

Anormallikler	Gen Adedi
İskelet	
Dysostosis Morquio Bir çeşit iskelet bozukluğu	1 (−1)
Diş	
Hypodontie, Hyperidrosis, Canitis praemature Üçüncü (ve bazen ikinci) azı dişi eksikliği, el ve ayak ayasında bozukluk, erken saç ağarması	1
Diş hypoplasie'si Diş bozukluğu	1 (+2)
Aseptik kemik nekrozu	2
Kan	
Glukoz-6-fosfat dehidrogenaz enzimi azlığı	1
Küçük ve bozuk eritrositli hypochrom anemi	1
Hemofili (kıral hastalığı)	2 (+1)
Metabolizma	
Albinismus cicumscriptus (akşınlık)	1 (+1)
Böbrek	
Interstitielle pyelonephritis Bir çeşit nefrit	1
Deri	
Xeroderma pigmentosum Pigment birikimi	1
Ichthyosis vulgaris (balık pulluluk)	1 (+1 −1)
Keratosis follicularis spinulosa decalvans Diken gibi saç meydana getirme	1
Anidrosis (ter bezi eksikliği), *Hyperhidrosis* (anormal el içi ve ayak tabanı terlemesi)	1 (+2 −1)
Göz	
Mikrophtalmie (Pupil bozukluğu, mercek donukluğu v.s.)	1 (+1 −1)
Mikrocornea (küçük kornea), *Macrocornea* (büyük kornea)	1 (+1)
Chorioideremie (damar tabaka körelmesi)	1
Doğuştan gece körlüğü	1 (+1 −1)
Yeşil-Kırmızı renk körlüğü	2
Retinitis pigmentosa (retinaya pigment birikimi)	1 (+1 −1)
Maculadystrophie (merkezi görmede bozukluk)	1 (+1 −1)

Anormallikler	Gen Adedi
Ağ tabaka ayrılması	1
Pseudogliom (doğuştan bir çeşit körlük)	1
Ophthalmoplegie (göz hareketi eksikliği)	1 (+1 −1)
Nystagmus (göz titremesi)	1
Kulak	
Sporadik sağırlık	1 (−2)
Sinir	
Dystrophia musculorum progressiva Kas erimesi (bazı çeşitleri)	1 (+1 −1)
Progressive bulbaerparalyse (ön beyin ve motorik beyin siniri bozukluğu)	1
Neural muscelatrophie (sinirsel kas erimesi)	1 (+1)
Kalıtsal Ataxi	1 (+1 −1)
Diffuse sklerose	1 (−1)
Pelizaeus-Merzbacher hastalığı	1

Not: Parentez içerisindeki + işaretli rakamlar, ayrıca autozomal başat genlerce; − işaretli rakamlar da autozomal çekinik genlerce kontrol edildiğini gösterir. Rakamlar gen lokus adedini gösterir.

4.2.1.1. *X Kromozomuna Bağlı Genlerin Bulunuşu*

1900 yılında Mendel Yasaları yeniden bulunduktan sonra, birçok araştırıcı değişik türlerde kalıtımın ayrıntılarını saptayabilmek için çiftleşme (çaprazlama) denemeleri yaptılar. Deney hayvanlarından en önemlisi, sirke sineklerinden olan *Drosophila melanogaster* idi. Bu sinek, küçük bir kavanoz içerisinde, pek az bir besinle, büyük sayılarda üretebiliyordu. Dolayısıyla ortaya çıkan mutasyonların incelenmesi de olanak içerisine giriyordu.

Columbia Üniversitesi'nde araştırıcı olarak çalışan T.H. MORGAN, 1910 yılında, parlak kırmızı gözlü yabani tip sineklerin tam tersi olan beyaz gözlü sinek erkekleri buldu ve bu erkekleri yabani tiplerle çaprazladı (Şekil 4.22). F_1'in hepsi kırmızı gözlü idi; bu, beyaz gözü oluşturan mutant genin çekinik olduğunu gösterir. F_2'deki açılım Mendel Yasalarına uyum göstermiyordu. F_2'nin açılımı eşeylere göre farklılıklar gösteriyordu. Bütün dişiler kırmızı gözlü, erkeklerin de ancak yarısı kırmızı gözlü idi. Bu sorunu çözebilmek için MORGAN bu sefer beyaz gözlü dişileri kırmızı gözlü erkeklerle çaprazladı. Sonuçta erkeklerin hepsinin beyaz, dişilerin ise kırmızı gözlü olduğunu saptadı. Bu tip kalıtıma, yani ananın özelliğinin oğula, babanınkinin kıza geçmesine "Kris-Kros Kalıtım" denir.

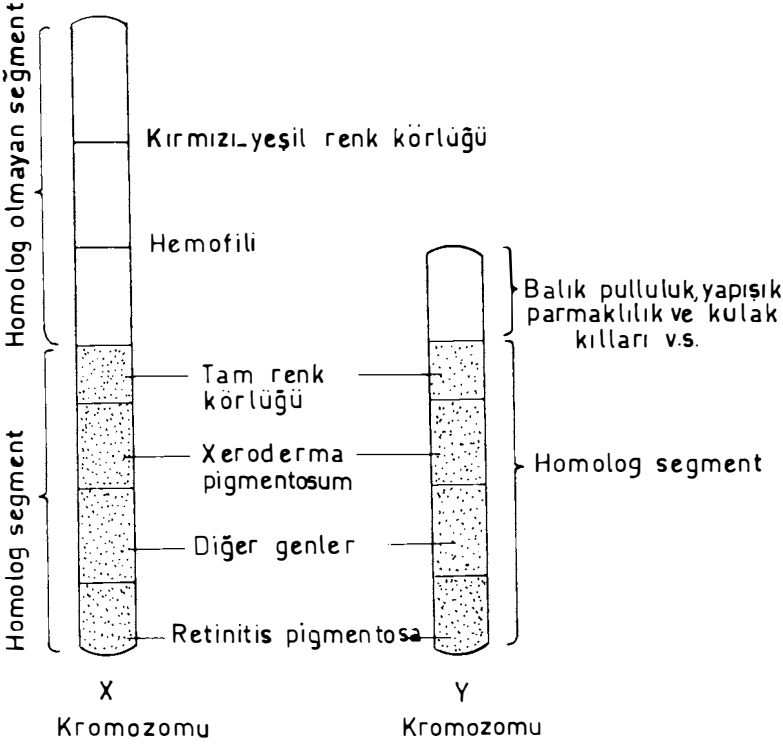
Böylece MORGAN beyaz gözü meydana getiren mutant genin çekinik olduğunu ve X kromozomu üzerinde bulunduğunu bulmuş oldu. Tek bir X kromozomunun

bulunduğu erkekte bu çekinik gen etkisini gösterebiliyordu. Beyaz gözlü bir erkek kırmızı gözlü (homozigot) bir dişiyle çaprazlandığı zaman F_1'in gözleri kırmızı oluyordu. Çünkü meydana gelen dişiler heterozigot kırmızı idi (X kromozomlarının birini erkekten aldıklarından taşıdıkları bir X kromozomu beyaz gözlülük genini taşır); buna karşılık erkekler X kromozomunu dişiden aldıklarından hepsi kırmızı gözlü oluyordu. F_2'de ise dişiler kırmızı gözlü oluyordu. Çünkü erkeklerden aldıkları X geni her zaman kırmızı gözlülük genini taşıyordu. Buna karşın erkeklerin yarısı kırmızı gözlülük genini taşıyan X kromozomunu, diğer yarısı ise beyaz gözlülük genini taşıyan X kromozomunu dişilerden aldıkları için erkeklerin yarısı beyaz gözlü, yarısı kırmızı gözlü oluyordu. Beyaz gözlü dişilerin hepsi homozigot çekinik genlidir. Dolayısıyla oluşturdukları erkeklerin hepsi beyaz gözlü olur.

Daha sonra yapılan denemeler birçok özelliğin eşey kromozomlarına bağlı olarak kalıtıldığını göstermektedir. Yalnız eşey saptanma yöntemi ZZ-ZW olanlardaki kalıtım şekli XX-XY olanlara göre tam terstir.

4.2.1.2. *İnsanda X Kromozomuna Bağlı Özellikler* (Şekil 4.34)

İnsanda X kromozomuna bağlı özelliklerin saptanması oldukça kolaydır. Çünkü erkek ve dişi arasındaki bu özelliklerin veya değişikliklerin saptanması belirgindir.



Şekil 4.34: X ve Y kromozomları üzerinde bulunan bazı genlerin dizilişi.

4.2.1.2.1. *Renk Körlüğü*

En iyi bilinen örnektir. Amerika Birleşik Devletlerinde her 12 erkekten biri kırmızıyı yeşilden zor ayırır. Bu bozukluğu ortaya çıkaran gen, erkekteki X kromozomu üzerinde bulunan renk körlüğü geni diye adlandırılan çekinik bir gendir. Dişilerde bu oran 200'de birdir. Çünkü dişilerin renk körü olması için taşıdıkları her iki X kromozomunda da çekinik gen olması gerekir. Bizim renkli görmemiz retinada bulunan koniler aracılığıyla olur. Bu konilerin bazıları kırmızıyı, bazıları yeşili, bazıları da maviyi algılar. Bu üç koninin etkisinin karışımı bize değişik renkleri görme olanağını verir.

4.2.1.2.1.1. *Deuteran Tip*

Birçok renk körlüğü arasında en yaygın olanı bu tiptir. Yeşile duyarlı konilerin bozuk olmasına neden olan bir çekinik gendir. Bu bireyler yeşili kırmızıya benzer görürler. Dolayısıyla her iki rengi birbirine karıştırırlar.

4.2.1.2.1.2. *Protan Tip*

Renk körlüklerinin 1/4'ü bu tiptendir. Kırmızıya duyarlı konilerin bozuk olmasını sağlayan ve X kromozomu üzerinde bulunan çekinik bir gen tarafından meydana getirilir. Kırmızı, yeşile benzer görülür. Dolayısıyla bunlarda da iki renk birbirine karıştırılır. Özel test yöntemleri geliştirilmeden önce bu iki çeşidin de aynı olduğu zannediliyordu. Bugün biz iki çeşit kırmızı-yeşil renk körlüğü olduğunu biliyoruz.

4.2.1.2.1.3. *Tritan Tip*

Yine X kromozomu üzerinde bulunan bir çekinik gen mavi renge duyarlı konilerin bozuk olmasını sağlar. Fakat bu gen çok nadirdir.

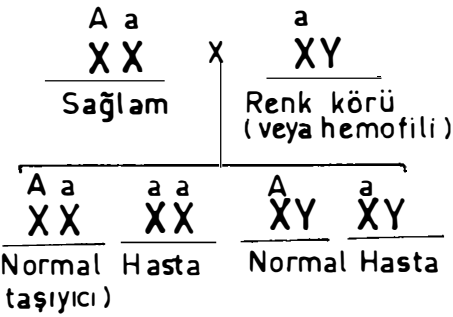
4.2.1.2.1.4. *Autozomal Renk Körlüğü (Tam Renk Körlüğü)*

Autozomlar üzerinde bulunan çekinik bir gen tüm renk konilerinin bozuk olmasını sağlar ve birey hiçbir rengi algılayamaz. Bu nedenle tam renk körlüğü denir. Çok nadir olarak bulunur.

Renk körlüğüne neden olan genlerin değişik populasyonlardaki dağılımı oldukça farklıdır. Örneğin Amerika toplumunda bu oran % 8 iken, Eskimolarda % 1'den azdır. Bunun nedenleri bölüm 24 ve 26'da verilmiştir.

4.2.1.2.2. *Kanama Hastalığı (Hemofili)* (Şekil 4.35)

X kromozomu üzerinde bulunan çekinik bir gen, kan pıhtılaşmasını sağlayan **"Antihemofilik Globulin"** denen bir proteinin üretilmesini sağlayamaz ve çok küçük bir yaralanma ve sıyrıktan, keza iç kanamalardan akan kanın uzun süre durdurulmamasıyla bireyin yaşamı sona erer. Geçmişte bu geni taşıyan erkek çocuklarının 3/4'ü daha erginlik çağına varmadan yoğun kanama nedeniyle ölmüşlerdir. Günümüzde antihemofilik globilin enjekte etmek suretiyle (kanın pıhtılaşmasıyla elde edi-



Şekil 4.35: İnsanda eşeye bağlı kalıtım. A) Sağlam, a) Renk körlüğünü meydana getirir. Hemofili hastalığı da aynı kurala göre kalıtılır.

len serumdan çıkarılır) bu bireyleri yaşatmak mümkündür. Her 10.000 canlı doğan erkek çocuğundan birinde rastlanır. Bu, Ankara gibi bir şehirde 200 kadar hastanın olduğunu gösterir. Dünyada, birçok büyük şehirde, bu hastaların toplanıp yeni yöntemleri birbirine öğrettikleri ve kendilerini nasıl koruyacaklarına dair bilgi aktarımı için merkezleri vardır.

Kızlar arasında hemofili hemen hemen bulunmamıştır. Böyle bir dişinin ortaya çıkması için babanın hemofili, annenin de taşıyıcı olması gerekir. Olasılık yasalarına göre böyle bir kızın doğması milyonda birdir. Bu hastalığa sahip erkek çocukların 3/4'nün ergenliğe ulaşmadan ölmeleri, yaşayanların da çocuk yapmaktan çekinmeleri, yukarıda verilen olasılığın çok daha küçülmesine neden olmaktadır. Aile içi evlenme yapan bazı eşlerde bu olasılık (ailede bu hastalık varsa) oldukça yükselmektedir (bölüm 24 ve 26 bkz!).

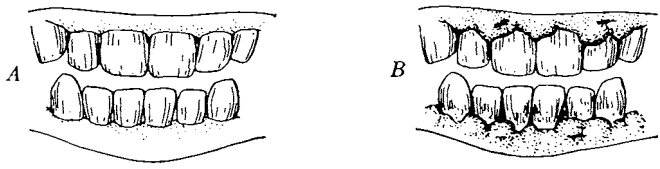
Yaygın bir kanı, eşeye bağlı özelliklerin yalnız bir eşeyde ortaya çıktığı yönündedir. Halbuki X kromozomu her iki eşeyde de bulunur. Her ne kadar bir eşeyde, yani erkekte, çekinik genin kendini gösterme frekansı yüksekse, dişide de ortaya çıkma olasılığı vardır. Bozukluğu ortaya çıkaran genlerin çoğu çekiniktir. Erkeklerde tek bir çekinik gen, özelliğini göstereceği için fenotipik olarak daha çok rastlanır. Dişilerde ise her iki X'in çekinik gen taşıması gerekeceğinden, fenotipik görünme olasılığı daha düşüktür. Kaba bir hesaplama ile dişilerde bozukluğun veya eşeye bağlı özelliklerin (çekinik özelliklerin) görünme olasılığı erkeklerde görünme olasılığının karesi oranında azdır. Örneğin bir bozukluk her yüz erkekten birinde görülüyorsa; bu bozukluk dişilerde onbinde bir oranında görünür. Çünkü her genin kalıtılma oranı eşittir. Dolayısıyla bir erkekte çekinik gen oranı 1/100 ise, dişide yani iki X'de 1/100 X 1/100 = 1/10.000'dir.

4.2.1.2.3. *Bozuk Fenotip Meydana Getiren ve X Kromozomuna Bağlı Başat (Dominant) Genlerin Kalıtımı*

X kromozomuna bağlı, dişilerde bozukluk meydana getiren pek az gen, dişilerde daha yaygın olarak görülür. Çünkü bozukluğu meydana getiren gen başattır. Dolayısıyla dişilerde bozukluğun ortaya çıkması erkeklere göre iki misli fazladır.

4.2.1.2.3.1. *Bozuk Dentin*

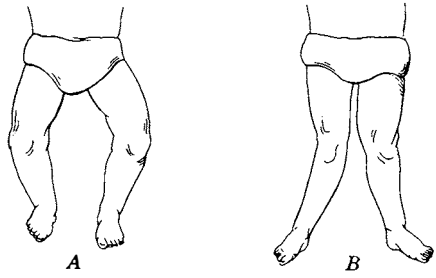
Başat bir gen tarafından kalıtılır. Dişin esas materyalini oluşturan dentin maddesinin tam oluşmamasına, yumuşak kalmasına ve dolayısıyla dişlerin çarpılmasına neden olur (Şekil 4.36). Bu bozukluğa sahip olanların oniki yaşından önce sadece diş kökleri kalır. Amerika'nın güney Dakota eyaletideki yerlilerde bu bozukluğun erkeklerde % 2, dişilerde % 4 olduğu saptanmıştır. Bu oran başat kalıtımdaki oranlara uyum göstermektedir.



Şekil 4.36: C vitamini eksikliğinden meydana gelen diş bozuklukları. A) İlave C vitamini ile desteklenmiş bireyin düzgün dişleri, B) Dentin maddesi oluşmamış ve diş etleri bozulmuş bir hasta birey.

4.2.1.2.3.2. *Vitamin D'ye Dayanıklı Raşitizm*

X kromozomuna bağlı başat bir gen ile kalıtılır. Bu gene sahip bireyler bol miktarda D vitamini üretseler ya da takviye olarak dışarıdan yeterince D vitamini verilse de yine raşitizm hastalığından kurtulamazlar (Şekil 4.37). Yalnız dışarıdan aşırı miktarlarda ve devamlı olarak D vitamini vermek suretiyle bu hastalığın önüne geçilebilir. Bu tip raşitizm dişilerde erkeklerden iki defa daha fazladır.



Şekil 4.37: D vitamini eksikliğinden dolayı ortaya çıkan raşitizm.

4.2.1.2.4. *Yalnız Erkeklerde Bozukluk Meydana Getiren X'e Bağlı Kalıtım*

Bu tip yalnız erkeklerde görülür. Bu bozukluğa sahip erkeklerin hiçbiri üreme çağına kadar yaşayamaz. Dolayısıyla dişiler bu tip bir erkekle çiftleşme olanağını bulamazlar ve bu nedenle hiçbir zaman homozigot çekinik olamazlar. Örnek olarak:

4.2.1.2.4.1. *Pseudohipertrofik Kas Erimesi*

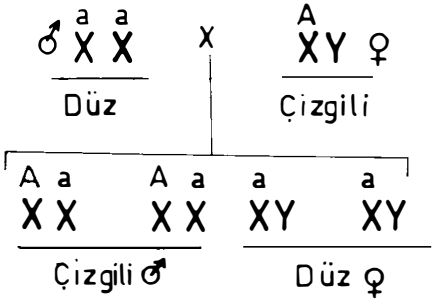
Bu geni taşıyan kadınların erkek çocuklarının yarısı hastalığa tutulurlar. Çünkü kadınlar her zaman heterozigottur. Bu gene sahip erkek çocuklar yaşamlarının ilk evrelerinde normal görünüştedir. Fakat genellikle 13-19 yaşından önce kasları erimeye ve artık made şeklinde vücuttan atılmaya başlar. Sonuçta çocuk bir deri bir kemik kalır (Şekil 4.38). Ölüm genellikle ergenlik çağından önce gelir. Baba olduklarına dair herhangi bir kayıt yoktur.



Şekil 4.38: Pseudohypertrophic (pseudohipertrofik) kas erimesi (Winchester'den).

4.2.1.2.5. *Kuşlarda Eşeye Bağlı Kalıtım*

XX erkeği yaptığından diğerlerine göre kalıtım terstir. Çizgili desen X üzerindeki başat genle, beyaz renk de çekinik genle kalıtılır. Çizgili bir tavukla düz bir horoz çaprazlanırsa F_1'de düz renkli tavuklar, çizgili renkli horozlar meydana gelir (Şekil 4.39).



Şekil 4.39 :
Kuşlarda eşeye bağlı kalıtım.
A) Çizgili, a) Düz deseni meydana getirir.

4.2.1.3. *X ve Y Kromozomu Üzerindeki Homolog Genler*

X ve Y kromozomları mayoz sırasında sinaps yapmayan birçok gene sahiptir. Bunlar X ve Y kromozomunun durumuna göre ayrı ayrı kalıtılırlar. Fakat pek az bir gen X ve Y kromozomunun birinci mayoz sırasında sinaps yaptıkları bölgede bulunur ve birbirlerinin allelidir. Bu genler sayıca azdır (Şekil 4.34).

4.2.1.3.1. a) *Sirkesineklerinde Kısa Kıllılık*

Drosophila'da kısa kıllılığa neden olan genler, eşey kromozomlarının homolog bölgesinde bulunan çekinik genler tarafından oluşturulur. Bu kıllar normal kılların uzunluğunun yarısı kadardır. Hem erkek hem dişi bu genler bakımından diploit olduğundan, özelliğin ortaya çıkması için her iki genin de çekinik olması gerekir. Özel çaprazlama denemeleri ile bu genlerin autozomlarda değil de eşeysel kromozomların yani X ve Y'nin homolog böigelerinde olduğu saptanmıştır. İnsanda bu tip bir kalıtımın olduğu tam anlamıyla kanıtlanamamıştır. Sitolojik çalışmalar insanda X ve Y kromozomunun uç tarafına yakın çok kısa bir bölgede çift yaptığını, yani sinaps yaptığını göstermiştir. Bu çok kısa bölgede allel genler bulunabilir.

b) Bir çeşit tam renk körlüğü, **Xeroderma pigmentosum:** Çekinik ve yarı öldürücü genler tarafından kalıtılır. Gözler ve retina ışığa aşırı derecede duyarlı olduğundan çoğunluk ölüm meydana gelir (Şekil 4.34 ve 40).

c) Retinitis pigmentosum: Başat bir genle kalıtılır. Pigment birikmesinden dolayı retinanın bozulmasına, kısmi veya tam körlüğe neden olur (Şekil 4.34).



Şekil 4.40 : Xeroderma pigmentosum ve ikincil deri kanseri gösteren üç kız kardeş (Verschuer'den).

4.2.1.3.2. *Y Kromozomunun X'le Homolog Olmayan Bölgesinde Taşınan Özellikler*

Y kromozomunun X'le sinaps yapmayan kısmındaki genleri kapsar. Her zaman erkeklerde bulunur ve haploittir. Dişilerde hiçbir zaman bulunmaz ve fenotipik olarak ortaya çıkmaz. İnsanlarda, erkekler Y kromozomu olmasa gelişemezler. Çünkü Y kromozomunun homolog olmayan kısmında erkek özelliklerinin gelişmesini başlatan bazı genler vardır. İnsandaki bazı özellikler yalnız eşeyle ortaya çıkar ve yalnız babadan oğula aktarılır. Çünkü Y kromozomuyla kalıtılır (Şekil 4.41).

4.2.1.3.2.1. *Kıllı Kulak* (Şekil 4.41)

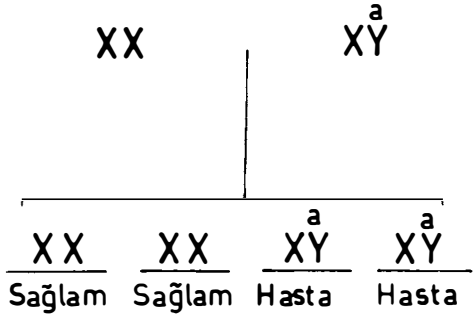
Y kromozomuyla kalıtılır. Babadan oğula geçer. Ergenlik çağına ulaşıldığı zaman kulağın kenarında uzun kıllar çıkar. Bazı yerli kabilelerinde oldukça yaygındır. Keza erkeklerdeki kulak içinin, anüs etrafının, burun içinin kıllanması da Y kromozomuyla yapıldığı varsayılmaktadır. Çünkü dişilerde bu kıllanmalar görülmez.



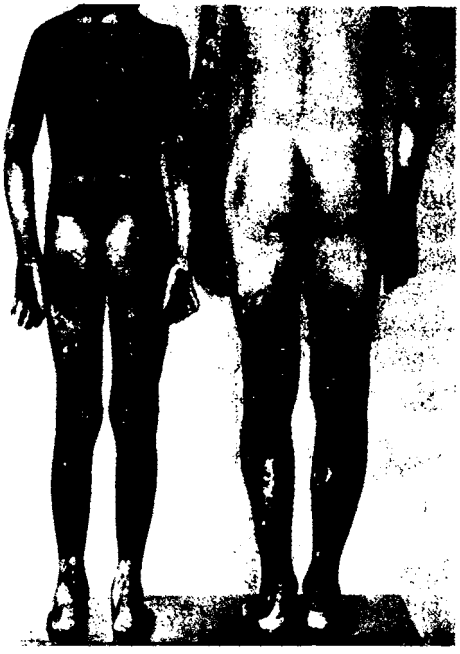
Şekil 4.41: Y kromozomundaki bir lokus tarafından kontrol edildiği varsayılan kulak kıllılığının bir Hindu (solda) ve iki Kafkasoid (orta ve sağda) erkekteki görünümü (Sutton'dan).

4.2.1.3.2.2. *Balık Pulluluk* (Ichtyosis hystrix)

İlk defa İngiltere'de EDWARD LAMBERT adında bir adamda rastlanmıştır. Tüm vücut dikenli balık pulları gibi bir örtüyle kaplanmıştır (Şekil 4.42 ve 43). Bu adamın yalnız erkek çocuklarında ve erkek torunlarında görülmüştür. Kızlar normaldir. Sirklerde çalışmışlardır. Evrimsel gelişme süreci içerisinde balık devrinin bir hatırlanması olarak açıklanır. Yani normal deriyi meydana getiren gen, mutasyona uğrayarak, eski devirlerdeki balık pulluluk genine dönüşmüştür.



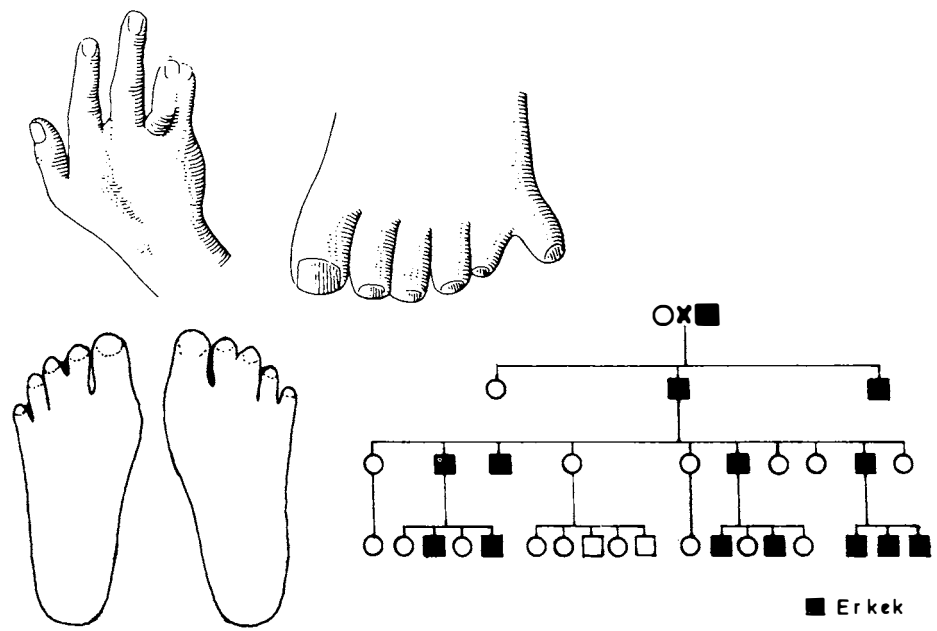
Şekil 4.42: Y kromozomuna bağlı kalıtım: Ichthyosis hystrix'in kalıtımı. a) Balık pulluluk, kulak kılları, yapışık parmaklılık aynı kurala göre kalıtılır, A) Sağlam, a) Hastalık meydana getirir.



Şekil 4.43: Ichthyosisli iki kardeş (Verschuer'den).

4.2.1.3.2.3. *Yapışık Parmaklılık*

İkinci ve üçüncü ayak parmakları ördeklerde olduğu gibi bir zarla birbirine bağlanmıştır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44: Yapışık ve çok parmaklılık. Ayak ve el parmaklarının yapışması (syndactyly); fazla parmaklılık (polydactyly) ve yapışık parmaklılığa örnek bir şecere.

4.2.2. EŞEYLE SINIRLI GENLER

Bazı genler yalnız tek bir eşeyde görülür. Bu genler çoğunlukla X kromozomuna bağlı genlerle karıştırılır. Gerçekte bu genler autozomlar üzerinde bulunur. Kuşlardaki büyük eşeysel farklılıklar bu çeşit genler tarafından meydana getirilir. Tavuskuşlarında her erkek ve dişi uzun kuyruk genine sahiptir; fakat yalnız erkeklerinde bu genler kendini gösterme olanağına sahiptir. Dişiler renksiz ve kısa kuyrukludur. Eşeysel seçim bu ekstrem eşeysel dimorfizmin ortaya cıkmasına neden olmuştur.

4.2.2.1. *Evcil Hayvanlarda Eşeyle Sınırlı Kalıtım*

Biz çoğunluk evcil hayvanlarda eşeyle sınırlı özellikleri eleyerek seçeriz.

a) Sığırlarda Süt Verimi: Sığırlarda, yapay seçimle, doğumdan sonra ve buzağıyı emzirdiği sırada, buzağının gereksinmesinden daha çok sütü verecekler yönünde bir seçim yaparak islah yaparız. Süt meydana getiren genler her iki eşeyde de bulunur. Fakat yalnız dişilik hormonlarının bulunduğu ortamda kendini gösterebilir. Sığır yetiştiricileri bu nedenle inekler kadar boğaların da süt üreten genleri taşıdığını bilmek zorundadırlar. Boğaların süt verimini yükselten genleri ne oranda taşıdığını bulabilmek için çiftleştiği dişilerden elde edilen ineklerin süt verimini not almak suretiyle hesaplayabiliriz. Eğer elde edilen ineklerin süt verimi annelerinkinden daha yüksek ise, bu, babalarının daha yüksek süt verimine sahip genler taşıdığını kanıtlar.

b) Tavuklarda Yumurta Verimi: Yapay seçme keza tavuklarda yumurta veriminin de yükselmesine neden olur. Evcil tavuklar her gün kural olarak bir yumurta bırakmasına karşın, en yakın yabani akrabaları senede ancak bir veya iki düzine kadar bırakabilir. Yabani olanlar bu yumurtaları ancak uygun üreme mevsimlerinde bırakırlar. Kümes hayvanlarını yetiştirenler horozların da tavuklar gibi yumurta verimini yükselten genleri taşıdığını bilirler. Özenle tutulan kayıtlar ve horozdan elde edilen yavruların izlenmesi, horozların gen yapısı konusunda gerekli bilgiyi elde etmeye yeter.

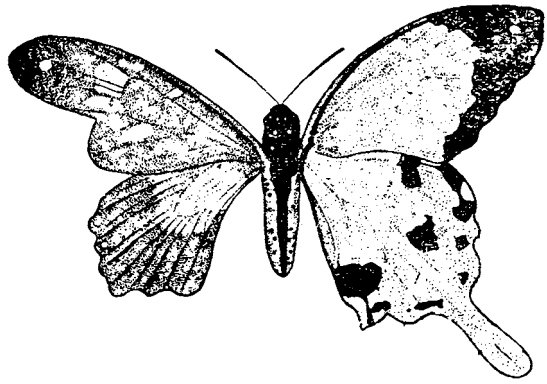
4.2.2.2. *Hormonlarla Olan İlgileri*

Eşeysel hormonların, omurgalılarda, eşeyle sınırlı genlerin ortaya çıkmasına neden olduğu bilinmektedir. Eşeyle sınırlı bazı genler yalnız bir eşeyin ya da öbür eşeyin hormonunun bulunmasıyla kendini gösterebilir. İnsanda göğsün büyümesi buna tipik örnektir. Tüm insanlar, kadın ve erkek, meme büyüten genlere sahiptirler. Fakat dişilik hormonları olmadığı sürece bu genler fenotipte kendilerini gösteremezler. Bazı erkeklerde meydana gelen prostat kanserinin büyümesini hızlandıran androjenik hormonları bastırmak için verilen dişilik hormonları bu şekilde göğüs büyümesine neden olur. Bu şekildeki latent (durgun) genlerin, karşı eşeye ait hormonlarla aktif (işlek) hale geçirilmesine yıllarca önce başlanmıştır. Serviks (rahim ağzı) ve meme kanserine sahip kadınlara estrojenin (bir dişilik hormonu) çıkışını önlemek için testostron (erkeklik hormonu) verilir. Bu tedavi kadınlarda sakalın çıkmasına ve sesin kalınlaşmasına neden olur.

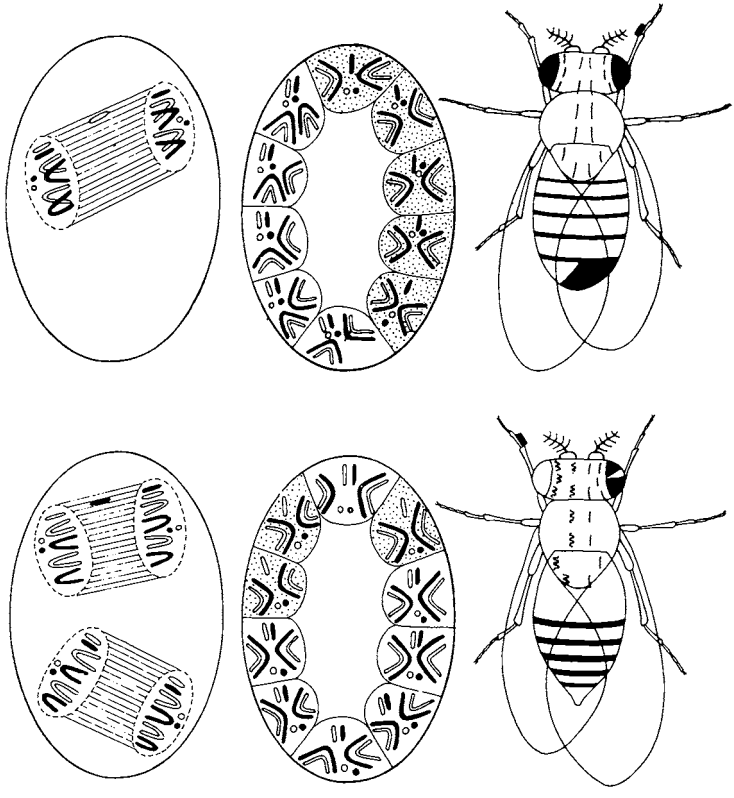
Bazı eşeyle sınırlı genler eşeysel hormonlarla inhibe (bloke) edilir. Dişi vücudunun erkek hormonunun olmadığı bir ortamda geliştiği görülür. Fakat belirli genleri işler hale getiren estrojen hormonun olmadığı bir ortamda normal dişi oluşamaz. Keza daha önce gördüğümüz gibi androjene duyarsızlık geni olduğunda erkek genotipli bireyler dişilere gelişir. Bu tip bireyler dış görünüş itibariyle tam bir kadın olarak görünmekle beraber, rahimleri eksiktir. Eğer embriyo erkek olacaksa androjen, özellikle testostron, gebeliğin başından itibaren birkaç hafta içerisinde çıkmak zorundadır. Erkek hormonları beynin hipothalamusu içerisindeki hücreleri etkiler ve bu hücreler yaşamın daha sonraki evrelerinde erkek hormonlarına yanıt verir.

4.2.2.3. *Omurgasızlarda Durum*

Omurgasızlarda eşey hormonları dolaşmaz (kan gibi). Fakat hücrenin içerisinde eşeyle sınırlı genlerin işlerlik kazanmasını veya örtülmesini sağlayan bir koşul olarak bulunduğu görülür. Bazı hayvanların (örneğin kelebeklerin) ginandromorfizm göstermeleri (vücutlarının yarısının ya da bir kısmının bir eşeye diğer kısımlarının diğer eşeye ait olması) bu eşeysel hormonların vücut içerisinde dolaşmadığının en tipik örneğidir. Bu bireylere 'G y n a n d e r' denir (Şekil 4.45). Sirke sineklerinde eşeyselliği XX-XY yöntemi saptar. XX kromozomlu bir dişi gelişiminin ilk evrelerinde, örneğin, iki blastromerli evrede, blastomerlerden biri X kromozomunun birini yitirirse, bundan sonra bu blastomerden gelişecek vücut hücreleri erkek özelliği göster-



Şekil 4.45: *Papilio*'da ginandromorfizm (Buchner'den).



Şekil 4.46: Ginandromorf *Drosophila*'nın oluşumu (Goldschmidt'ten).

meye başlayacaktır (Şekil 4.46). Dolayısıyla böceğin yarısı erkek yarısı dişi olacaktır. Gelişimin daha ileri evrelerinde meydana gelecek bu şekildeki bir kromozom yitirilmesi kısmi ginandromorfizm gösterecektir. Çok seyrek de olsa bu hayvanlarda iki yumurtanın sitoplazması birleşerek iki çekirdekli bir yumurta oluşturabilir. Bu çekir-

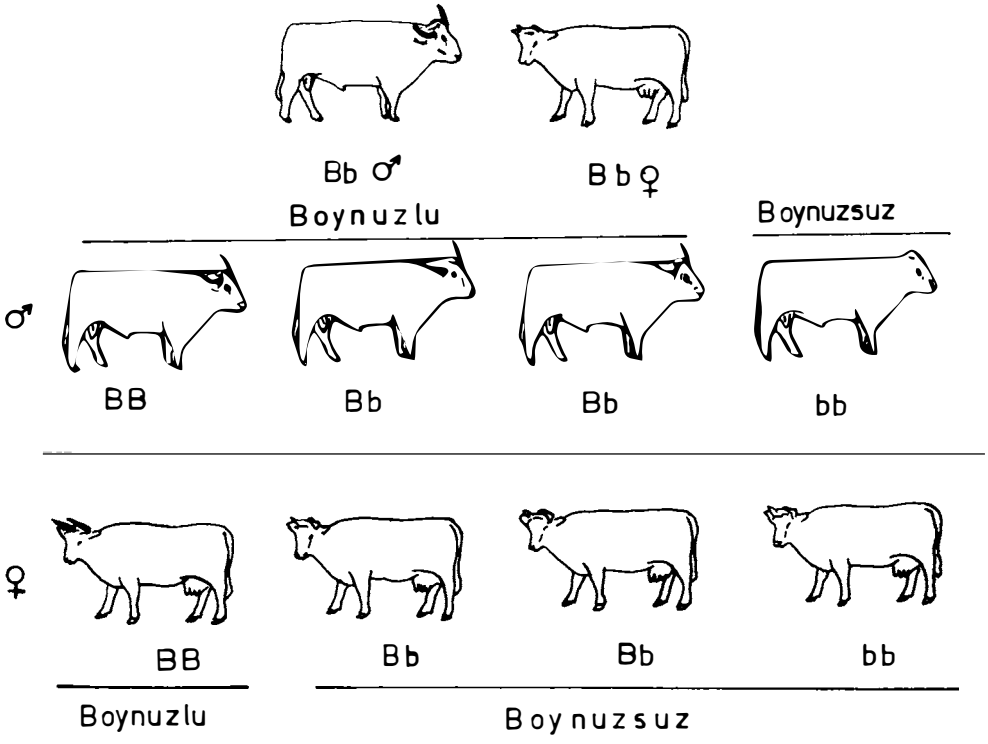
dekler X ve Y kromozomu taşıyan spermalarla birleşirse yine yarısı erkek yarısı dişi bir birey ortaya çıkar. Keza yeterince sitoplazma içeren bir kutup hücresi de döllenerek ana yumurta ile birlikte gelişmeye başlar. Spermalar farklı yapıda ise ginandromorfizm ortaya çıkar. Yüksek hayvanlarda, omurgalılarda, eşeysel hormonlar vücut içerisinde dolaştıklarından bu şekildeki kısmi bir ginandromorfizm görülmez. En fazla intersekliğe doğru bir yönelim görülür.

4.2.3. EŞEYSELLİĞİN ETKİSİ ALTINDA KALAN GENLER

Bazı genler her iki eşeyde de kendini gösterir; fakat bir eşeyde çekinik, öbür eşeyde başattır. Bu, evrimsel açıdan, eşeyselliğin etkisi olmayan durumlar ile, eşeyselliğin sınırladığı durumlar arasında bir geçit formu olarak kabul edilebilir. Omurgalılardaki hormonlar, omurgasızlardaki hücre içi ürünler bu genlerden sorumlu olarak görünmektedirler. Tek bir gen bu ürünler tarafından inhibe edilebilir; fakat iki gen kendini gösterir.

4.2.3.1. *Boynuzluluk*

Sığır ve davarlarda boynuz büyüklüğü eşeye göre değişiklikler gösterdiği gibi, eşeylerin içerisinde de değişiklikler gösterirler. Boynuzluluk geninin erkekte başat, dişide çekinik etki yaptığı görülür. Boynuzluluk geni bakımından homozigot bir

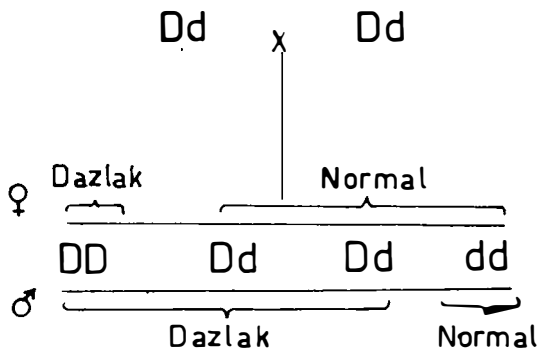


Şekil 4.47: Eşeyselliğin etkisi altında kalıtım (sığırlarda boynuzluluk).

erkekle, boynuzsuzluk geni bakımından homozigot bir dişi çaprazlandığında F_1'deki erkeklerin hepsi boynuzlu, dişiler boynuzsuz olacaktır. F_2'de ise hem boynuzsuz hem boynuzlu erkek ve dişi bulunacaktır (Şekil 4.47). Dişilik hormonları tek bir boynuzluluk geninin etkisini bastırabildiği için bu genotipteki dişiler boynuzsuz; fakat homozigot boynuzlu gene sahip olduğu zaman dişilik hormonları bu genlerin etkisini bastıramadığı için dişiler de boynuzlu olur.

4.2.3.2. *Dazlaklık*

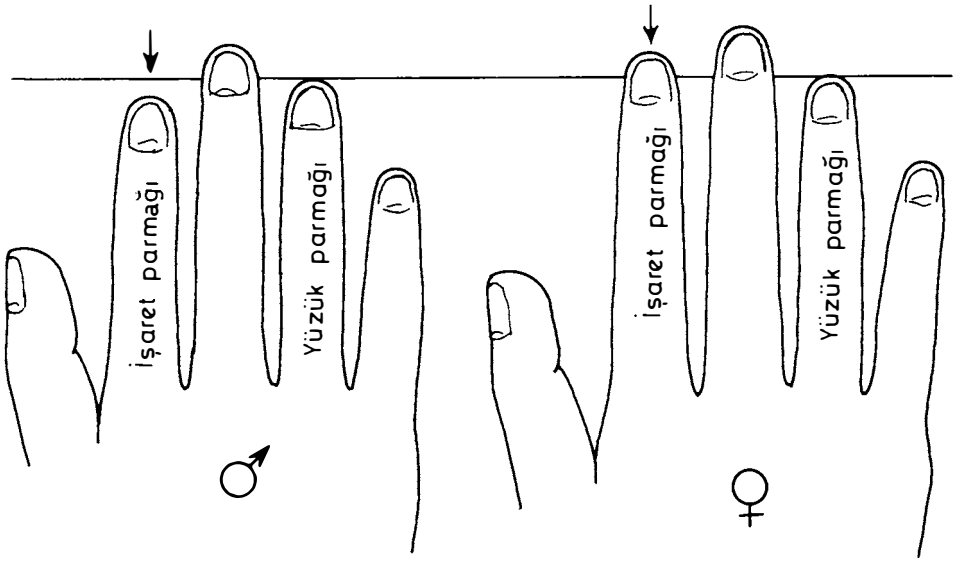
Erkeklerde saç dökülmesine neden olan D geni heterozigot ya da homozigot başat olduğu zaman eşey hormonlarıyla birlikte dazlaklığı meydana getirdiği halde, dişide yalnız DD olduğu zaman (Dd halinde değil) saç dökülmesi meydana gelir (Şekil 4.48).



Şekil 4.48: Eşeyselliğin etkisi altında kalıtım (dazlaklık). D) Dazlaklık meydana getiren gen, d) Bunun çekiniği.

4.2.3.3. *İnsanda Parmakların Durumu*

Eşeysellikle herhangi bir ilgisi görünmemesine karşın, insanda işaret parmağının yüzük parmağına olan oranı eşeylere göre değişiklik gösterir. Bir genin eşeyselliğin etkisi altında bu parmakların uzunluğunu saptadığı varsayılmaktadır. Erkek ve dişilerin elleri bir masanın üzerine konduğunda erkeklerin büyük bir kısmının işaret parmağının yüzük parmağından daha küçük olduğunu görürüz (Şekil 4.49). Kadınlarda bu iki parmak hemen hemen birbirine eşittir. Bu genin dişilerde çekinik (yüzük parmağını uzatan genin) erkeklerde başat olduğu zannedilmektedir. Secere ile yapılan izlemelerde bu sonuca varılmıştır.



Şekil 4.49: Eşeyselliğin etkisi altında kalan özelliklerden biri de işaret parmağının diğer parmaklara göre uzunluğunda görülür. İşaret parmağının uzunluğunu kontrol eden bir gen büyük bir olasılıkla erkekte başat, dişide çekiniktir. Bu nedenle insan topluluklarındaki bireylerin çoğunda, erkeklerin (sol tarafta) işaret parmağı, yüzük parmağından (4. parmak) daha kısa olmasına karşın, dişilerde işaret parmağı yüzük parmağından daha uzundur.

Bu şekilde bir farklılaşmanın nasıl oluştuğunu açıklamak oldukça zordur. Çünkü parmak uzunluğunun eşeye verdiği herhangi bir avantaj yoktur. Büyük bir olasılıkla dişiye iskelet açısından avantaj sağlayan, erkeğe sağlamayan, pleiotropik birkaç genden biri aynı zamanda bu parmak uzamasını da (yüzük parmağını) sağlamaktadır.

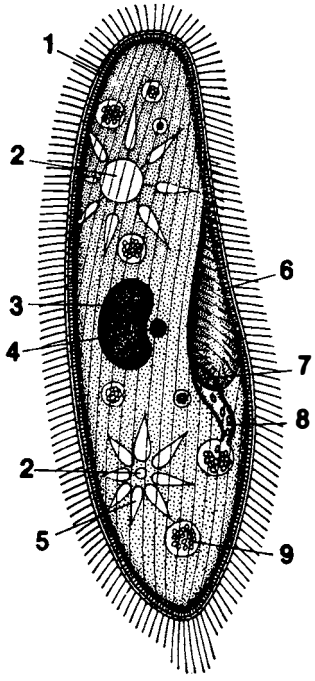
5. BÖLÜM

ÇOK HÜCRELİLİĞE GEÇİŞ

Bir hücrelilikten çok hücreliliğe geçişin nasıl olduğunu incelemeden önce birhücrelilerin kendi aralarında hangi evrimsel sıraya göre dizili olduğunu görelim.

5.1. BİRHÜCRELİLERİN EVRİMSEL SIRASI

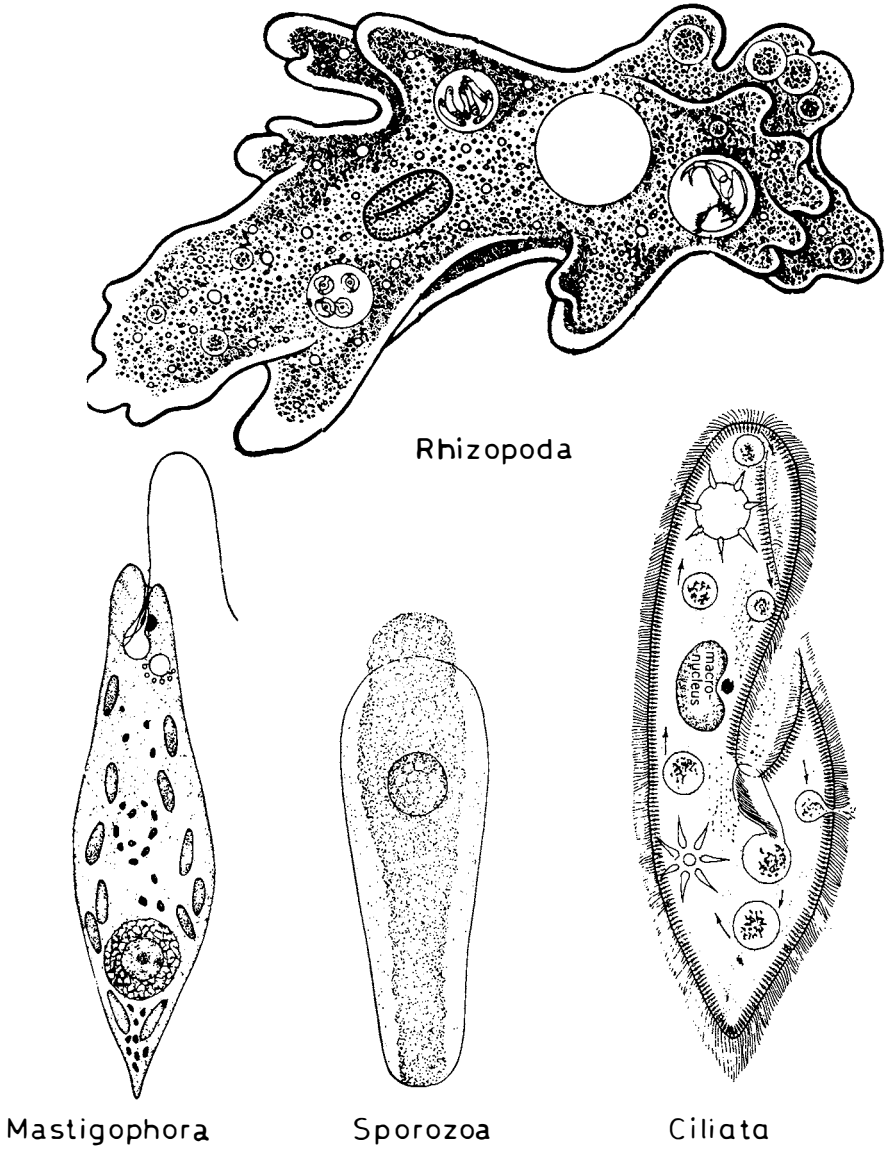
Eskiden, sitoplazma hareketleriyle yer değiştirmeyi sağlayan kökbacaklılar, birhücrelilerin en ilkel formu olarak kabul ediliyordu. Fakat daha sonra gelişim konusunda bilgilerimiz arttığında, kökbacaklıların en az bir grubunda *(Mastigoamobea)* gelişimlerinin ilk evrelerinde basit bir kamçı taşıdıkları ve daha sonra yitirdikleri gözlendi. Bu, kökbacaklıların *(Rhizopoda)* kamçılılardan *(Mastigophora)* daha gelişmiş



Şekil 5.1

Paramecium caudatum. 1. Trikosistler, 2. Vurgan koful, 3. Büyük çekirdek, 4. Küçük çekirdek, 5. Vurgan kofula uzanan kanallar, 6. Ağız bölgesi, 7 Hücre ağzı, 8. Hücre farinksi, 9. Besin kofulu (Kühn'den).

olduğunu göstermektedir. Çünkü gelişimlerinin bir evresinde kamçılılara ait bir özelliği göstererek daha sonra yitirmektedirler. Silliler *(Ciliata)* daha organize olmuş bir vücut yapısına (büyük-küçük çekirdek ve belirlenmiş ağız ve anüs vs.) sahip olduklarından her iki gruptan da evrimli sayılırlar (Şekil 5.1). Sonuncu grup, sporlular *(Sporozoa)*, istisnasız olarak parazit, en azından hücre paraziti olduklarından, en son olarak ortaya çıkmaları kaçınılmazdır. Bu durumda birhücrelilerin evrimsel sıralaması şöyledir. 1. Kamçılılar, 2. Kökbacaklılar, 3. Silliler ve 4. Sporlular (Şekil 5.2).

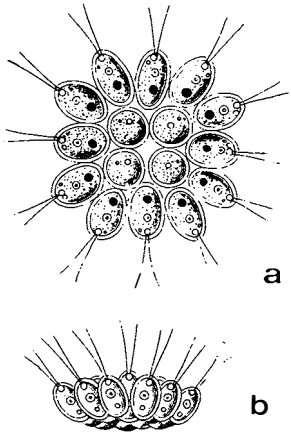


Şekil 5.2 : Birhücrelilere *(Protozoa)* örnekler.

5.2. ÇOK HÜCRELİLİĞE GEÇİŞ

Milyarlarca yıl bölünerek bir hücreli olarak çoğalan canlılar, zamanımızdan aşağı yukarı bir milyar yıl önce bölündüklerinde, artık, birbirinden ayrılmamaya, yani çok hücrelilerin atasını oluşturmaya başlamışlardır. O günkü özelliklerini bugüne kadar sürdürebilen birçok canlı, o evredeki gelişimin en önemli kanıtlarını oluşturmaktadır. Bakteri ve bazı ilkel algler arkaik çekirdeksiz canlıların bugünkü canlı temsilcileridir. Birçok birhücreli, özellikle *Protozoa* daha gelişmiş canlıların temsilcilerini oluşturmaktadır. Bugün yaşayan bu birhücreliler, arkaik zamandan kalmış yaşayan fosiller olarak değerlendirilmelidir. Fakat taşıdıkları DNA, bu geniş zaman süreci içerisinde mutasyonlarla değişikliklere uğrayarak çeşitlenmiş ve zamanımızın gelişmiş çok hücrelilerini oluşturmuştur. Bir kısmı da aynen (veya kısmen değişerek) zamanımıza ulaşmıştır.

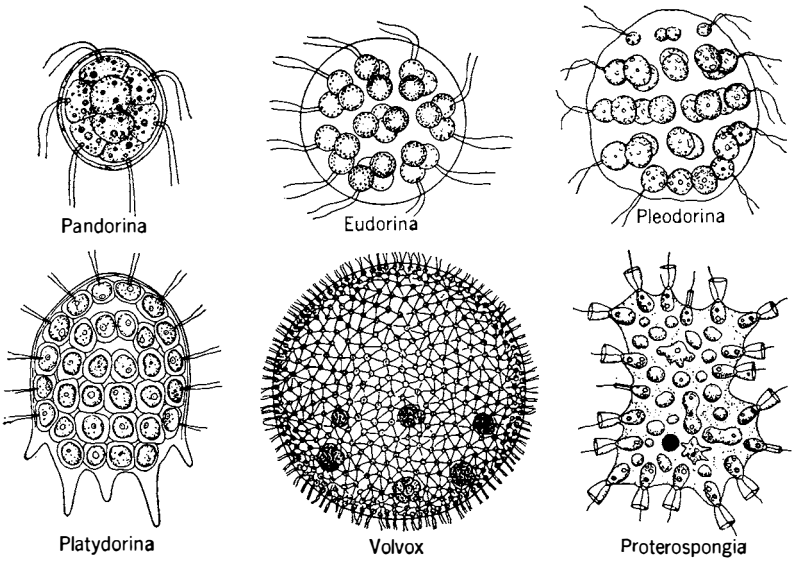
Birhücrelilerin ikiye (bazen ikiden fazla sayıya) bölünmek suretiyle çoğalmalarını biliyoruz. Fakat bundan aşağı yukarı bir milyar yıl önce herhangi bir nedenle ikiye bölünen birhücrelinin, sitoplazma bağlantılarını yitirmeden, yan yana, bitişik durumda, yaşamını sürdürmeye başladığı andan itibaren çok hücrelilerin temeli atılmıştır.



Şekil 5.3 : *Gonium kolonisi* (Kühn'den).

Nitekim bugün birçok birhücreli (!), özellikle fitoplanktonlar 2'li, 4'lü, 8'li..... birey topluluğu halinde yaşayabilmektedir. Örneğin *Gonium* 4'lü ya da 16'lı bireyler topluluğudur. Bir plaka şeklinde bir araya gelmiş birhücreli yığınıdır. Birhücrelilerden sayılırlar (Şekil 5.3). Çok tipik örnek 16 bireyden meydana gelmiş *"Pandorina"*dır. Bu ve belki daha sonra değineceğimiz *Volvox* da çok hücreli olarak değil de, bir araya gelmiş birhücreliler kolonisi olarak kabul edilmektedir (Şekil 5.4). Özellikle *Pandorina*'yı oluşturan hücrelerde herhangi bir şekilde farklılaşma meydana gelmemiştir. Birbirini takip eden 4 bölünme ile 16 bireyli bir koloni meydana gelir ve hücrelerin salgıladıkları jelatinimsi bir kılıfla bu hücreler küre şeklinde bir arada tutulur.

Koloniyi çok hücreli organizmadan ayıran en tipik özellik, koloniyi oluşturan bireyler arasında belirli bir hiyerarşinin ve işbölümünün olmamasıdır. *Pandorina*'daki



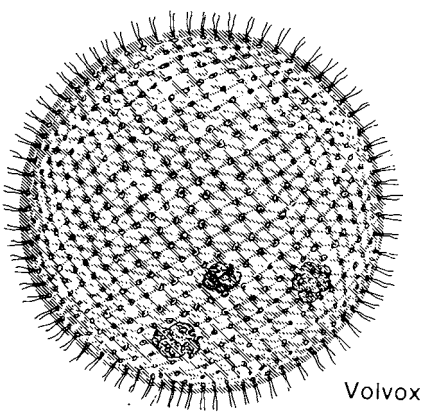
Şekil 5.4 : Koloni yapan kamçılılara örnekler (Storer'den).

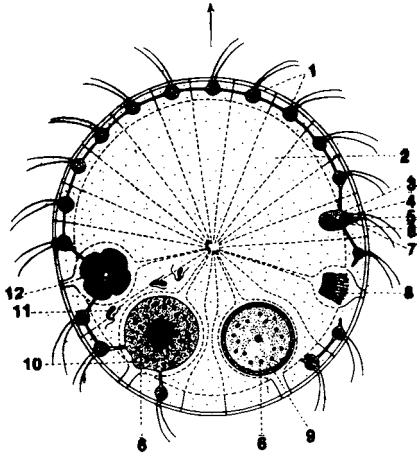
hücrelerin her yöne uzayan kamçıları aynı zamanda çırpmalarına (senkronize olmalarına) —ki bu su içerisinde koloninin belirli bir yöne hareket etmesini sağlayacaktır— karşın, 16 hücrenin 16'sı da aynı biyolojik güce ve yapıya sahiptir. Birbirinden farklılaşmış morfolojik ve fizyolojik herhangi bir özellikleri yoktur. Koloniyi oluşturan bireyleri birbirinden ayırdığımızda, her birey yeniden bir *Pandorina* kolonisi meydana getirir. Evrimin bu evresine kadar gelişmelerde, daha sonra 'gelecekte evrim'' konusunda inceleyeceğimiz gibi; reflekslerin oluşturduğu bir bireysel içgüdü ve geniş anlamda "B i r e y s e l B i l i n ç" sözkonusu olmasına karşın, ilk defa bu grupta "Bir Arada Yaşama" eğilimi, yani "T o p l u m B i l i n c i" ortaya çıkmıştır.

Normal olarak her *Pandorina* bireyi gelişerek, bölünmek suretiyle, artık bırakmadan, 16'lı yeni *Pandorina* kolonisi meydana getirir (hiçbir zaman 8 veya 32'li koloniler oluşturmaz). Özünde birhücreliden çok hücreliye geçiş bir film şeridi gibi, *Gonium* üzerinden *Pandorina*'ya ondan *Eudorina*'ya (Şekil 5.4) ondan da *Volvox*'a... olacak şekilde gelişmiştir.

Daha sonraki geçiş kademesi 32 bireyli *Eudorina* kolonisidir (Şekil 5.4). Bazı türlerinde bireyler bir vücut ekseni oluşturacak şekilde dizilmeye başlamıştır. Öyleki koloni her zaman belirli bir doğrultuda 'öne doğru' hareket eder. Yani ilk defa bir ön ve bir arka kavramı çıkmıştır. Öndeki hücreler biraz daha küçüktür. Ayrıca önde bulunan ve yönelmeyi sağlayan hücrelerin göz lekesi arkadaki hücrelerden daha büyüktür. *Eudorina*'daki işbölümü ve morfolojik farklılaşmanın hepsi bu kadardır. Diğer tüm özellikleri aynıdır.

Koloni ile çok hücreli organizmalar arasındaki son kademe ve geçiş formu çok tanınmış "*Volvox*"dur (Şekil 5.5). Yüzlerce, hatta, binlerce kamçılı algden meydana





Şekil 5.5 : *Volvox* kolonisi şeması: 1. Vejetatif birey, 2. Bir bireye ait jelatin koni, 3. Genç üreme bireyi, 4. Stigma, 5. Kamçı, 6. Pyrenoid, 7. Çekirdek, 8. Mikrogamet oluşumu, 9. Oogamet, 10. Agam üreme hücresi, 11. Mikrogamet, 12. Agam ile oluşan genç koloni (Stempell'den).

gelmiş, tek bir hücrenin bölünmesiyle oluşmuş, çıplak gözle dahi görülebilen, küçük küre şeklinde bir koloni (çok hücreli !)'dir. Çok defa çok hücrelilerin ilk basamağı olarak anlatılır ve çok hücrelilerin blastula evresine denk tutulur.

"Volvox" çok düzenli bir küre olmasına karşın, belirli olarak gövde yönlendirilmesi meydana gelmiştir. Yüzme devamlı olarak öne doğru olur. Ön kutuptaki göz lekeleri diğerlerine göre, özellikle arkadakilerine göre çok daha iyi gelişmiştir. Binlerce bireyin kamçısı birbirini izleyen bir ritim içerisinde çırpılır. Bu ritim, hücre bölünmelerinde, hücreler arasında bağlantıyı sağlayan protein köprülerin saklanması ve bu lifcikler üzerinden belirli impulsların iletilmesiyle sağlanır.

Volvox'da en göze çarpıcı yapısal ve işlevsel farklılık üreme olayındadır. İlk defa *Volvox*'da her hücre üreme yeteneğine sahip değildir. Bu yetkinlik yalnız, küre şeklindeki koloninin arka kısmında, yüzeyde bulunan oransal olarak az sayıdaki hücrede kalmıştır; diğerleri bu güçlerini yitirmiştir. Bu farklılaşma, ilk defa üreme hücrelerinin dışındaki diğer tüm hücrelerin **"Vücut Hücreleri"** ismini almasına neden olmuştur. Bu vücut hücrelerinin ortaya çıkmasıyla "Ö l ü m" kavramı da kaçınılmaz olarak biyolojik yapıya girmiştir. Yani çok hücreliliğin bedeli ölüm gibi bir faturayla ödenmeye başlanmıştır. Bundan önceki tüm organizmalar bölündükleri zaman veya çoğaldıkları zaman herhangi bir artık bırakmadıkları için ve kural olarak sonsuz bölünebildikleri için ölümsüzdürler. Halbuki ilk defa bu kademede, çoğalmanın sonucunda ya da belirli bir süre sonunda—" **Yaşam Uzunluğu"**nun ortaya çıkması—yaşamını yitiren bir hücre yığını, yani vücut hücrelerinin ölümünü simgeleyen bir "N a a ş veya L e ş" geriye bırakılmaktadır.

Ölüm ve ölüm korkusu ilk canlıyla beraber ortaya çıkmasına karşın, kaçınılmaz ölüm ilk defa bu evrede oluşmuştur. Eğer ölümsüzlük başlangıçta canlının özelliği

olsaydı, yaşam tümüyle ortadan kalkacaktı. Çünkü bir bakteri 24 saat içinde 200 milyar, birkaç gün içerisinde de dünyanın ağırlığı kadar birey meydana getirecekti. Bakteriler birhücreliler tarafından ve kaza ile; birhücreliler yine diğer organizmalar tarafından ve yine kaza ile yaşamlarını yitirirler. Herhangi bir iç nedenle ölüm ortaya çıkmaz. Potansiyel olarak ölümsüzdürler. Kabuklu bazı birhücreliler *(Foraminifera, Radiolaria* ve *Heliozoa'*lar hariç) bölündükleri zaman geriye naaş (leş) bırakmazlar.

Küçük bir deneme ölümsüzlüğü kanıtlayabilir. Eğer bir *Amip'*in bölünecek büyüklüğe ulaştığı anda sitoplazmasından bir parça kesilecek olursa, yarayı onarmak için bölünmeyi durdurur ve kural olarak sonsuz şekilde bu kesilme yapılırsa, onarım da sonsuz olarak devam eder ve *Amip* ölmeden ve bölünmeden yaşamını sınırsız olarak sürdürür. Bilindiği kadarıyla 600 gün bu deneme yürütülmüş ve yaşlanma görülmemiştir. Bazı bilim adamlarına göre deneme daha uzun süre tekrarlanırsa, sonuçta bir yaşlanma ortaya çıkacaktır!

*Volvox'*da **"Generatif Kutup"** dediğimiz arka kısımda bölünme yeteneğini saklayan hücrelerin bölünmesiyle minyatür koloniler meydana gelir ve bunlar *Volvox'*un jelatinimsi sıvı ile dolu iç kısmına düşerek büyümeye devam ederler ve ana kolooninin patlamasıyla bu minyatür koloniler serbest hale geçerler. Ölümsüzlük eşeysel hücrelerde baki kalarak günümüze dek gelmiştir. Bizim de eşeysel hücrelerimiz ölümsüzdür; dölden döle aktarılmak suretiyle ölümsüzlüklerini devam ettirirler. Ölüm bu eşeysel hücreleri taşıyan vücut hücreleri için geçerlidir. Daha önce gördüğümüz gibi eşeysel hücrelerdeki bu ölümsüzlük, iki farklı eşeyin gametlerinin birleşmesiyle sağlanabilmektedir. Tek taraflı bir ölümsüzlük ortadan kalkacaktır (eşeysel üremeyi sağlayabilmek için). Yani ölümsüzlük potansiyelini sağlayan faktörler eşeysel hücrelere dağıtılmıştır. Ancak bir araya geldiklerinde sonuca ulaşabilmektedirler.

Bu konuda daha ileri bir spekülasyon: Vücut, eşeysel hücrelerdeki DNA'nın çevre koşullarından korunup taşınması ve DNA'da meydana gelen mutasyonların test edilerek amaca uygun olanların seçilmesi için aracı olan yardımcı bir yapıdır. Bir uzay aracında özel korunma "Pup" ile saklanacak DNA, evrenin derinliklerine gönderildiğinde, belirli teknolojik düzeye ulaşmış canlılar tarafından geliştirilerek, dünyadaki canlıyı, bununla ilgili olarak insanı yeniden yaratmaları mümkün olacaktır. Yani gövdesiz bir maya (DNA) yaratılış için yeterlidir. Onu taşıma ve koruma dünyada gövdeye verilmiş bir ödevdir.

Çok hücreli organizma olmanın bedeli ömür uzunluğunun sınırlandırılmasıdır. Fakat elde edilen yarar o oranda büyük olmalıdır. Bir defa çok hücreliler vücut büyüklüklerini istedikleri kadar (türe özgü olmakla beraber!) büyütme yeteneğindedir. Birhücreliler madde değişimi ve oksijen sağlanması bakımından yüzey/hacim oranını belirli sınırın altında tutmak zorundadırlar (hücre bölünmesinin nedenlerine bkz. !), dolayısıyla gövdelerini sınırsız büyütemezler. Halbuki çok hücrelilerde özel donatımla hücre sayısı artırılmak suretiyle vücut büyümesi sağlanır. Vücut büyüklüğünün en büyük yararı yenilmekten kurtulmadır (büyük küçüğü yer kuralını hatırlayınız!). Çok hücreliliğin ikinci en büyük yararı ise hücreler arasında yapısal ve işlevsel

olarak işbölümünün ortaya çıkması ve bunun da evrimsel olarak yaşam savaşında bir üstünlüğü ortaya çıkarmasıdır. *Volvox*'da bu iş bölümüne kısaca değinmiştik. *Volvox*'dan insana kadar birçok hücre farklılaşması – *Volvox*'dan sonraki çok hücrelilik kademesi gastrula evresinde kalmış süngerlerdir – evrimsel gelişmenin özünü oluşturur. Biz çok kısa olarak insandaki hücre gruplarının evrimsel farklılaşmasını inceleyelim.

5.3. HÜCRE FARKLILAŞMASI

Özünde, döllenmiş bir yumurtadan çok değişik yapıda ve işlevde birçok hücre grubunun meydana gelmesi şimdiye kadar doyurucu şekilde açıklanamamıştır (hücre farklılaşmasına bkz. !). İster deri, ister böbrek, ister salgı bezi, isterse sinir olsun, kural olarak başlangıçta döllenmiş yumurtanın hemen hemen hatasız denecek bölünmeleriyle ortaya çıkarlar. Yumurta hücresinde mevcut DNA'nın kural olarak hatasız replikasyonu (kendini eşlemesi) sonucu, vücuttaki her hücre başlangıçtaki döllenmiş yumurtanın DNA'sının aynını çekirdeğinde bulundurur. Bölünme kademelerinde DNA'nın değişerek yavru hücreye geçtiği (anormallikler ve mutasyonlar hariç) saptanamamıştır. Sonuç: Bizi meydana getiren her hücre, özünde yapı planımızın tümünü kapsayan bilgiye sahiptir. Bu nedenle bazı bilim adamları gelecek için ilginç öneriler ileriye sürmektedirler. Vücudun herhangi bir hücresi bizi oluşturan yapı planının tüm bilgisine sahipse, bu hücreden, ileride yeni bir canlı, yani alındığı bireyin ikizini yapmak (aynı yumurta ikizi gibi) zor olmayacaktır. Hatta daha ileri spekülasyonlarda, kaza geçirmiş bir insanın veya dölü tükenmiş veya tükenmekte olan bir hayvanın derisinden alınacak bazı hücre örnekleri dondurulmak suretiyle saklanabilecek ve bu, gerekli teknolojik düzeye ulaşıldığında tekrar aynı türü yaratılabilecektir. Fakat bugün ana rahminden ayrılan ceninin ilk evrelerini dahi yaşatmak teknolojik yetersizlikten dolayı olanaksız gibi görünmesi ve hücre farklılaşmasının tam anlamıyla açıklanamaması, yukarıda anlatılanların çok uzun zaman utopik olarak kalacağını göstermektedir.

İleride karaciğeri yapacak bir hücrenin yumurtadan itibaren bölünmesini kısaca inceleyelim. Belirli sayıda mitoz bölünme ile yumurtadan oluşan gruplara ayrılmaya (ilk olarak ektoderm, endoderm, daha sonra mezoderm...) ve belirli bir zaman sonra da karaciğeri oluşturacak hücreleri meydana getirmeye başlar (embriyolojiye bkz. I). Her hücre tüm canlının yapı planını taşıyan bilgiyi içermesine karşın, ilerleyen her bölünme kademesinde bu bilginin ancak belirli bir kısmını kullanabilecek, yani zincirin ancak belirli bölgelerini okuyabilecek bir özelleşme kazanır. Her kademede okunabilecek satırların sayısı azalır, son kademede, örneğin, karaciğeri oluşturmuş hücrelerde, son satır, yani ancak karaciğerin bilgi dizilerini içeren kısmı okunabilir. Diğer tüm bilgiler bir çeşit örtülerek (belki histonlarla) gizlenir.

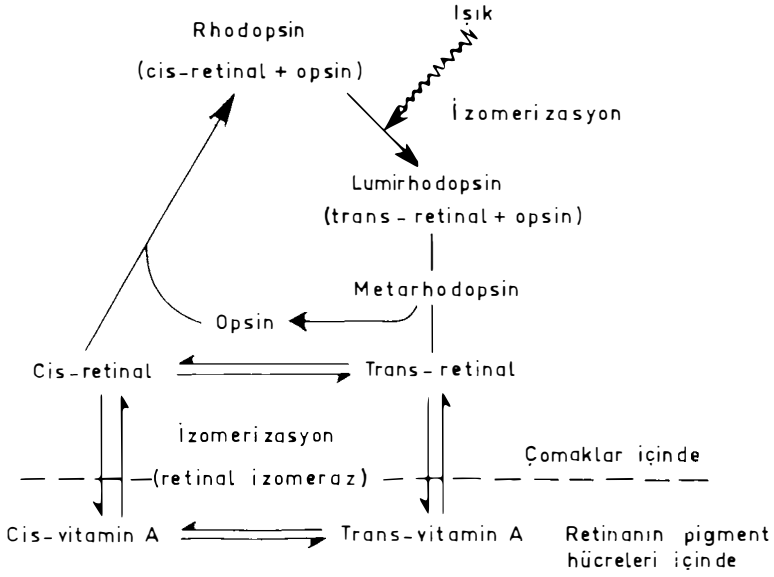
Bugün biz yapı planını veren birçok DNA molekülünün genleri, genlerin de yan yana gelerek kromozomları yaptığını biliyoruz. Mikroskop altında özel teknikle hangi genlerin aktif, hangi genlerin inaktif olduğunu saptayabiliyoruz. Özellikle böceklerdeki "puff" denen kromozomal şişkinliklerde bu saptama çok belirgindir.

Son aşamaya gelmiş hücrelerdeki genlerin büyük bir kısmı inaktiftir ve bloke edilmiştir. Bu bloke etmeyi büyük bir olasılıkla represör genler denen diğer bir gen grubu sağlamaktadır. Eğer bir gen tekrar aktif duruma getirilecekse, herhalde başka özel bir genle bu engelleme ortadan kaldırılmaktadır. Biz herhangi bir hücredeki bu blokajların tümünü ortadan kaldırabilirsek potansiyel olarak yeni bir canlı üretmemiz olanak dahiline girebilecektir. Fakat sadece yapı ile ilgili aktif bilgi yeterli değildir, aynı zamanda yer ve zaman olarak da bir düzenlenme gereklidir. Bir evin yapımı gibi bu bilginin belirli bir düzen içerisinde ve belirli bir zaman kavramı içerisinde birbirini takip eden sıralar halinde yapılması gereklidir. İşte bir hücre grubunun yumurtadan itibaren farklılaşarak, örneğin bir karaciğer hücresine dönüşmesi bu gen zincirlerinin belirli sıralar ve zaman içerisinde okunmasıyla oluşur. Durdurucu ve aktive edici genlerin hangi kurallar içerisinde etki gösterdiği ve gen zincirlerinin nasıl okunduğu pek az açıklanabilmiştir. Bu konu daha çok hücre farklılaşmasını ilgilendirmektedir. Karaciğer hücresi olacak ana hücredeki bilgi, belirli bir yol izlenerek okunur, diğer tüm bilgiler hücrenin yaşamı boyunca bloke edilir.

Bir deri hücresinin tüm vücut için gerekli bilgiye sahip olduğunu biliyoruz. Bu bilgilerin hepsinin kullanılması isteniyorsa en az 100.000 genin blokajının kaldırılması ve zamansal olarak doğru okunmasını sağlamak gerekir. Birkaç biyolog generasyonu için bunun başarılabilmesi olanaksız görülmektedir.

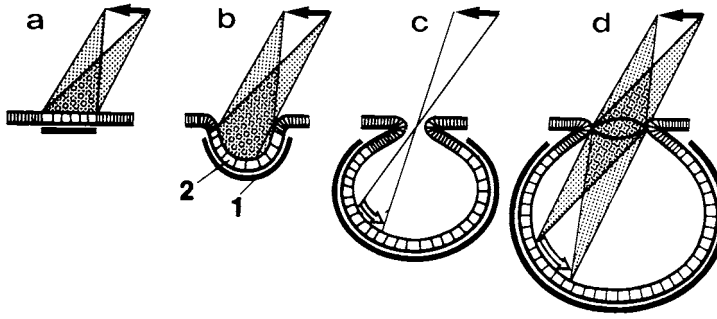
5.3.1. GÖRME

Birhücrelilerde işlevsel olarak, bizdeki göz ödevini gören ve sadece ışığı absorbe eden renkli pigmentciğe tekrar geri dönelim (Şekil 5.6). Doğal olarak, sinir sistemi ve yardımcı görme aygıtları gelişmediğinden, herhangi bir şekil görme olasılığı yok-

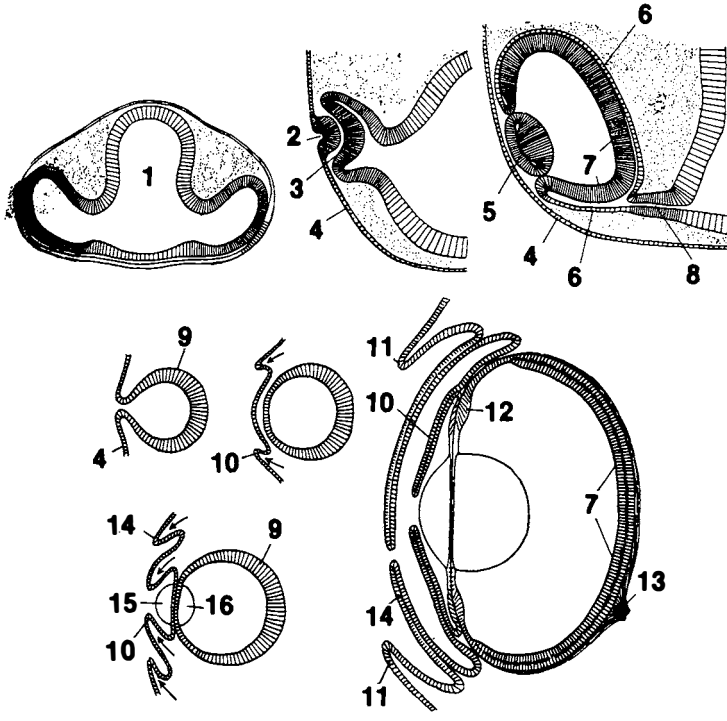


Şekil 5.6 : Siyah beyaz görmenin kimyasal mekanizması.

tur. Işığa duyarlı renk pigmentlerinden birinin değişmesiyle ortaya çıkan bu göz lekesi, bulunduğu canlıya sadece aydınlık-karanlık ayırımını vermektedir (Şekil 5.7). Meydana gelen impuls, kamçının köküne iletilerek, kamçı aracılığıyla canlının en uygun yeri bulması sağlanır. Yani ışığa karşı göz lekesi ve kamçı arasında eşgüdümlü bir bağlantı vardır. Fakat sadece ışığın şiddetini algılamak için ortaya çıkan bu yapı ileride şekli görecek bir gözü yapmayı başlangıçta amaçlamamıştır. Bugün çok hüc-

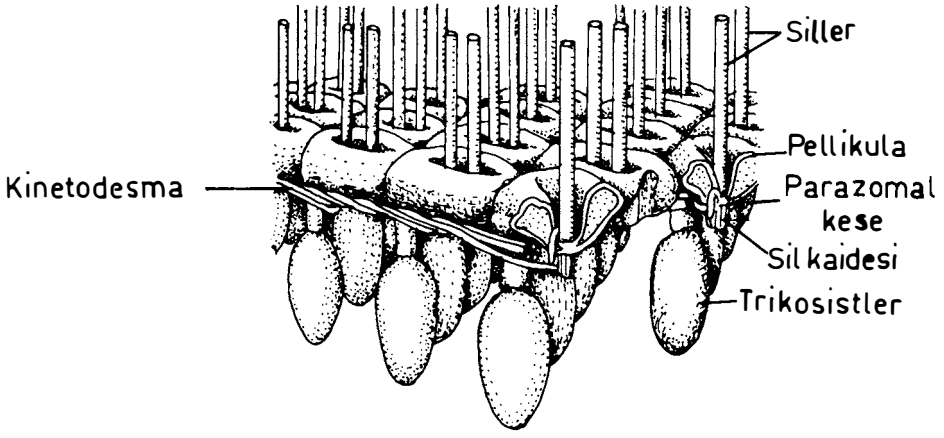


Şekil 5.7 : Göz şeklinde evrim. a) Düz, b) Çöküntülü, c) Balon, d) Mercekli. Siyah oklar cisimleri, beyaz oklar oluşan resimleri gösterir. 1. Pigment tabakası, 2. Görme hücreleri (retina).

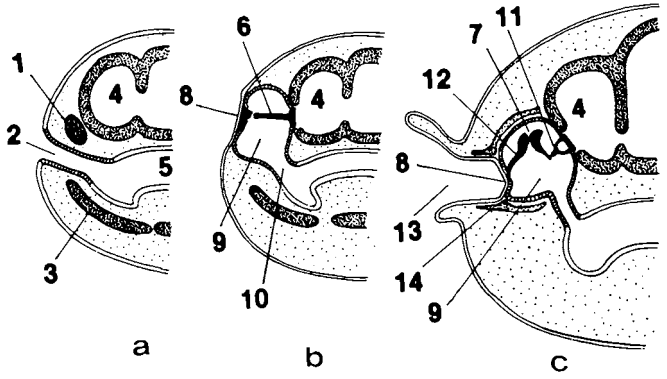


Şekil 5.8 : Mercekli gözün gelişimi, omurgalılarda (üstte); kafadanbacaklılarda (altta).1. Ara beyin, 2. Mercek taslağı, 3. Göz çukuru, 4. Epidermis, 5. Mercek baloncuğu, 6. Pigment epiteli, 7. Retina, 8. Göz sapı 9. Göz balonu, 10. İris, 11. Kirpik, 12. Kirpikli cisim, 13. Sinir hücresi, 14. Kornea, 15 ve 16. Kutikular merceğin her iki kısmı (Kühn'den).

relilerin her hücresinde ışığa karşı belirli bir duyarlılığın olduğu varsayılmaktadır. Fakat çok hücreliliğe geçiş kademesinde, çok hücreli bir görme aygıtının nasıl oluştuğu evrimin en zor açıklanabilecek konularından birisidir (Şekil 5.8). Belki ışığa daha çok duyarlı bir hücrenin, vücut üzerinde ışığı en iyi alabilecek bir yerde zamanla gelişmesi ve bir koloni (birlik) oluşturmasıyla, çok hücreli göz lekesi meydana gelmiş olabilir. Bu lekenin optik etkinliğini artırması ve ona bağlı olarak cisimlerin kaba şeklini görebilmesi için, içe doğru çökmesi ve son aşama olarak net görüntü sağlayabilmek için de optik aygıtların (mercek gibi) meydana geldiği sanılmaktadır. Nitekim birhücreliden insana kadar bu gelişim evrelerini canlılarda görmek yapısal olarak mümkündür. Fakat tam oluşmuş bir gözün meydana gelmesi (memeli gözü gibi) birkaç yüz milyon yıldan daha eskiye uzanmaz. Bu kadar karmaşık bir organın bu kadar kısa sürede oluşması evrimsel bir mucize olarak kabul edilmektedir. Fakat son 600 - 800



Şekil 5.9 : *Paramecium bursaria*'nın pellikül ve pellikül altının ince yapısının şematik görünümü.



Şekil 5.10 : Omurgalı hayvanlarda orta kulağın oluşumu. a) Köpek balığında, b) Amfibilerde, c) Memelilerde. 1. Hyomandibula, 2. Sprikulum, 3. Hyale, 4. Kafatasının kulak kapsülü, 5. Ağız açıklığı, 6 ve 7. Örs (kolumella), 8. Kulak zarı, 9. Orta kulak, 10. Timpanal tüp, 11. Özengi, 12. Çekiç, 13. Dış işitme organı, 14. Timpanikum (Kühn'den).

milyon yıldan beri evrimsel mekanizmanın daha eskiye göre, yapıları mükemmelleştirme açısından, daha hızlı yürüdüğünü görmekteyiz.

Tüm bu gelişmelerde esas sorun, eşgüdümün nasıl sağlandığıdır. Daha önce değindiğimiz gibi kamçı ve siller arasındaki eşgüdüm, canlının belirli bir yöne hareketini sağlamaktadır (Şekil 5.9). Bu bağlantı, hücreler arasında her ne kadar sitoplazma köprüleri ile sağlanıyor gibi gözüküyorsa da, esas impuls iletiminin kimyasal bir yolla yapıldığı da varsayılmaktadır. Elektron mikroskopuyla yapılan incelemelerde bu bağlantının ne olduğu açıklanamamıştır. Bilinen şey, uyarılan noktadan itibaren bir elektrik dalgasının yayılımıdır. Bu, uyarıların iletiminin en ilkel şekli olarak kabul edilir. Fakat bu ilkel evrede dahi algıların belirli bir değerlendirilmesi yapılmalıdır (ışık, tat, acı vs.), aksi takdirde çevre yeterince tanınamıyacaktır. İşte bugünkü merkezi sinir sisteminin ana öğeleri, bu en ilkel formlarda mevcuttur. Sorun ilkel canlılardaki bu yeteneklerin bir beyine kadar nasıl geliştiğidir.

Doğal olarak ilk defa sinir hücreleri, daha sonra merkezi sistemler gelişmiştir. Bunun, bazı hücrelerin iletim ödevini üzerine almasıyla gerçekleştiği varsayılmaktadır. Sonuç olarak şunu vurgulayabiliriz: Özellikle kara yaşamına geçinceye kadar ortaya çıkan yetenekler, birhücrelilerde var olan özelliklerin geliştirilerek ve çeşitlendirilerek daha etkin duruma geçirilmesiyle (organlar şeklinde) kazanılmıştır. Özünde biyolojik bir özelliğin, organın, işlevin vs.'nin bu şekilde ayrıntılı gelişimi belirli ölçüler içinde açıklanabilir. Hemen hepsi aynı kurallara göre geliştiğinden (Şekil 5.10), biz yukarıda anlatılan kısıtlı örneklerle yetineceğiz. Bu konuda daha geniş bilgi elde etmek ve konuyu daha iyi anlayabilmek için karşılaştırmalı morfoloji ve anatomiyi çok iyi bilmek gereklidir (Yaşamın Temel Kuralları, Kısım II, Yapısal Uyuma bkz. !).

6. BÖLÜM

SUDAN ÇIKIŞ

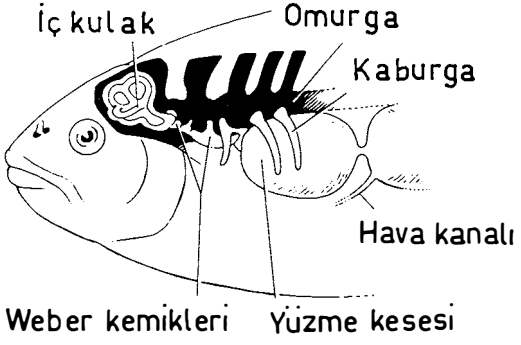
Canlılığın sudan karaya çıkışının çok uzun bir zaman alması (zamanımızdan 500 milyon yıldan daha az bir zaman önce), evrim konusunun açıklanması en zor yönlerinden birini oluşturmaktadır.

6.1. SUDAN KARAYA GEÇİŞİN GETİRDİĞİ SORUNLAR

Özünde, bir yaşam ortamından diğerine geçişin getirdiği yararların yanısıra, sayılamayacak kadar tehlikeleri de vardır. Suda yaşayan canlılara serbest hava zehir etkisi yaptığı gibi, kara hayvanlarına da su ortamı büyük tehlike yaratır.

6.1.1. AĞIRLIĞIN TAŞINMASI

Sudan karaya geçişte ilk sorun vücut ağırlığının nasıl taşınacağıdır. Hemen bütün canlılarda sitoplazmanın özgül ağırlığı birden biraz daha fazladır. Hatta bu özgül ağırlığın, ilkel denizlerin özgül ağırlığına eşit olduğu varsayılmaktadır. Bugün bizim hücrelerimizdeki sitoplazmanın hemen hemen deniz suyunun özgül ağırlığına eşit olması, bizim deniz ortamından türediğimiz açık kanıtlarından biridir. İşte bu nedenle denizlerde yaşayan canlıların büyük bir kısmı (tatlısulardaki canlıların özgül ağırlığı sudan biraz daha fazladır) kendi ağırlıklarını algılayamazlar. Balina dahi suda ağırlıksızdır. Bazıları ise hava baloncukları ve diğer donatımlarla ağırlığını yaşadığı ortama denkleştirmeye çalışır (Şekil 6.1). Halbuki karada yaşayanların büyük bir kısmı (solucanlar, salyangozlar ve yılanlar) enerjilerinin % 40'ını vücutlarını taşımak için kullanırlar.



Şekil 6.1:
Bir balıkta, iç kulak ile yüzme keselerinin, Weber kemikcikleri aracılığı ile bağlantısının yandan görünüşü (Barnes'den).

6.1.2. SUYUN KULLANIMI

Diğer bir tehlike ve risk, madde değişimi için kaçınılmaz olan su, karasal ortamda çok az bulunduğundan, suyun ve hatta nemin idareli kullanılması için yardımcı yapıların geliştirilme zorunluluğudur. Özellikle boşaltım işlevi için istenildiği kadar su kullanılamaz (suda yaşayan canlılarda boşaltım için su artırımı —tasarrufu— yoktur) ve suyun artırımı için (özellikle çöl hayvanlarında) birçok yeni mekanizma geliştirilmiştir. Bu nedenle karaya çıkarken öncelikle susama duygusunun geliştirilmesi gerekir (suda yaşayanlarda susama duygusu yoktur!).

6.1.3. SICAKLIĞIN KORUNMASI

Üçüncü en büyük sorun, gece ve gündüz, hatta mevsimsel ısı değişimine uyumdur. Kural olarak okyanusların yüzeyden birkaç metre aşağısında +4°C'lik sıcaklık hemen hemen hiç değişmez. Canlılarda meydana gelen kimyasal tepkimelerin hızını etkileyen ana neden sıcaklık olduğuna göre (10°C'de kimyasal tepkimelerin hızı iki misli artar), karadaki sıcaklık değişiminin yaşamsal önemi ortaya çıkar. Çünkü, canlı, madde değişimini belirli sınırlar içinde tutmak zorundadır; bunun için ortamın sıcaklık değişiminden en az zarar görmesini sağlayacak korunma sistemini kazanması ve gerekirse bu sıcaklık değişimine uyum yapacak bir yol izlemesi gereklidir. Halbuki su hayvanlarında bu sorun yok gibidir. Burada suyun bir özelliğinin canlıların bugüne kadar kalmasında ne denli önemli rol oynadığına değinmeden geçemeyeceğiz. Su, donma noktasını geçerken hacminde genişleme olur. Dolayısıyla buz haline geçen kütle suyun üzerine çıkar ve suların üzerini bir örtü gibi kaplayarak göl ve denizlerin dibinin +4°C'de kalmasını sağlar. Eğer aksi olsaydı, buz kütleleri dibe çökerek tüm canlılığı ortadan kaldıracaktı. Demek ki bugünkü varlığımızı, suyun donarken hacmini genişletmesine borçluyuz.

6.2. KARAYA ÇIKIŞTA MEYDANA GELEN YAPISAL DEĞİŞİKLİKLER

O günkü canlıların sudan çıkışı, bugünkü insanların uzaya çıkışından farklı birşey değildir. Yani her iki ortam da yaşam için tehlikelidir. Tehlike her iki ortam için aynı olmamakla beraber çözüm bir noktada aynıydı. Sudan karaya çıkışta mutasyon-seleksiyon mekanizması çalıştırılmış; uzaya çıkışta ise zekanın ürünü olan teknik geliştirilmiştir.

6.2.1. DERİ OLUŞUMU

Canlıların gelişim evrelerine baktığımızda (embriyolojiden elde edilen kanıtlara bkz. I) bu geçişlerle ilgili bazı bilgileri elde etmek olasıdır. Buna birkaç örnek verelim. Ana rahmindeki cenin üşüme tehlikesiyle karşı karşıya olmamasına karşın, 4. ayda vücudunun tamamı post tüyleriyle kaplanır; doğuma doğru bu tüyler tekrar ortadan kaldırılır. Bu, 30-40 milyon yıl önce, daha insan olarak evrimleşmediğimiz ve post taşıdığımız bir evredeki genlerin hatırlanmasından başka birşey değildir. Zigot evre-

sinden ergin canlı oluşumuna kadar kısaca tekrarlanan olaylar evrimsel gelişim sürecinde geçirdiğimiz değişikliklerin tekrarından başka birşey değildir. Bu tekrar, bir çocuğun şiir okuması gibidir; takıldığı yerden devam etmesi olanaksızdır, her takılmada baştan almak zorundadır. Şiirin her dörtlüğü ve her mısra belirli bir gelişim evresine denktir. Son dörtlük insanı, son mısra ise bireyin kendini tanıtmadır. Bu evreler tekrarlanırken tüm ayrıntıları gösterilmez, sadece hatırlanarak geçilir. Örneğin ilk haftalarda oluşan kuyruk, daha sonra bizde kuyruk sokumuna kadar körelir.

Bu anlatımın içerisinde en önemlisi solungaç oluşumlarıdır. Embriyonun belirli bir evresinde oluşan solungaç kalıntıları atamızın kurbağalara ve hatta ilk deniz canlılarına kadar bağlanmasını sağlar. Embriyonal solungaç yarıkları her defasında kan damarcıkları ile donatılmasına karşın, su dışında yaşayan canlıların gelişim evrelerinde işlevsizdir.

Son dikkati çeken değişim gözlerde görülür. Başlangıçta yanlarda olan gözler yüksek primatlarda öne doğru kayarak derinliğine (üç boyutlu) görmeyi sağlar. Birbirini izleyen bir tekrara karşın, herhangi bir evrede kesinti meydana gelirse, o evreye denk olan canlıyı meydana getirmesi sözkonusu değildir. Sadece ortak olan genlerimizin hatırlanması şeklindedir.

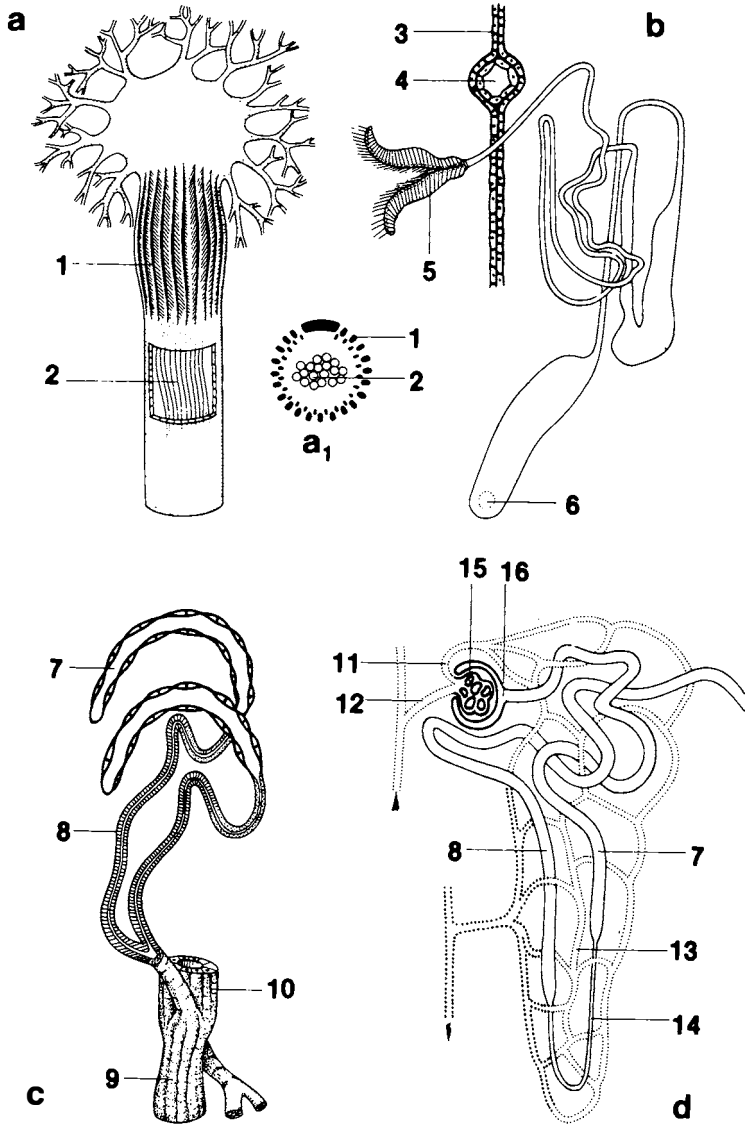
Sadece bu geçişler birçok canlıda embriyonik gelişim sırasında tekrarlanmakla beraber, bazılarında yaşamlarının bir dönemi olarak hâlâ kullanılmaktadır (kurbağagillerde, birgünsineklerinde, subakirelerinde, taşsineklerinde vs.). Kurbağagiller ve bazı su böcekleri sudan karaya geçen veya göçen tipik geçiş hayvanları olduğu bilinmektedir. Çoğumuzun bildiği gibi kurbağa larvaları (iribaşlar) ve böcek larvaları yaşamlarının ilk dönemini tam bir su hayvanı gibi suyun içerisinde geçirirler. Kurbağa larvaları türlere özgü olan bir süre içerisinde (12 - 15 ay kadar) değişerek kara hayvanı olurlar. Kurbağaların 50 - 100 milyon yılda yapabildikleri sudan karaya çıkış işlemini, şimdi larvaları bir seneye yakın bir zaman içerisinde tekrar ederler. Çünkü alfabe bir kere öğrenildikten sonra tekrarlanması kolay olmaktadır. Fakat oluştuğu ve yaşadığı ortamı bu geçiş sırasında yanına almayı unutmamıştır. Bu nedenle kara canlılarının iç yapısı (su miktarı vs.) suda yaşayanlardan farklı değildir. Yeni bir ortama (uzaya) çıkmaya çalışan insanoğlu da yaşadığı bu ortamı (su, oksijen ve diğer koşulları) yanında uzaya götürmek zorundadır.

Bu geçişte ilk önemli gelişim deri yapısında olmuştur. Deri, su yitirilmesini ve buharlaşmayı önleyecek şekle dönüşmüştür. Kurbağa larvası atmosferde çok kısa zamanda kurumasına karşın, ergin kurbağa belirli ölçüde neme bağlı olmakla beraber, çok daha uzun zaman kurumadan yaşayabilir. Yani ay yüzeyinde oksijenin sızmasını önleyen uzay elbisesi gibi.

6.2.2. BOŞALTIM SİSTEMLERİNDEKİ GELİŞİM

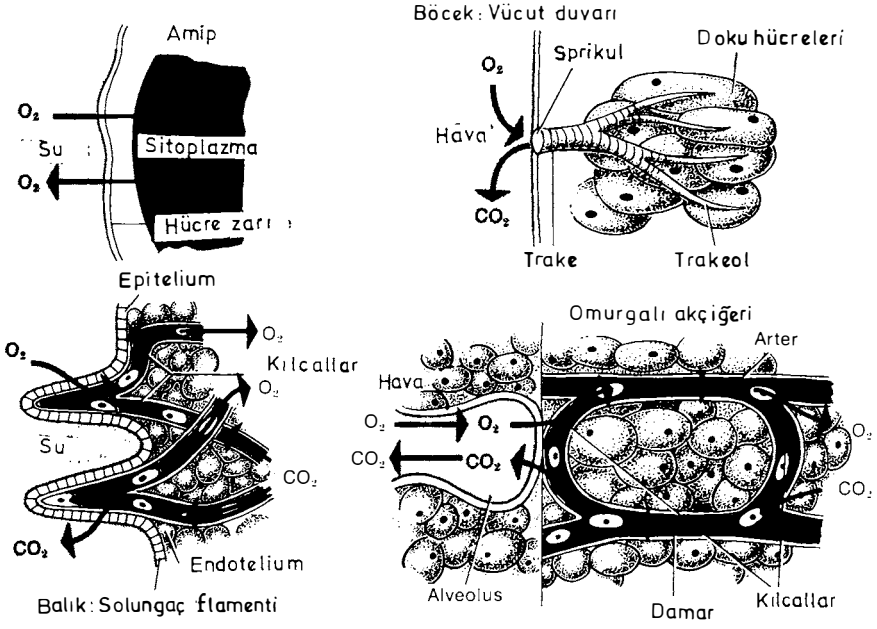
İkinci önemli gelişim, karada az bulunan suyun idareli kullanılmasıdır. Suda yaşayanlar madde yıkımı sonucu ortaya çıkan artık maddelerini su bol olduğu için hemen süzerek atarlar. Bu arada bol miktarda su da dışarıya atılır. Fakat karada bu

kadar bol suyu bulmak olanaksızdır. Bugün bizim uzay çalışmalarında araştırdığımız artık maddelerin tekrar tekrar kullanımını, doğa yüz milyonlarca yıl önce bulmuştur. Su hayvanlarında proteinlerin yıkımından sonra geriye kalan tipik artık madde amonyaktır. Amonyak canlılar için zehir olduğundan oluşur oluşmaz dışarıya atılır. Kur-



Şekil 6.2 : Boşaltım organı tipleri: a) Protenefridyum *(Fasciola* larvasında, *Plathelmintes),* a_1) Sil çubukçuklarının bulunduğu bölgede enine kesit, b) Metanefridyum *(Lumbricus, Annelida),* c) Malpiki borucukları *(Drosophila, Insecta),* d) Nefron *(Homo, Vertebrata);* 1. Sil çubukçukları, 2. Siller, 3. Sölom epiteli, 4. Kan damarları, 5. Nefroston, 6. Boşaltım açıklığı, 7. Distal tüp, 8. Proksimal tüp, 9. Son bağırsak, 10. Orta bağırsak, 11. Vas deferens, 12. Vas afferens, 13. Kılcal damarlar, 14. Henle kıvrımları (kulpları), 15. Glomerulus ve 16. Bowman kapsülü (Kühn'den).

bağa larvasında amonyak olarak atılır. Fakat ergin kurbağada bu lüks kullanılmaz. Bu nedenle değişim (metamorfoz) sırasında bütün kara hayvanlarında da bulunan amonyağı üreye çeviren enzimler gelişir. Üre zehirsizdir; bu nedenle zaman zaman çok az miktarda sıvı içeren formlar halinde dışarıya atılır. Bu su artırımı sıcakkanlı hayvanların böbreklerinde biyolojik sınırın tavanına ulaşır (Şekil 6.2). Bu nedenle böbrek, beyinden sonra en çok oksijen kullanan ve mitokondri zenginliği bakımından göze çarpan bir organdır. Su artırımını yapabilmesi büyük ölçüde enerji kullanmasını ve dolayısıyla oksijen gereksinmesini ortaya çıkarmıştır. Günde 150 - 180 lt ilkin (ham) sidik süzülür. Vücudumuzda günlük meydana gelen artık maddelerin çözünerek böbreğe taşınması için bu kadar sıvıya gerek vardır. Bu kadar miktarda suyu bulamayan canlı, ilkin sidiği süzdükten sonra, geri emme sistemiyle içerisindeki suyun büyük bir kısmını (yaklaşık % 90'nını, çöl hayvanlarında % 99'unu) tekrar geriye emer ve sonuçta bir insan günde bir litre kadar ikincil (yoğunlaşmış) sidik meydana getirir.

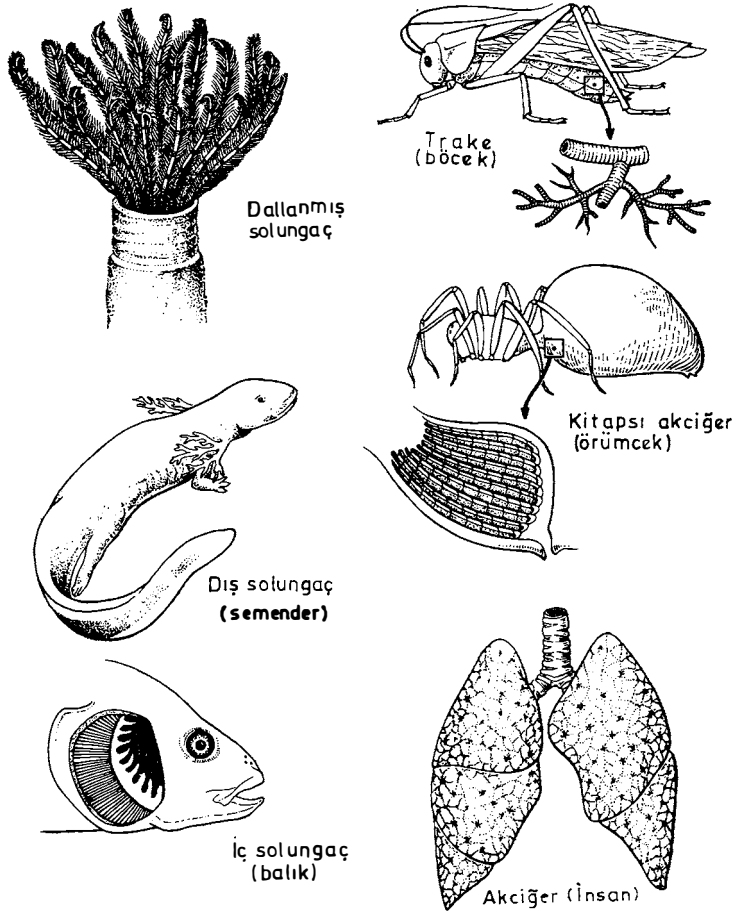


Şekil 6.3: Bazı solunum sistemlerindeki oksijen ve karbondioksit değişimi (V.-W.- Barnes'den).

6.2.3. SOLUNUMDAKİ GELİŞİM

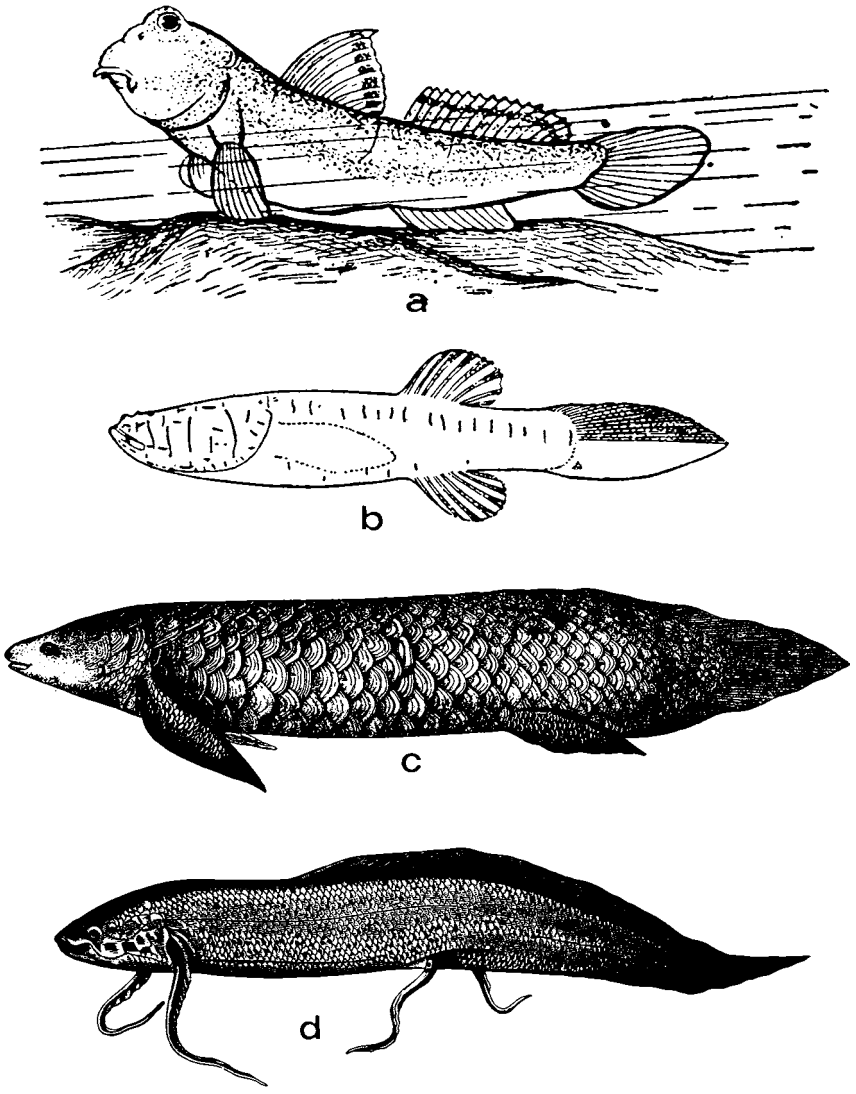
Üçüncü önemli gelişim ise solunumdadır. Suyun içerisindeki erimiş oksijene uyum yapmış solunum sistemi, karada gaz halindeki oksijene uyum yapmak zorunda kalmıştır. Solunumu yürütecek vücut yüzeyinin (kılcal damarların) doğrudan doğruya ortamla temasta olması (ince bir zarla ayrılır) ve devamlı nemli olması gerekir. Solunum, sulu ortamda bu nedenle ya vücut dışına açılan odacıklarda solungaçlarla (devamlı su akımı meydana getirmek suretiyle) ya da vücut duvarının dışarıya püskül şeklinde çıkıntı yapmasıyla sağlanır (Şekil 6.3). Karaya çıkan hayvanlarda hem ince

zardan su kaybını önlemek, hem de solunum zarının devamlı nemli kalmasını sağlamak için, solunum organları vücut içerisine çekilmeye başlar (Şekil 6.4). Böceklerde trake, amfibilerde yutak solunumu ve sonunda en etkili organ olan akciğer gelişir. Solunum etkinliğinin yükseltilebilmesi için, hava akımını sağlayan kas sistemleri ve gaz alışverişini yapan yüzeylerde (kıvrılmak suretiyle) genişlemeler görülür (akciğerlerde olduğu gibi) (Şekil 6.3 ve 6.4).



Şekil 6.4 : Hayvanlardaki bazı solunum organları (V.-W.- Barnes'den).

Bu geçiş genellikle serbest ve bol sulu ortamlarda yaşayan hayvanlardan ziyade, zaman zaman kuruyan ve bu süre içerisinde ya çamura gömülerek (Şekil 6.5) veya bataklıklarda yaşayan hayvanlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Çünkü sulu ortamda yaşayan; fakat zaman zaman atmosferle temasa geçen canlılarda seçme mekanizması tüm etkinliğiyle kendini gösterme olanağını bulmuştur. Bu nedenle geçiş ortamı büyük bir olasılıkla sığ ve bataklık bölgelerdir. Sudan karaya geçişte bu ortamın en tipik hayvanı bugün dahi yaşayan *Periophthalmus* denen bir balıktır. Başının şekli, yüzgeçlerinin yapısı, deri solunumu ve döllenmenin içte oluşuyla kara



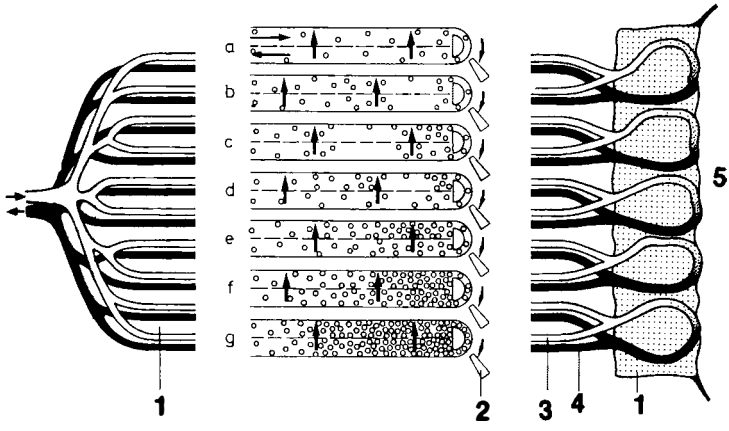
Şekil 6.5: Regressiv ve rekonstruktiv evrim düzeneği, a) *Periophtalmus* denen balığın karaya geçişi, b) Mağaraya giren balığın gözlerini yitirişi (regressiv evrim), c ve d) Üye şeklindeki yüzgeçleriyle yürüme hareketi yapan iki balık, c) *Neoceratodus forsteri* ve d) *Protopterus annectens* (Kühn'den).

hayatına uyum yapmıştır. En yakın akrabaları denizde yaşar. Gelişmesinin ilk evrelerini denizde geçirir. Belirli bir evreye gelince tiroit bezinin etkisiyle kara hayatına uyacak şekilde değişikliğe uğrayarak, sonunda karaya geçer. Denizde yaşayan akrabalarına da bu tiroit bezini yedirmek suretiyle karaya geçirtmek mümkündür. Kurak mevsimlerde çamurların içine gömülerek bir çeşit akciğer solunumu yapar (Şekil 6.5).

7. BÖLÜM

SICAKKANLILIĞIN ORTAYA ÇIKIŞI "Dinozorların Suskun Geceleri"

Başlangıçta güneş ışınlarının yakıcı etkisinden kurtulmak için derinlere kaçan canlılar, güneş enerjisini kullanmayı öğrendikten sonra, her ışık kuantından faydalanabilmek için, biyolojik sınırlar içinde yüzeye gelirken, ışığın şiddetini ölçen ve otomatik hareketi sağlayan optik sistemleri geliştirmişlerdir. Bu arada oksijene uyum da başlamıştır. Su yüzeyine özgül ağırlığını ayarlayarak yakın durabilmek ve suyun belirli katmanlarında yüzerek kalabilmek için yeni yapılar kazanmışlardır (Şekil 6.1 ve 7.1). Özgül ağırlığın ayarlanması için gelişen hava keseleri ve bunların en önemlilerinden, kılcal damarlarla çevrili, oksijen depo edebilen ya da verebilen "Yüzme Keseleri" dir. Bu hava keseleriyle, canlı, özgül ağırlığını, daha doğrusu hacmini ayarlayarak istediği derinlikte kalabilir.



Şekil 7.1 : Bazı balıkların yüzme kesesinde yüksek gaz basıncının meydana getirilmesi. 1. Harika ağ (rete mirabilis), 2. Gaz bezi (yüzme kesesinin duvarında), 3. Arteriyol, 4. Ven, 5. Damarların (ven ve arteriyol) birbirleriyle bağlantıda olduğu kısım. Arter-ven tepe noktasından (retenin tepesinden), gaz, yüzme kesesine girer. a-g. Tek bir arter-ven bağlantısında gazın açığa çıkışını gösteren şema. Gaz bezi hücreleri tarafından çıkarılan laktik asit, venlerdeki 0_2 kısmî basıncını yükseltir ve dolayısıyla arterlerdeki gaz diffüzyonu artar (kalın oklarla gösterilmiş). Arterlerdeki gazca zengin kan, venlere aktığında (ince okla) tepe noktasındaki gaz yoğunluğu sürekli artar (Kühn'den).

Baştan itibaren zemin yaşamına özelleşmiş birçok canlı vardır. Bir kısmı ise serbest suda gelişmiş ve daha sonra dip hayvanı olarak uyum yapmıştır. Örneğin, vatoz balıklarının yassı şekilleri ve sudan ağır özgül ağırlıkları bu uyumun bir sonucudur. Önceleri sahip oldukları yüzme keseleri, milyonlarca yıl dip yaşamına uyum yapması nedeniyle körelmiştir. Böylece hayvanı yukarıya kaldıran kuvvet ortadan kalkmıştır. Fakat çeşitli nedenlerden dolayı tekrar serbest suya dönmek zorunda kalan bu vatoz balıkları, yeni ortamda değişik yönlere hareket edebilmek için yeni yöntemler geliştirmek zorunda kalmışlardır. Tanınmış Belçika'lı paleontologun ismiyle anılan DOLLO kuramına göre, körelen bir organ daha sonraki evrim süreci içerisinde koşullar uygun olsa da, hatta gerektirse de yeniden eski durumunda gelişemez. Böylece vatozlar uçmayı (yüzmeyi) öğrendiler. Buradaki uçma (yüzme) deyimi, yassılaşmış vücudun yanlarındaki uzantıların önden arkaya doğru bir çeşit çırpma şeklindeki hareketleriyle meydana gelen yüzme olayını tanımlamak için kullanılmıştır. Sudaki uçma (yüzme) suyun havadan çok daha yoğun olması nedeniyle yavaştır. Yan uzantılarının hareketinin durması, o anda, hayvanın dibe çökmesine neden olur.

7.1. HAYVANLARDA VÜCUT SICAKLIĞININ KORUNMA SORUNLARI

Karaya geçişte, özünde, çok büyük bir değişiklik meydana gelmiştir. Serbest oksijenli solunumun ötesinde, günlük ve mevsimlik sıcaklık değişimiyle karşı karşıya kalınmıştır. Buna karşın suda gece ile gündüz arasındaki sıcaklık değişimi yok denecek kadar az, mevsimsel değişim ise önemsizdir; en soğuk zamanlarda dahi, belirli derinliklerde sıcaklık $+4°C$'nin altına düşmez. Bu nedenle vücut sıcaklığını ayarlayan bir sistemin gelişmesi zorunlu değildir.

Sıcaklığın değişmesi, güneş battıktan sonra hayvanların işlevlerinin azalmasına, şuurunu (bilincini) yitirmesine ve bir çeşit soğuk katılaşmasına neden olduğunu biliyoruz. Ekvatorun sıcak gecelerinde ve diğer bölgelerin yaz aylarının sıcak gecelerinde bu şekilde aşırı bir katılaşma görülmediği gibi, hareketlerinde de pek az azalma gözlenir. Kuzey ve güney yarım kürede bulunan subtropik bölgelerde her 12 saatte bir işlev yoğunluğunun değiştiği görülür. Geçmişte de her akşam, yaşam bir anlamda durur; dev kertenkeleler bir heykel gibi donar; avcılar sakinleşir, hatta beslenme dahi son bulurdu. Daha sonraki sabah güneşin doğuşundan bir süre sonra, hareketsiz kalan bant tekrar akmaya başlar ve tüm canlılar harekete geçerdi. Bu durumu bugün dahi, kertenkele ve amfibilerde gözlemek olasıdır. Bu nedenle, bu canlılara "Soğukkanlı Hayvanlar" denir. Özünde, bu terim yanlıştır. Çünkü bu hayvanlar gerçekte soğukkanlı değillerdir. Sadece çevrenin sıcaklığına bağımlı olarak vücut sıcaklıkları değişir. Doğru terim "Değişken Sıcaklı Hayvanlar" veya "Poiklotherm Hayvanlar"dır. İlk amfibilerin suyu terketmelerinden, kertenkelelerin hükümranlığının sona ermesine kadar geçen muazzam zaman süreci içerisinde, hemen hemen tüm karasal canlılar, bu astronomik ritme boyun eğmek zorunda kaldılar. Sıcaklık düşmesine bağlı olarak, vücuttaki tepkimelerin hızı düşüyor ve belirli bir sınırın altında artık yaşamını sürdüremiyordu. 300 milyon yıl kadar süreyle, hayvanlar, bu sıcaklık değişiminin etkisinden kurtulamadılar.

7.2. UYKUNUN EVRİMSEL ÖYKÜSÜ

Fizyologlar türm çabalarına karşın, uykunun gerçek nedenini bulamamışlardır. Çünkü bunun için biyolojik bir zorunluluk yoktur. Birhücrelilerde ve suda yaşayan canlılarda (daha sonra karadan suya geçenler hariç) uyku hali gözlenmemiştir. Gerçi, bugün, uyku, protein yapımındaki hız olarak nitelendirilmektedir. Örneğin, bizde, uyku halinde protein yapımı hızlanmaktadır; özellikle, sinirlerde gündüzün harcanan protein molekülleri yenilenmektedir. Uyku bir anlamda, çalışırken yeterince yenilenmeyen proteinlerin yerine konmasıdır. Halbuki birhücrelilerde ve diğer birçok su canlısında ritmik protein yapımı, yani uyku hali gözlenmemiştir. Gerçi balık ve diğer gelişmiş su canlılarında geceleri bir durgunluk görülmekle beraber, gerçek anlamda bir uyku hali saptanamamıştır. Uyku, karada, sıcaklık değişiminin bir simgesi olarak ortaya çıkmaktadır.

Bugün biz ve bizimle beraber birçok sıcakkanlı hayvan geceleri, şuurunu (bilincini) yitirmiş durumda uykuya dalıyorsa, bu, 300 milyon yıl önce sürüngenlerin, geceleri düşen sıcaklıktaki uyuşukluk hallerinin tekrarından başka birşey değildir. Geçen bunca zamana karşın, o günlerin etkisi hâlâ unutulmamıştır. Bu unutulmamada, uyku faktörünün canlıya birçok yarar sağlaması da önemli rol oynamıştır.

Bu geniş jeolojik zaman süreci içerisinde yaşayan hayvanlar, kural olarak, kelimenin tam anlamıyla, bir günlük zamanın ancak yarısını algılayabilmişlerdir. Diğer yarısı şuursuz (bilinçsiz) uyku halidir. O devirde bu durum canlılar için tehlike değildi. Çünkü düşük sıcaklık, var olan tüm canlıları aynı zamanda uyuşuk hale geçiriyordu ve biri diğeri için fırsattan istifade tehlikeli olamıyordu. Bizim, özellikle çocukların karanlıktan korkmasının nedeni işte bu devreye dayanmaktadır.

7.3. SICAKKANLILIĞIN ORTAYA ÇIKIŞI

Bu güvence, omurgalı hayvanlardan bir türün rastlantı sonucu mutasyona uğrayarak evrimde devrim yapan ilginç bir özellik kazanmasına kadar devam etti. Bu özellik, alınan besini gerek duyulandan ve o zamana kadar olduğundan çok daha hızlı oksitleyen, yakan, bir (veya birkaç !) enzimin ortaya çıkmasıydı. Fazla enerji hayvanın işlevleriyle harcanıp bitirilemiyordu. Artan enerjinin bir kısmı vücut sıcaklığının yükselmesine neden oldu. Burada yine amaca yönelik ve isteğe bağlı bir mutasyon sözkonusu değildi. Tamamen bir rastlantı sonucu ortaya çıkmıştı.

Başlangıçta, besinin bu şekilde savurganca yakılması canlı için bir dezavantaj oluşturuyordu ve yaşama şansını azalttığı için de negatif mutasyon olarak kabul edilmeliydi. Yüksek metabolizmadan dolayı, besin gereksinmesi çok fazla artmıştı. Belki canlılar daha suda iken, sıcakkanlılığı ortaya çıkaran mutasyonlar oluşmuştu; fakat suda sıcaklık sabit olduğundan, uyku hali olmadığından ve canlılar kural olarak her zaman hareketli olduğundan, bu sıcakkanlı hayvanın diğerlerini avlıyarak beslenmesi çok zordu. Besin sağlanması bakımından diğerleriyle aynı şansa sahipti; fakat besinin değerlendirilmesi bakımından aynı şansa sahip değildi. Besin gereksinmesi fazla olan yeni bir türün, sudaki savaşım gücü doğal olarak diğerlerine göre daha az ola-

caktı. Çünkü besini aynı alıyor; fakat savurganca kullanıyordu. Bu nedenle suda meydana gelen veya gelecek olan sıcakkanlılık mutasyonu (veya mutasyonları)'nun yaşaması olanaksızdı. Halbuki karada durum çok daha değişikti. Soğukkanlı hayvanlar geceleri uyuşuktu; mutasyonla sıcakkanlı özellik kazanan hayvanlar artık geceleri uyuşuk durumdan kurtulmuşlardı. Çünkü meydana getirdiği enerji, hareketli kalmalarını sağlıyordu. Sonucu tahmin etmek zor değildir. Geceleri ölü sessizliğinde donmuş ve uyuşmuş hareketsiz bir canlılar bahçesi, bu bahçede, onların arasında geceleri hareket edebilme özelliği kazanmış diğer bir canlı. İşte bu canlı gerek duyduğu büyük ölçüdeki besinini, uyumuş diğer canlıları parçalamak ve yumurtalarını yemek suretiyle sağladığı için, sudakinin aksine başarıya ulaşmış ve hatta dünyaya hakim olmuştur. Bu ilk sıcakkanlı hayvanın fare kadar küçük bir kemirgen olduğu *(Therapsid)* varsayılmaktadır. Berlin'li paleontolog WALTER KÜHN, diğer birçok sürüngen kemiğinin bulunduğu çöl kumlarından, bu ilk sıcakkanlı hayvanların çok küçük, milimetrik dişlerini, elemek suretiyle buldu. Bulunan dişlerin sıcakkanlı bir hayvana ait olduğunun en büyük kanıtı, postun bulunmasıydı. Çünkü, post, yalnız sıcakkanlı hayvanlarda bulunur. Bunun nedeni termos gibi sıcağın saklanmasıdır. Soğukkanlı bir hayvanda, geceleyin bir postun hiçbir yararı olmayacaktır. Çünkü içte ısı üretilmemektedir. Bu nedenle sürüngenler ve diğer soğukkanlılar postsuzdur.

Ayırım için ikinci en büyük özellik damak çatısıdır. Soğukkanlılarda damak çatısı oluşmamıştır. Halbuki sıcakkanlıların oksijene gereksinmesi çok fazlalaştığından, solunumun da etkinleşmesi gerekecektir. Bu nedenle damak çatısı oluşarak solunum yolu ile ağız boşluğu daha düzenli çalışacak şekilde ayrılmıştır. Dolayısıyla sıcakkanlılar beslenirken dahi solunum yaparak yoğun metabolizma düzeyleri için gerek duydukları yeterli oksijeni alabilirler. Bu sonuncu örnek, her yeni değişikliğin, buna bağlı olarak, vücutta bir seri yeni yapıları da ortaya çıkarması bakımından tipiktir.

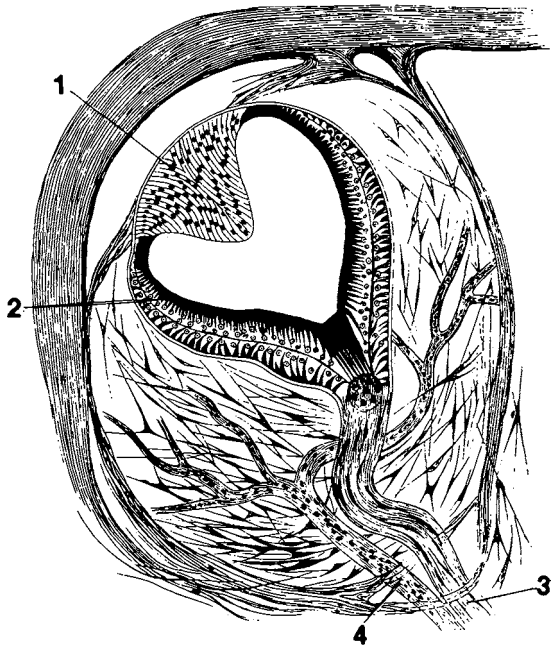
Bu cüce hayvanın mutasyonla, metabolizmasında ortaya çıkan sakatlık, sıcakkanlı, dolayısıyla gece hayvanı olmasını sağladı. Bu gece haramilerinin ortaya çıkışı, dev sürüngenlerin, dinozorların hükümranlığına son verdi. En azından diğer faktörlerle birlikte (havanın soğuması, bataklıkların kuruması vs.) bu dev sürüngenlerin ortadan kalkmasına katkısı oldu. Gerçi omurgalı soğukkanlı hayvanlar yerin ısısından faydalanabilmek için vücutlarını yere sürtecek veya yaklaştıracak şekilde hareket ederler. Bu nedenle bacakları yandadır. Halbuki dinozorlarda vücut hem çok büyük (bu durumda güneş ışınlarından hemen ısınmaları çok zor olur), hem de ayakları yerden oldukça yüksekte bağlanmış olduğundan, soğukkanlı olarak yaşayabilecekleri bazı ilim adamları tarafından kabul edilmemektedir (bu sav için kanıtlar yok denecek kadar azdır). Dolayısıyla dinozorların da sıcakkanlı olduğu pek az bilim adamı tarafından savunulmaktadır. Eğer dinozorlar sıcakkanlı idiyseler, besin gereksinmeleri çok fazla olacağından, iklimin kötüleştiği bir jeolojik devirde hem yeterince besin bulamayacaklardı hem de yağışın azalmasından dolayı koca vücutlarını kemiklere yük bırakmadan kısmen kaldıran bataklıklar kuruyacaktı ve bu da dinozorların azalmasına ve ortadan kalkmasına neden olacaktı.

Böylece ilk defa (yanlış bir terim kullanımıyla) sıcakkanlı hayvanlar ortaya çıktı. Doğru terim "Sabit Sıcaklı Hayvanlar"dır **(Homoiotherm).** İlk sıcakkanlı hayvanlarda vücut sıcaklığı her zaman tam anlamıyla sabit tutulamıyordu (Avusturalya'daki ilkel keseli hayvanlarda bu değişim hâlâ mevcuttur). Daha sonra tam anlamıyla sabit sıcakkanlılık gerçekleşti. Fakat vücut sıcaklığının sabit tutulması büyük enerji sarfına neden oluyordu. Bu enerjinin ortaya çıkması için, atmosferde zengin bir oksijen kaynağı oluşmuştu ve ısıdan artırım (tasarruf) yapmak için post, yağ tabakası vs. gibi yardımcı yapılar daha da gelişmişti. İlk defa 300 milyon yıl önce, artık, canlılar çevrenin sıcaklık değişimlerinin yıkıcı etkisinin boyunduruğundan kurtulmuş oluyorlardı. İlk defa bu özellikle canlılık kendi başına hükümran bir kişilik kazandı ve bunun sonucu olarak sadece gece değil, her çeşit ortama uyum yapabilme yeteneği kazandı; çünkü sıcaklık ve soğukluk onu çok fazla etkilemiyordu. Daha sonraki çevre koşullarında meydana gelen değişmeler de, artık bu canlıları derinliğine etkileyemiyordu.

Bu aşamaya kadar yalnızca mekanik olarak pasifçe korunan canlı bünyesi, artık aktif olarak çevre koşullarından korunmaya başlamıştır. Bir çeşit yalıtım sözkonusudur. Bu yalıtım aynı zamanda çevreden gelecek uyarılara karşı da olabilir. Halbuki çevrenin tanınması canlı için çok önemlidir. Dolayısıyla canlının dış ortama açılan pencereleri, yani duyu organları gelişmek zorunda kalmıştır. Canlının ortamdan yalıtılması, objektif olarak ortamı tanımasına ve abstrak düşünmeye temel olmuştur. Bu nedenle vücudumuzdaki sıcaklığın normalin dışında düşmesi veya özellikle yükselmesi abstrak düşünmemize engel olur (sayıklama); örneğin, geçen zamanı tahmin edemeyiz, sürekli dalgınlık ortaya çıkar. Sabit sıcaklık vücudun işleyişinde birçok sabit ölçülerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ancak değişmeyen iç işlevlere sahip bir canlı, değişen bir dış dünyayı objektif olarak değerlendirebilecektir. Bu ise düşünmenin ilk basamağını oluşturacaktır. Bu nedenle derecenin 1/10'na duyarlı sıcaklığı algılama merkezimiz beynimizin en eski (iç) kısmında bulunur.

7.4. ÜÇÜNCÜ GÖZÜN EVRİMDEKİ KATKILARI

Daha yüksek organizmalarda, gelişim kademelerini belirli ölçüde düzenleyen diğer bir sistem de üçüncü göz ve onun değişikliğe uğramış kalıntısıdır (Şekil 7.2). Mitolojide değinilen üçüncü gözü, bazı hayvanlarda bugün değişikliğe uğramış olsa dahi görmekteyiz. Üçüncü göz hiç bir zaman doğa üstü işlevler için kullanılmamıştır. Bu organın ilkin ödevi canlının çevre ile olan ilişkisini düzenlemekti. Balıklarda, semenderlerde ve sürüngenlerde bulunduğu bildirilmekle beraber, bugün bazılarında *(Sphenodon punctatus)* hâlâ belirgin olarak görülmektedir. Sıcakkanlılığa geçişten sonra kuş ve memelilerde belirgin olarak körelerek ortadan kalkmıştır. Fakat bu sonuncu hayvan gruplarında, basit olarak ortadan kalkmamış, değişerek başka ödevler yüklenen bir organ haline dönüşmüştür. Tanınmış Alman zoologu KARL VON FRISCH, 60 - 70 yıl önce, dölü tükenmiş sürüngenlerin kafatasındaki deliğin, bir zamanlar gökyüzüne doğru yönelmiş ve hemen beynin üzerine bağlanmış üçüncü bir göze ait olduğunu ortaya atmıştır. Yapılan sistematik araştırmalar sırasında, yaşayan



Şekil 7.2 : *Sphenodon*'da pariyetal göz. 1. Mercek, 2. Retina, 3. Sinir ve 4. Arter (Kosswig'den).

bazı kertenkelelerde de bu tepe gözün çıplak gözle görünecek derecede geliştiği, bazılarında mikroskopla bakıldığında küçük, açık renkli bir şişkinlik şeklinde köreldiği bulunmuştur. Dolayısıyla geçmişteki işlevleri hakkında varsayıma ulaşmamız kolaylaşmıştır. Eğer mikroskop altında bu küçük kalıntıyı açarak incelersek, hâlâ, ilkel, mini bir göz yapısı taşıdığını görürüz (Şekil 7.2). Baloncuk şeklindeki bu boşluğun üst tarafı, yani kafanın üst kısmına gelen tarafı, ışığı geçiren; alt tarafı, yani kaide kısmı ise, ışığa duyarlı hücrelerden yapılmıştır. Bu hücrelerden çıkan sinir lifleri beyine ulaşır (Şekil 7.2). Küçük ve genel yapısıyla ilkel olmasına karşın, kuşkusuz bir göz yapısı göstermektedir.

Hareketsiz olarak gökyüzüne çevrilmiş bir göz ne görebilir? Yanıt basittir: Güneşi. Sürüngenlerin tepe gözleri sadece ışığı algılayan bir yapı olarak gelişmiştir. Şekil görme olanaksızdır ve amaç da edinilmemiştir. Yapısı incelendiğinde, şekil gören göze doğru gelişimin nasıl olduğuna ait kıymetli bilgiler elde edilir. Özünde tepe göz ve yan gözlerin ikisi de ara beyinden dışarıya doğru uzanan çıkıntılardan oluşmuştur, yani köken olarak ikisi de aynıdır. Fakat yan gözler şekil gören optik donatımlarla daha da gelişmiştir.

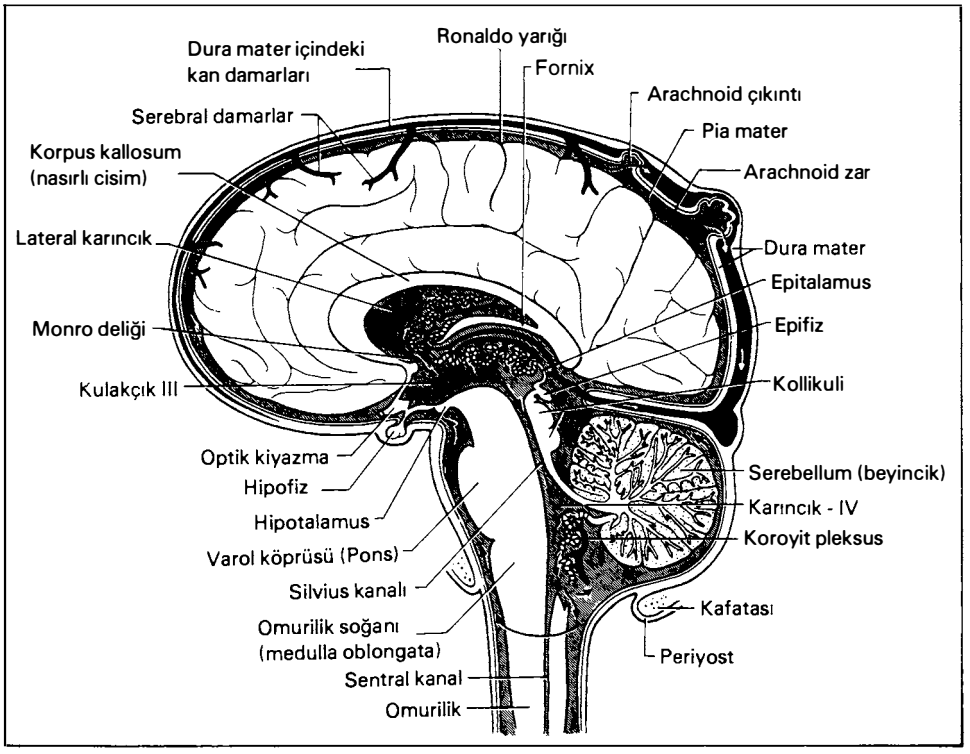
Gökyüzüne doğru yönelmiş, sürüngenlerin bu tepe gözü ola ki gece ve gündüzün ritmine uygun olarak değişen aktiviteyi düzenlemektedir. Çünkü güneşin tam anlamıyla ısıtmadığı günlerde veya tam soğumayan gecelerde bu gözün ışık algılarına göre günlük ritim düzenlenir. Çünkü canlının vücudunun sabahları ısınması veya

akşamları soğuması belirli bir zaman alacaktır; dolayısıyla işlevlerin azaltılması ve çoğaltılması zamanında başlamayacaktır. Bu nedenle tepe göz ışığı alır almaz, vücudun istimini artıracak sinyali verdiği gibi; akşamları ışık kesilir kesilmez işlevleri azaltacak uyarıyı da yapar; böylece ışığın kesilmesinden belirli bir süre sonra soğuğun geleceği haberdar edilmiş olur.

Bu ışık sinyali, hava serinleşip uyuşukluk başlamadan önce, canlının yuvasına (veya barındığı yere) dönme refleksini başlattığı da varsayılmaktadır. Hatta güneş ışınlarının çok fazla olduğu günlerde vücudun normalden fazla ısınmasını önlemek için gölgelik yer aramada yardımcı olduğu da kabul edilmektedir.

Son zamanlarda yapılan bilimsel çalışmalar sonucunda, bu organın geçmişte ve daha sonra geçirdiği değişiklikler hakkında çok ilginç bulgular elde edilmiştir. Son 10 yıl içerisinde yapılan araştırmalar sonucunda birçok balıkta da tepe göz kalıntısı bulunduğu ortaya çıkmıştır. Balıktaki hemen hemen göze hiç benzemez (zamanımızın kemikli balıkları ile sürüngenleri karşılaştırılınca, birçok bakımlardan benzerlik görüldüğü; fakat birinin suya, diğerinin karaya uyum yaptığı görülür). Balıklarda bu organ küçük bir kesecik şeklindedir. Onun duvarında ışığı algılayan duyu hücreleri yoktur; buna karşılık tamamen salgı bezleriyle donatılmıştır ve bu bezlerin arasında da çok seyrek olarak dağılmış ışığa duyarlı hücreler bulunur. Balıklarda kafa çatısı bu organın üzerini kapatmıştır. Buna rağmen deri pigmentleri bu bölgede körelerek, ışığın geçmesine izin veren açık bir tepe lekesi meydana getirir. Daha sonra, bu yapının hem salgı organı, hem de ışığa duyarlı organ olduğunu gösteren sayısız gözlemler yapılmıştır. Belirli balıklarda aldığı ışığa göre vücut renginin değişmesine ve çevreye uyum yapmasına yardımcı olur. Bu değişiklik tepe gözün farklılaşmasıyla meydana gelen bez tarafından kontrol edilir. Çünkü gözleri çıkarılmış balıklar dahi bu uyumu aynen başarabilirler. Bunun ötesinde günlük ve mevsimsel ritmik değişikliklere de bu bezin optik uyarımı ile uyum yapılır.

İnsanda da bu organın kalıntısı gösterilmiştir. Özellikle çocuklardaki bıngıldağın varlığı tepe gözün bulunduğu yere denktir. Daha sonra kemikleşerek sertleşir; içeriye doğru çekilen kısmı da beyine bağlı olarak bir bez haline dönüşür. Embriyonik gelişim sırasında meydana gelen bazı bozukluklar sonucu, bizde ve bazı diğer hayvanlarda, ortaya üçüncü göz çıkabilir. Normal durumda, bizde, gözle uzaktan yakından bir ilişkisi yoktur veya kalmamıştır. Anatomik ve embriyolojik incelemeler epifiz bezimizin (Şekil 7.3), geçmişte sürüngen ve balıklarda bulunan tepe gözden türediğini kanıtlamaktadır. Bu, filogenetik akrabalık işlevleri konusunda da bize karşılaştırma olanağı verir. Bugün epifizin birçok noktada işlevleri hâlâ bilinmemektedir. Fakat uzun vadeli ritmik hareketleri kontrol ettiği de bilinmektedir. Çevre koşullarının değişmesiyle ortaya çıkan ritmik hareketlerin bizde hemen hemen ortadan kalktığı bilinmektedir. Dolayısıyla epifiz, büyüme, olgunlaşma ve yaşlanma gibi iç ritmik hareketleri kontrol etmeye başlamıştır. Bu bezdeki tümör ve enfeksiyonlar, örneğin, canlının normalden önce erginliğe ulaşmasını sağlar. Bu beze jeolojik devirlerden kalan tek miras, bizim vücudumuzdaki bazı gelişmeleri zamansal olarak düzenlemek-



Şekil 7.3 : A. İnsan beyninden sagittal bir kesit (V.-W.- Barnes'den).

tir. Fakat düzenlemeyi sağlayan sinyal, artık dış ortamdan değil, bizzat canlının iç bünyesinden gelmektedir.

Eğer balıktaki ve sürüngendeki tepe göz ile insandaki epifizi karşılaştırırsak, evrimsel olarak birbirine geçişi açıkça gözleyebiliriz. Buradan şu sonuç çıkar: Sürüngenler çevrede meydana gelen değişikliklere tepe gözü aracılığıyla uyum yaparak, iç değişikliklerini ve işlevlerini dış çevreye göre, zamansal olarak düzenler. İnsana doğru bu pencere kapanmaya başlamıştır ve bir çeşit telefon teli kopmuştur. Vücudun gelişimindeki zamansal eşgüdüm, vücudun kendisine bağımlı kalmıştır.İmpuls kaynağı bireyin kendisidir. Bu ışık ve gelişim bağlantısı belki yabani memelilerde hâlâ saklanmaktadır. Çünkü mevsimin belirli aylarında kızana gelme (çiftleşme arzusunun doğması ve yumurtlama) ve doğurma vardır. Bu da fotoperiyoda bağlı olarak düzenlenir ve yavrunun, doğada besinin en çok olduğu bir dönemde doğurulmasını sağlar. Bu zamansal düzenlemenin de tepe gözün mirası olan epifiz tarafından yapıldığı varsayılmaktadır.

8. BÖLÜM

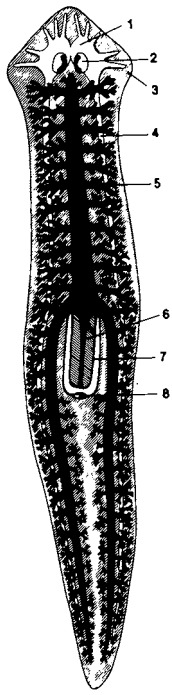
PSİKO-SOSYAL EVRİM

8.1. BÜTÜN BEYİNLERDEN DAHA ESKİ ÖĞRENME "Beyinsiz Öğrenme"

8.1.1. BELLEĞİN TEMEL TAŞI (RNA)

1960 yıllarının ortalarında Houston (Texas), Baylor Üniversitesinde farmakolog olan Prof. GEORGES UNGAR ilginç bir seri deneme yapmıştır. Fanus içerisine kapatılan beyaz bir fare, belirli aralıklarla fanusun üzerindeki bir gongla rahatsız edilmekteydi. Fakat fare alışmaya yatkın bir hayvandır. Günler ve haftalarca devam eden bu gong sesine belirli bir süre sonra alışmaya başlamıştır. Bu şekilde alıştırılmış yüzlerce farenin beyni dondurularak saklanmış ve içerisinde alışmayı sağlayan maddenin birikip birikmediği araştırılmaya başlanmıştır. UNGAR'ın savına göre, canlılarda alışma ve öğrenme RNA birikimi şeklinde saklanmaktaydı. Değişik amaç için kullanılmak üzere yapabildiğince çok RNA izole etti. İkinci Dünya Savaşı sıralarında İsveç'li HOLGER HYDEN kalıtımın biyolojik yapısının belleğin ruhsal yapısıyla parelellik gösterdiğini kanıtlamıştı. Bir türün evrimsel gelişim süreci içerisinde öğrendikleri, kalıtımla daha sonraki döllere aktarılmaktaydı **"Türün Belleği".** HYDEN,DNA'nın türün belleğinin, RNA'nın ise bireyin belleğinin oluşmasında rol oynadığını ta o zamanlar savunmaktaydı. Yaptığı çalışmalarda eğitilmiş hayvanların beynindeki RNA miktarının eğitilmeyenlere göre çok daha fazla olması bu yaklaşımı doğrulamıştır.

Daha sonra ruhbilimci JAMES McCONNELL, yassı solucanlarla (özellikle *Planaria)* denemeler yapmıştır (Şekil 8.1). Bir ışık uyarımının arkasından, yassı solucanın vücuduna zayıf elektrik şoku verilmiştir. Belirli sürelerle (bir iki dakikada bir) tekrarlanan bu denemenin sonucunda (bir iki hafta sonra), yassı solucan ışığın yandığını görünce büzülmeye başlamış, yani ışıktan sonra elektrik şokunun geleceğini öğrenmiştir. Eğitilen bu yassı solucanları öldürerek, etlerini eğitilmemiş solucanlara yediren McCONNELL, eğitilmemiş solucanların, eğitilmişler gibi davrandığını hayretle gördü. Bu etlerle beslenen eğitilmemiş solucanlar da ışıktan sonra elektrik şokunun geleceğini davranışlarıyla göstermekteydiler. Bu akıl almaz bir sonuçtu: Bellek nakledilmişti. HYDEN'nın savına dayanarak, eğitilmiş yassı solucanlardan çıkardığı RNA özütünü



Şekil 8.1
Dugesia'nın (*Turbellaria*'dan) sırt tarafından görünüşü; ağız açıklığı karın tarafındadır. Yalnız sindirim ve sinir sistemi gösterilmiştir. 1. Beyin, 2. Göz, 3. Duyusal lob, 4. Ventroleteral sinir, 5. Bağırsak, 6. Farinks, 7. Farinks boşluğu ve 8. Ağız (V.-W.-Barnes'den).

(ekstraktını), eğitilmemişlere enjekte ettiğinde, sonuç yine aynıydı. Eğitilmemişler ya kısa bir süre sonra ya da anında eğitilmişler gibi davranıyorlardı. 1950 yıllarında yapılan bu denemenin sonucuna inananların sayısı oldukça azdı. Amerika'da yayınlanan bir mizah dergisinde "Profesörünüzü Yiyiniz" başlığı altındaki bir yazı konuyu sansasyonel bir şekilde tekrar gündeme getirmiştir. Bunun üzerine birçok laboratuvarda yapılan denemeler, McCONNELL'in savının doğru olduğunu kanıtlamıştır. Elektrik şoku ve ışıkla eğitilmiş bir *Planaria* birkaç parçaya ayrılırsa; bir zaman sonra her parça kendini rejenere ederek yeni bir hayvan yapar. İlginç olanı beyni taşıyan baş kısmı eski alışkanlıkları hatırlamasının yanısıra, beyinle ilgisi olmayan kuyruk kısmından meydana gelen (yeni bir beyin oluşturan) hayvan bu engrammı, yani öğretileni hatırlayabilmektedir. Demek ki bir madde bağlanmasıyla açıklanan bellek, sadece beyin hücrelerinde değil, aynı zamanda vücut hücrelerinde de oluşmuştur.

Eğer bellek RNA şeklinde ya da RNA aracılığıyla bağlanıyorsa, ribonukleaz enzimi ile (yalnız RNA'yı temel taşlarına kadar parçalar, diğer bileşiklere etkisi yoktur) bu engrammı bozmak mümkün olacaktır. Nitekim parçalanmış hayvanlar ribonukleazlı bir suda yetiştirilirse beyin kısmını taşıyan parçanın belleğini yitirmediği; diğer kısımdan gelişen hayvanların eski koşullanmayı hatırlayamadığı görülmüştür. Keza vücut içerisine enjekte edilen RN-az (ribonukleaz) da aynı etkiyi gösterir. Bu, belleğin RNA aracılığıyla saklandığını göstermekle beraber tam kanıtlayamaz. Çünkü RN-az sadece bellekle ilgili RNA'yı değil, tüm RNA'ları ve dolayısıyla protein sentezi için gerekli olanları da parçalar. Bu nedenle bellek silinmesini ya da zayıflamasını sadece RNA'ya bağlamak sakıncalı olabilir (bir protein bağı olmaması için de neden

yoktur!). Bundan sonraki tartışmalar, nakledilen maddenin salt bir bellek nakli mi olduğu, yoksa var olan belleğin belirli bir doğrultuda kuvvetlendirilmesi ve düzeltilmesi şeklinde mi olduğuydu? Bu tartışmalar sürerken, 1965 yılında UNGAR'ın yaptığı denemeler gündeme geldi.

8.1.1.1. *Belleğin Nakli*

UNGAR, eğitilen farelerden çıkardığı RNA özütünü eğitilmemiş farelere enjekte etti. Enjekte edilen fare gong sesine tepki göstermiyordu ya da çok kısa süren bir denemeden sonra alışıyordu. UNGAR, sonradan elde edilen bu alışkanlığın bellek olarak naklini yeterli bulmuyordu. Bu nedenle ikinci bir deneme daha yaptı. Doğuştan gelen bazı özelliklerini, eğitilmek suretiyle değiştirerek bellek şeklinde nakletmeyi amaçladı. Fareler doğuştan gelen bir özellikle ışıktan kaçarlar. Küçük bir kafesin içerisinde birbirine geçişli iki bölme yapılmış; bölmenin biri karartılmış, diğeri aydınlık tutulmuştur. Karanlık bölmedeki besin maddelerinin bulunduğu yere elektrik telleri döşenmiş ve zayıf akım verilmiştir. Bir zaman sonra fareler, doğal yapılarına aykırı olmakla beraber aydınlık bölmede kalmayı tercih etmeye başlamışlardır. UNGAR'a göre **"karanlıktan korkma maddesi"** nin RNA şeklinde beyinde bağlanmış olması gerekmektedir. Nitekim eğitilmiş farelerin beyinlerinden izole edilen RNA eğitilmemiş farelere enjekte edildiğinde, tüm fareler önceden eğitilmiş gibi, yani karanlık bölmede elektrik akımının varlığından haberdarmış gibi davranmaya başlamışlardır. Bu deneme ile kuşkuya meydan vermeyecek şekilde, çok özel bir durum için oluşan bellek, kimyasal olarak bir canlıdan diğer canlıya nakledilmiştir.

Aynı atadan çoğalmış fareler eğitildikten sonra eterle öldürülmüş; çok hızlı ameliyatla, özel bölgelerden 1 gr. kadar beyinleri alınmış ve özel yöntemlerle RNA özütleri (0.7 - 1.1 mgr) yapılmıştır. Vücut sıvısı içine hızlı alınsın diye bu özütler diğer farelerin karın boşluğuna enjekte edilmiştir. Enjekte edilen bu farelerin aynı koşullara çok daha hızlı uyum sağladıkları görülmüştür. Tam uyum görülmez; çünkü özütleme yaparken ve karın boşluğundan emilirken birçok madde yitirilmiştir. Hatta, belirli bir molekül şeklinde bağlanmış bellek engrammları bu işlemler sırasında yapısal olarak bozulmalara uğramıştır. Bu öğrenme birçok yönden aynı zamanda gerçekleştirilirse; örneğin, besinini bulurken ses, ışık, koku ve renk faktörleri ayrı ayrı öğretilirse, sonuç çok daha kuvvetli olur. Çünkü her öğretim simgesi için birikmiş mikro bellek, esas belleği oluşturur ve çok şiddetli simgelerle öğrenilmiş bir bellekte ise RNA birikimi çok daha fazla olur.

Japon balıklarına elektrik şoku ile bazı şeyler öğretilebilir. Bu bellek aylarca saklanır. Fakat eğitim sırasında ya da eğitimin hemen ardında puromycin püskürtülür ya da bu maddeyle vücut ovulursa, belleğin oluşmadığı görülecektir. Çünkü puromycin bir antibiyotiktir ve protein sentezini önler. Eğitimden 1 -2 saat sonra verilecek puromycin'in belleğe herhangi bir etkisi gözlenmemiştir. Burada belleğin protein şeklinde bağlandığı ve puromycin'in kısa süreli belleğin, uzun süreli bellek haline geçmesini önlediği görülür.

Bu belleğin hangi maddelerden oluştuğu konusundaki tartışmalar bugüne dek gelmektedir. UNGAR, yıllarca süren karmaşık denemeler sonucunda, aydınlığa uyum yapmak için eğitilmiş farelerden elde ettiği yeterince RNA'nın yanısıra, kimyasal olarak saflaştırılmış ve kendi deyimiyle "S k o t o p h o b i n" —**Karanlıktan Korkutan Madde**— denen yeni bir madde daha elde etti. Bu yeni madde çekirdek asidi değil, bir proteindi. Özünde, bu şaşılacak bir sonuç değildi; çünkü proteinin sentezi de RNA ile yapılmaktaydı. Demek ki yaşanılarak öğrenilen her olay RNA yardımı ile beyinde özel bir protein bağı veya zinciri şeklinde resmediliyor ve bir iz "E n g r a m m" halinde saklanıyordu. Daha sonra anımsanan olaylar, bu bağlanan moleküllerin tekrar okunması şeklindeydi. UNGAR, bellek maddesi skotofobini laboratuvarda yeniden yapmayı başarmıştır (doğal olarak amino asitlerin sırası, taşıdığı bilgiye göre, belirli bir dizilime sahiptir). Bu yapay madde farelere enjekte edildiğinde yine karanlıktan korkma ve aydınlığı sevme ortaya çıkmaktadır. Eğer yapılan bu denemeler olayın açıklanmasında ilk basamaklar ise, önümüzdeki yüzyıllarda yapay belleklerin sentezlenmesi kaçınılmaz olacaktır. Belleğin RNA şeklinde bağlandığına dair kanıtlar olmasına karşın, ayrıntılı bir açıklama için daha dikkatli olmak gerekir. Fakat RNA'nın bellek için gerekli olduğunu kabul ettiğimizde, belleğin evrimsel gelişiminde önemli bulgular ortaya çıkacaktır.

RNA'ca insan beyninin doğumdan 40 yaşına kadar zenginleştiği, 40 - 60 yaş aralığında sabit kaldığı ve 60 yaşın üstünde, gittikçe azaldığı bilinmektedir. Öğrenme kapasitesi de bu RNA birikimine bir parelellik göstermektedir.

Bellek,beynin bir ürünü değildi; bundan iki milyar yıl önce merkezi sinir sisteminin gelişmediği devirlerde, anılar yine bu moleküller yardımıyla maddeleşiyordu. Beyin, bu yapı taşlarının bir araya toplanmasıyla oluşmuştur. Bilindiği gibi, evrimde bütün zorluk bir mekanizmanın ortaya çıkmasıdır; geliştirilmesi yalnız zaman meselesidir. Bellek ise ta moleküler düzeyde yaratılırken vardı, geliştirilmesi ise zamanla olmuştur. "Yani bellek tüm beyinlerden daha eskidir". Daha önce değindiğimiz gibi beynin en alt tabakalarında yatan bu jeolojik bellek birimleri, üst beyin tarafından organize edilerek birey için en iyi şekilde kullanılmasına çalışılır. Diğer ruhsal davranışlarımızı da aynı şekilde açıklamak için elimizde kanıt yok! Fakat aynı düşünce sistemi içerisinde, her ruhsal davranışın, ilkel birimler şeklinde, moleküler yaratılışa kadar uzanacağı ve bu alt birimlerin büyük beyin tarafından organize edilmek suretiyle daha karmaşık yapıların ortaya çıktığı savunulabilir. Bu, ruh denen kavramın ayrı bir güç gibi düşünülmesini ve metabiyolojik olarak açıklanmasını ortadan kaldıracak bir savdır.

8.1.2. TRANSDUKSİYONUN EVRİMDEKİ ÖNEMİ

Bilgi ve bellek her zaman yaşanılarak kazanılmayabilir; insanda bilgi alış-verişi bunun tipik örneğidir. Hayvanlarda, sözle ve diğer iletişim (kominikasyon) araçlarıyla bilgi ve bellek aktarımı, yüksek organizasyonlu hayvanların bir kısmı hariç hemen hemen yok gibidir. Bazı davranışlar atalarının eğitimiyle kazanılır. Fakat canlılar arasında kazanılmış deneyimlerin maddesel olarak nakledilmesi geçmişte ve şimdi yapıl-

mış mıdır? Bunun açıklamasını yapmadan önce bazı araştırmaları gözden geçirmemiz gerekmektedir.

G. ANDERSON, 1970 yılında, evrimde devrim yapacak ve bizim ruhbilimimizi kökünden sarsacak bir araştırmayı gerçekleştirdi. **"Viral Transduksiyon = Virüsle Taşınma"**nın evrimsel açıdan ne denli önemli olduğunu buldu. Virüslerin ancak canlı hücrelerde çoğalabileceğini biliyoruz. Virüs girdiği hücreye, çok defa, kendi kalıtsal materyalini bağlayarak, hücrenin sentezleme programını bozar ve virüsü oluşturacak moleküllerin sentezinin yapılmasını sağlar. Meydana gelen yeni virüsler diğer hücrelere girerek çoğalmalarına devam ederler (virüslere bkz. !). 1958 yılında Amerika'lı biyolog JOSHUA LEDERBERG, 1952 yılında gerçekleştirdiği bir çalışmadan dolayı nobel aldı. Çalışmanın özeti şuydu: Virüsler bir hücreden diğer hücreye geçerken, önce bulunduğu ve çoğaldığı hücrenin kalıtsal materyalinden (DNA parçalarından) bir kısmını da sürükleyerek götürebiliyordu. Bu olaya **"Transduksiyon"** denir. Daha sonra yapılan ayrıntılı çalışmalarda, taşınan bu parçaların oldukça uzun olabileceği 3, 4 ve hatta 5 komple genin bu şekilde taşınabileceği saptanmıştır.

ANDERSON, 1970 yılında bu çalışmalara dayanarak dünyadaki canlı türleri arasında, kalıtsal deneyimlerin, virüsler aracılığıyla birbirlerine nakledilmelerinin, evrimde küçümsenemeyecek bir mekanizma olduğunu ileriye sürdü. Bunun anlamı şudur: Dünyadaki sayısız denebilecek canlıda meydana gelecek bir kalıtsal değişiklik, bir buluş, bir gelişim, er veya geç diğer canlılar tarafından kopye edilecektir. Bu açıklama araştırıcıların gözlerindeki perdeyi kaldırdı. Dünyadaki tüm canlıların neden aynı genetik kodu kullandıkları aydınlandı. Birinde, mutasyon-seleksiyon mekanizmasına göre meydana gelen bir yenilik, ortak alfabeyi kullanan diğer canlılar tarafından da kullanılabilecektir. Böylece bir virüs tarafından saldırıya uğrayan hücre (eğer virüse karşı tam bir savunma mekanizmasına sahipse), o virüs tarafından getirilen DNA parçasını kendi amacı için deneme olanağını bulur. Belirli bir tür organizmada kalıtsal olarak meydana gelecek ilerleme veya değişiklik, böylece diğer tüm canlıların emrine sunulabilecektir. Madde değişimi için kullanılan binlerce enzimin takası ve evrensel kullanımı da bu şekilde açıklanabilir. Fakat en büyük yardımı, evrimdeki gelişimlerin açıklanmasındadır. Öyle ki, canlılığın ortaya çıkışından bugüne dek geçen 3 milyar yıl, bu denli gelişim ve dallanma için az bir zaman olarak kabul ediliyordu. Mutasyon-seleksiyon mekanizmasının rastlantılara bağlı olarak birhücreliden çok hücreliye, su yaşamından kara yaşamına geçmesi ve insana kadar gelişmesi çok daha uzun bir zamana gereksinme gösterir. Çünkü ilkel bir canlı türünün ve döllerinin değişimiyle (rastlantılarla) bu denli gelişmiş bir canlı türünün ortaya çıkması çok büyük bir olasılığı gerektirmektedir. Bu da bazı kuşkuların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Halbuki herhangi bir canlı türünde ve bir türün herhangi bir bireyinde meydana gelecek evrimsel (kalıtsal) ilerleme veya değişim, yukarıda anlatılan şekilde diğer canlı türüne aktarılabiliyorsa ve bu yenilik belirli ölçüde tüm canlıların hizmetine sunulabiliyorsa, o zaman evrimsel değişimde çok büyük sıçramalar görülecektir. Bu da bu kısa süre içerisinde neden bu kadar dallanma ve ilerlemenin ortaya çıktığını açıklayabilir. Çünkü dünyadaki herhangi bir canlıya (sayısız denecek kadar birey vardır denilebilir)

tesadüfen rastlayan yenilik diğerlerine aktarılabiliyordu. Yani bugün bizde hastalık yapan virüslerin akrabaları (hastalık yapmayanları), insanın bu denli karmaşık olmasını ve gelişmesini sağlayan en büyük faktör olarak varsayılmaktadır.

8.1.3. SOYUT DÜŞÜNCEYE GEÇİŞ

İnsanın en büyük özelliklerden biri de soyut düşünebilmesidir. Soyut düşünmeye (abstraksiyon) ulaştıkça içgüdülerimizi daha etkin olarak kontrol altına almaya başlıyoruz. Fakat uyarının çok güçlü olduğu durumlarda bu soyut düşünme yitirilebilir (kızdığımızda, korktuğumuzda ve eşeysel olarak uyarıldığımızda vs.). Bu konuda en ilginç araştırma Freiburg'lu biyolog BERNHARD HASSENSTEİN'e aittir. Kafesin içerisinde eğitilmiş bir kuş, bakıcısının elinden besinini almakta, özellikle un kurtlarını büyük bir iştahla yemektedir. Bakıcı, kafesin kapısını açmakta ve kapının tam karşısına (aksi tarafına) gelen kısımdaki tel örgünün önünde, elinde bulunan un kurtlarını kafese doğru uzatmaktadır. Kuş, bu un kurtalarına ulaşmak için tel örgüyü zorlamakta veya yırtmaya çalışmaktadır. Fakat açık kapıdan çıkıp bekçiye ulaşmayı beceremektedir. Bakıcı elindeki kurtlarla birlikte tel örgüden yavaş yavaş uzaklaşmaya başlarsa, belirli bir uzaklıktan sonra, kuş, açık kapıdan çıkıp kurtlara ulaşabilmeyi düşünebilmektedir. Bu deneme çeşitli defalar tekrarlanmış, her defasında aynı sonuçlar alınmıştır. Sonuç ilginçtir: Kuvvetli uyarı, kuşta, bir an önce besine ulaşma içgüdüsünü uyandırmakta ve bu içgüdü o denli güçlü olmaktadır ki, kuş daha önce öğrendiği, uçarak ve açık kapıdan çıkarak besine ulaşma deneyimini kullanamamaktadır. Bakıcı yavaş yavaş kafesten uzaklaştığında uyarı devam etmekte; fakat gittikçe zayıflamaktadır. Belirli bir uzaklığa, yani zayıflığa ulaştığında, kuş, içgüdüsünün etkisinden kurtularak, deneyimle öğrendiği yolu kullanmaya başlamaktadır. Kızdığımızda, korktuğumuzda ve eşeysel olarak uyarıldığımızda, davranışlarımızın bir çeşit mantıksal çizginin dışarısına çıkması bu nedenledir. Gelişmişliğin derecesi bu içgüdülerin büyük beynin kontrolü altında kullanılması (baskısı) demektir. Soyut düşünme ise içgüdülerin azaldığı ölçüde evrimleşerek gelişmiştir. Bu da çevre etkilerinin düşünce sistemimiz üzerindeki baskısı kalktığı oranda gerçekleşebilir. Kitabın başında değindiğimiz gibi "beş duyunun dışında düşünme, gerçek düşünmedir" sözcüğü bu anlamda kullanılmıştır. Soyut düşünme "B e n l i ğ i n" ortaya çıkmasını sağlar; çünkü çevreden soyutlanmaya başlamıştır. Benlik ise belleğin, öğrenme yeteneğinin, bilincin (şuurun), deneyimlerin takasının, fantazisinin ve soyut düşünmenin bir kompleksi olarak ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak çevremizdeki cisimleri şekillendirebilme yeteneğini kazandık. Bu konuşmanın ilk adımıdır. Daha sonra da konuşmayı harflerle şekillendirdik.

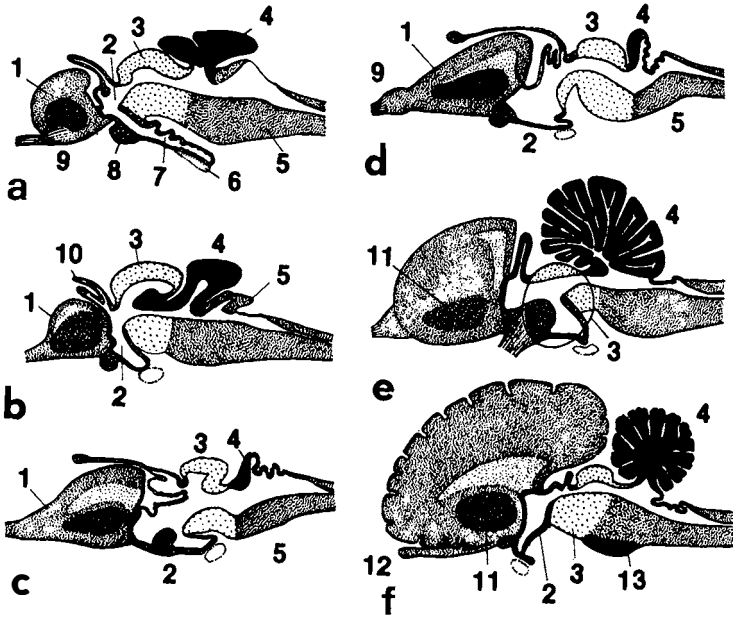
8.2. BİLİNCİN GELİŞMESİ "Taş Devrinden Bir Kesit"

8.2.1. NARKOZ İLE EVRİMSEL GERÇEKLERİN AÇIKLANMASI

Narkoz, canlıyı öldürmeden belirli duyuların uyuşturulması anlamında kullanılır. Beyinin her bölgesi narkoz maddelerine farklı tepki gösterir. En tipik ve eski nar-

koz, eterle bayıltmadır. Bir insan bu maddeyle bayıltılırken değişik davranış evreleri gösterir. Kural olarak beynimizde en son gelişmiş merkezler ve bölgeler, daha eski olanlara göre, narkoz maddelerine ve diğer tehlikelere karşı daha dayanıksızdır. Teknik bir aygıtın geliştirilmesiyle birlikte bozulma olasılığının artması gibi.

Bir narkoz seansında, ilk olarak şuur (bilinç) yitirilir. Çünkü bilinç beynin en son ve en karmaşık evrimsel aşamasıdır. Dolayısıyla narkoz maddesine en az dayanaklıdır. Bilinçten sonra yitirilen ikinci duygu, korku ve kendini savunma duygusudur. Dolayısıyla bilinci yitiren hasta ilk olarak çırpınmaya, yırtınmaya ve bağırmaya başlar. Narkozun bu evresine **'Eksitasyon Evresi'** denir ve bu nedenle narkoz başlamadan önce, hasta, ellerinden ve kollarından sıkıca bağlanır. Hasta bilincini yitirdiği için kendi cinnetinden ve durumundan habersizdir. İlk evrede büyük beyin, yani beynimizin en üst tabakası uyuşturulmuştur; dolayısıyla bilincimizi yitirmişizdir. Bunun üzerine daha alttaki beyin tabakası, yani beyin kökü 'lüzum üzerine'' komutayı eline almıştır. Beyin kökü, beynin eski kısımlarındandır; balıklarda ve sürüngenlerde de gelişmiştir (Şekil 8.2). Büyük beyne göre daha eski ve daha az karmaşık olduğu için, karşı koyma gücü daha fazladır. Bu bölge içerisinde içgüdü ve kalıtsal tepkimelerin merkezi bulunur. Çevrenin uyarmalarına karşı otomatik olarak cevap verilmesi sağlanır.



Şekil 8.2 : Omurgalı hayvanlarda beyin yapısı. a) Köpek balığında, b) Kemikli balıklarda, c) Amfibilerde (kurbağada), d) Sürüngenlerde, e) Kuşlarda ve f) Memelilerde.
1. Ön beyin, 2. Ara beyin, 3. Orta beyin 4. Arka beyin, 5. Son beyin, 6. Hipofiz, 7. İnfundubulum, 8. N. opticusun girişi, 9. Bulbus olfactorius, 10. Epifiz, 11. Bazal gangliyon, 12. Lobus olfactorius, 13. Pons (Kühn'den).

İnsanda bu içgüdü ve otomatik tepkimeler, büyük beynin süzgecinden geçtikten sonra ortaya çıkar. Kalıtsal tepkimeler bazı hallerde büyük beynin yargılaması sonucu baskı altında tutulabilir. Örneğin vücudumuzu kurtarmak için çok kızgın bir demir parçasını elimizi yitirme pahasına uzaklaştırmamız gibi. Eksitasyon evresinde büyük beynin yargılayıcı-süzücü özelliği kalktığı için, beyin kökü tamamen kalıtsal özelliklerini göstermeye başlar. Bu nedenle artan narkoz zehirinden kurtulmak için kendiliğinden çırpınma, kaçma ve bağırma hareketleri ortaya çıkar. Hasta bu hareketlerin hiçbirini bilinçli yapmaz. Doğal olarak bu durumda ameliyat yapılamaz. Dolayısıyla anestezist narkoz maddesini vermeye devam etmelidir. Eter miktarı kanda gittikçe yükselir ve belirli bir düzeye ulaştığında beyin kökünü de uyuşturarak içgüdü ve refleksleri durdurur. Hasta yeniden sakinleşir ve kaslar gevşer. Ameliyat bu evrede başlar. Anestezi uzmanının becerisi, ameliyat boyunca hastayı daha fazla uyuşturmadan bu evrede devamlı tutmaktır.

Büyük beyin ve beyin kökü bu son evrede tamamen uyuşuktur. Fakat beyin kökümüzün en eski kısmı (en alttaki kısmı) hâlâ uyuşmamıştır. Bu bölgede dolaşım sisteminin, solunum sisteminin, sıcaklık ve diğer madde değişimiyle ilgili yaşamsal öneme sahip otomatik düzenleyici merkezleri bulunur. Bu merkezler bireyin biyolojik olarak yaşamasını devam ettirirler. Diğer beyin bölgelerine göre çok daha dayanıklıdırlar. Bu nedenle bir bireyi öldürmeden bayıltmak mümkündür. Bugün ameliyatlarda çok daha etkin narkoz maddeleri kullanıldığı için, eksitasyon (çırpınma) evresi hemen hemen hiç görülmez. Kullanılan ilacın terapatik (therapeutik) genişliğinin fazla olmasına dikkat edilir; yani yaşamsal merkezleri uyuşturmadan, acı ve bilinç merkezlerini hızlı olarak uyuşturabilmelidir.

Narkoza göre beynin gösterdiği tepki ile yapısı arasında bir ilişki kurulursa en karmaşık ve en yeni kısmının üstte, en kaba ve en eski kısmının da altta olduğu görülür (Şekil 8.2). En içte temel yaşamsal işlevleri düzenleyen merkezlerin bulunduğunu söylemiştik. Bu merkezler uzun evrimsel gelişim süreci içerisinde dış çevrenin etkisinden koparak iç çevrenin etkisi altına girmiştir. En eski merkez olarak tanımlanan vücuttaki su mikatarını düzenleyen ve kontrol eden merkez, böbreğin süzdüğü sıvının yoğunluğunu, dokulardaki su miktarını, ter salgılamasını ve susuzluk duygusuyla ortaya çıkan su alınmasını koordine eder. Yine aynı tabakada sıcaklık düzenleyen merkez bulunur. Bu merkez sıcakkanlıların, çevrenin sıcaklık değişimlerinden etkilenmemesini sağlar ve dolayısıyla madde değişimi sabit hızla yürütülür. Bu, aynı zamanda çevrenin etkisinden büyük ölçüde kurtularak kendibaşına hareket etmeyi ve bireysel bilincin (benliğin) ortaya çıkmasını sağlar. Bu merkeze ısı gözü de denir. Kanın sıcaklığına göre düzenleyici mekanizmayı çalıştırır. Eğer ısınırsak, su içeriz ve terleme suretiyle ısı kaybını sağlarız. Burada su miktarı ile ısı düzenleyici merkezin, diğer işlevlerde de olduğu gibi bir sıraya göre ya da eşgüdüm çalışması gereklidir. ısındığımızda yüzümüz kızarır; çünkü derideki kılcal damarlar genişletilerek vücudumuzun iç tarafındaki fazla ısının kan aracılığıyla yüzeye taşınarak bir radyatörde olduğu gibi soğutulması sağlanır. Soğukta renk uçuklaşır ve titreme başlar. Merkez, kas hareketlerini hızlandırarak fazla ısının açığa çıkmasını sağlar. Dolayısıyla ek

besine gereksinmemiz olur. Soğukta daha çok acıkmamızın nedeni budur. Keza bu beyin katmanında, tepe gözden değişerek bez özelliği kazanmış epifiz bulunur. Epifizin salgıları, dış ortama bağımlı olmadan, vücudun gelişmesi için zaman düzenlenmesini sağlar.

Sonuncu bölgenin üzerinde de beyin kökünün üst kısmı "büyük gangliyon kökleri" ve "thalamus" bulunur. Milyonlarca sinir hücresinin bir araya gelmesiyle, bir zamanlar öğrenilen işlevlerin, bir çeşit bilgisayar merkezini oluşturur. Kaba bir tanımlama ile, beynin bu kısmı, geçmiş atalarımızın deneyimlerinin programlandığı ve depolandığı bir yerdir. Bu program, dış uyarılar sonucu belirli davranış şekillerinin ortaya çıkmasını sağlar. Örneğin, düşmanca bir bakış veya tavıra veya karşı eşeyden bir bireyin yaptığı kura, ilgili hormonları salgılayacak programı devreye sokmakla (daha önce hazırlanmış programı) yanıt verilir ve bu da belirli davranış şekillerinin ortaya çıkmasına neden olur. Daha önce, narkoz sırasında hastanın bilinçsiz olarak kendini savunması ve kaçma hareketinde bulunması gibi.

8.2.2. KOŞULLANDIRMA

Bu otomatik programlamanın üzerinde yapılan çalışmaların en görkemlisi 1962 yılında ölen davranış araştırıcısı ERICH VON HOLST'un tavuklarda yaptığı denemelerdir. HOLST, bayıltılmış tavukların beynine uçları çıplak; fakat yanları lakla izole edilmiş saç inceliğinde teller soktu. Birkaç sene denemede tutulan hayvanları, bu teller rahatsız etmiyordu. Tellerin ucu, işlevi tanımlanmak istenen beyin kısmına sokulmuştu. Tellerden gönderilen çok zayıf akımlar, hayvanda, sanki dışarıdan herhangi bir impuls almış gibi tepkiler meydana getiriyordu. İmpulsun verildiği yere ve şiddetine göre tavuklar uzaktan kumandalı bir robot gibi hareket ettirilebiliyordu. Sonuç şuydu: Telin ucunun girdiği beyin kısmı, akım verilince, depo ettiği programı devreye sokuyordu. Belirli yerler uyarıldığında horozlar, sanki bir düşman varmış gibi, kanatlarını germeye, yeri eşelemeye, gaklamaya ve mahmuzlarıyla saldırıya geçiyordu. Horoz, düşmanına karşı programlanmış tüm tepki silsilesini gösteriyordu. Fakat bu yapay uyarı sırasında tilki, sansar veya diğer bir düşmanca hayali, gerçek gibi görüyor muydu ya da hangisini, nasıl görüyordu? Bunun yanıtını hiçbir zaman kesin olarak veremeyiz. Bu evrede elektrik (uyarı) kesilince, sonuç daha da ilginçti. Birdenbire sakinleşen horoz, ilk olarak şaşkın bakışlarla düşmanını arıyordu ve daha sonra zafer ötüşleri çıkarıyordu. Hiç bir beyin kendine ulaşan impulsun (uyarının) doğal mı yoksa yapay bir kaynaktan mı geldiğini anlayamaz. İnsanı da ameliyat sırasında veya bayıltmadan bu şekilde yapay olarak uyardığımızda değişik tepkiler gözleyebiliriz. Örneğin, görme merkezini uyardığımızda renkli şimşekten, manzaraya kadar değişik görüntüler elde edebileceğimiz gibi; diğer bi bölgeyi uyardığımızda hastanın sesli olarak devamlı güldüğünü görürüz. Üzerinde deneme yapılan canlı bunun yapay mı yoksa doğal mı olduğunu anlayamaz. Tavuklarda, bu yolla, birdenbire, kızana gelme, dövüşme, temizlenme, doyma, acıkma, uyuma vs. yaratılabilmiştir. Bu, birçok hareketin yaratılışımızdan bugüne dek evrimsel aşamalar şeklinde programlanarak depolandığını göstermektedir. Çünkü değişik türler arasında aynı olaya gösterilen tepkiler açısından benzerlikler vardır (özellikle kızmada, korkmada vs.'de).

Mutasyonlarla ortaya çıkan değişik davranışların doğal seleksiyonla ayıklanması sonucunda, bir türün ataları ve geçmiş dölleri boyunca belirlenmiş bir tepki mekanizması yaratılmış ve benzer durumlarda bu mekanizmanın harekete geçirilmesi, o canlının davranışlarının doğmasına neden olmuştur. Evrim süresince bu mekanizma geliştirilmiş ve davranış programı gittikçe zenginleştirilerek çevreye uyum daha güçlü olarak sağlanmıştır. Çekirdeksiz hücreden tutun da, hücresel simbiyozise (fotosentezin ve oksijenli solunumun ortaya çıkışı) ve çok hücreliliğe geçişin tüm kademelerindeki deney birikimi ve davranış çeşitleri (mutasyon ve seleksiyon mekanizmasıyla arta kalan) bugünkü bünyemize davranış programı olarak verilmiştir. Biz bu davranışları içgüdü, doğal itilim (sevki tabii), doğuştan gibi terimlerle açıklamaya çalışırız. İnsanlar içgüdüye sahip olmakla beraber, diğer hayvanlarda olduğu kadar geniş ölçüde kullanamaz. İşte insanın içgüdülerini kullanamaması, onun zeki olmasını sağlamıştır.

Örneğin, soğuğun ne zaman geleceğini bilmediği halde, yolunu şaşırmadan güneye göç eden bir kuşun içgüdüsü bizde yoktur. Fakat gelişen büyük beynin dış kısmı (korteks), bize, bilinci ve kendi içgüdülerimizi yaşayarak öğrenmemize olanak vermiştir. Sevincimizi, üzüntümüzü, korkularımızı, açlığımızı, susuzluğumuzu, eşeysel çekimi ve diğer birçok davranışımızı bu şekilde yaşayarak öğreniriz. Hatta bazılarımızın kurbağanın yumuşak ve kaygan derisini bir güzellik olarak kabul ederken, bazılarımızın nefret etmesi bu kazanılan özelliğin ilginç bir yanıdır. Taş devrinin başlamasıyla birlikte ve ondan belirli bir süre önce deneyimlerimize dayanılarak kazandığımız bireysel bilgi birikimi, içgüdülerin yerini almaya başlamış ve geçmişte içgüdü olarak belirtilen kazanılmış davranışlar, yeni durumun sadece yapıtaşı ve malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır. İçgüdü yerini zekaya, bilgiye bırakmaya başlamıştır.

Vücuttan bir kablo demeti şeklinde sinirleri getiren omuriliğin ön kısmı gelişerek ilk olarak vejetatif merkezleri, daha sonra geçen yüz milyonlarca yılda sinir hücrelerinin yoğunlaşması ile beyin kökünü meydana getirmiştir. Bu bölgenin de gelişmesiyle büyük beyin meydana gelmiştir. Beyin kökünün üzerindeki ilk ek yapı, balıklarda sadece koku alma ödevini gören kısımdır. Bu ek yapı daha sonra tahmin edilemeyecek kadar gelişerek büyük beyni yapar. İlk defa maymunlarda büyük beyin diğer tüm beyin kısımlarını örtecek kadar büyümüştür (Şekil 8.2).

Buna paralel olarak işlevleri de gittikçe organize olmaya başlar. İnsanda beynin dış yüzü o kadar büyümüştür ki, kafatasında yer bulabilmek için kıvrımlar meydana getirmiştir. Buna bağlı olarak sinir hücreleri arasındaki sinaps sayısında da çok büyük artmalar ortaya çıkmıştır. Abstrak (soyut) düşünmenin bu sinaps sayısına bağlı olarak gelişme gösterdiği bilinmektedir. Ancak bu organizasyona ulaşmış beyin, çevreyi objektif olarak tanıyabilme gücüne ulaşmıştır. Bu bilincin kendisiydi. Bu bilinç gökten gelmemişti; en az dört milyar yılın denenerek-seçilerek birikmiş görkemli bir tortusuydu. Geçmişteki sayısız atanın, sabırla, özveriyle biriktirdiği deneyimlerinin ürünüydü. Bireylerin kazandığı bu kalıtsal deneyimlerin eşgüdümü (koordinasyonu) bilincin ve bir anlamda ruhun ortaya çıkmasına neden oldu. Ruh, bireye özgü gibi

görünmesine karşın, geçmiş tüm ataların kalıtsal mirasını taşır. Ulaştığı en son aşama ise, atalarından miras aldığı bilgi ve program birikiminin eşgüdümü ile ortaya çıkan yargı, yorumlama ve yaratma niteliğidir. Daha sonra göreceğimiz gibi gelecekte bu gelişmenin en son aşaması evrensel düşünmenin ortaya çıkması olacaktır. Çünkü evrendeki her değer, her yapı, her varlık bu düşünmenin bir halkasını oluşturacaktır.

9. BÖLÜM

GELECEKTE VARSAYILAN GELİŞMELER "Evrensel Düşünmeye Doğru"

Bu noktaya geldikten sonra, ileride ne olacak sorusunu kendimize yöneltmezsek, harcadığımız tüm çaba boşa gitmiş olacaktır. Çünkü geçmişin ve günün incelenmesi, geleceği yorumlayabilmek içindir. Bunun yanıtlanması da 13 milyar yıldan beri ilk defa soyut düşünebilen insana (15.000 - 20.000 yıldan beri !) düşmektedir. Ne yazık ki (belki de ne iyi ki !) geleceği algılayan bir sistem, canlılarda daha gelişmemiştir. Bu nedenle vereceğimiz her açıklama, geçmişe dayalı bilgilerin geleceğe yönelik varsayımından başka birşey olamayacaktır.

9.1. UZAYA ÇIKMA DÜRTÜSÜ

Şimdiye kadar gördüğümüz gibi, canlılık devamlı gelişme, yeni ortamlara girme ve daha karmaşık yapı kazanma eğilimindedir. Yeni ortama girme, son zamanlarda uzay çalışmalarıyla sürdürülmektedir. Bu duygu, politik, askeri ve bilimsel merakın ötesinde bir duygudur. Ta iki milyar yıldan beri kırmızı bir ip şeklinde zamanımıza kadar uzanan filogenetik bağın devamından başka birşey değildir. Soyut düşünebilmek için çevrenin etkisinden kurtulmaya çalışan (sıcakkanlılığı düşünün !) canlı, yeni ortamlara uyarken artık bu soyut düşünce sistemini kullanmaya başlamıştır. Bu nedenle, uzaya çıkmada, biyolojik değişmenin yerine, aklın ürünü olan teknolojiyi kullanmaktadır. Halbuki sudan karaya geçişte, salt bir biyolojik yapı değişimi gözlenmiştir. Fakat amaç ve kullanılan yöntemin özü aynıdır. Uzaya çıkmanın neler getireceğini şimdiden tam anlamıyla kestirmek olanaksızdır. Çünkü sudan karaya çıkışta, sıcakkanlılığın ve bugünkü kültürel yapının ortaya çıkacağı ne amaçlanmıştı ne de önceden sezinlenmişti.

9.2. EVRİMDE ÇIKMAZ SOKAKLAR

Gelişim kural olarak ileriye dönük olmasına karşın, bazı hallerde yan dallanmaların çıkmaza girdiği de görülebilir. Bir durum için büyük yarar sağlayan yapıların daha ilerideki gelişmelerde büyük engeller oluşturduğu çok gözlenmiştir. Örneğin

400 milyon yıl önce ortaya çıkan ve bugün dünyadaki canlıların 4/5'nü oluşturan böceklerin, her çeşit ortama en iyi şekilde uyum yapmalarına karşın, bir çıkmaz sokağa girdikleri de açıktır. Çünkü vücudunu dış etkilerden korumak ve destek olmak için dış iskelet, çok erken evrelerde ortaya çıktığından, bugün bu dış iskeletten kurtulma ve geriye dönme olanağı da ortadan kalkmıştır. Uzun zaman, dış iskelet, böceklere onları dış etkilerden etkin şekilde korumak ve destek olmak suretiyle yararlı olmuştur. Fakat onların vücutlarının büyümelerini sınırlamıştır. Buna karşılık vücuduna destek olarak iç iskeleti geliştirenler, istedikleri kadar büyüme olanağına kavuşmuşlardır. Böceklerin çok eski ve zengin bir grup olmalarına karşın, geri (aptal) kalmalarının esas nedeni, bu kitin iskeletin vücudu sınırlayarak, sinir hücrelerinin gelişmesine, özellikle bir beynin gelişmesi için yeterince yer sağlamasına engel olmasından dolayıdır. Böceklerdeki bu evrim çok tipiktir. Bu nedenle burada örnek olarak verilmektedir. Böcekler bilindiği gibi evrimsel açılım bakımından yeteneklidirler; fakat evrimsel aşama yapacak kapılar ta başından kapanmış görünmektedir.

Sosyal yaşayan böcekler (arılar 10.000, termitler 1.000.000 kadar bireyden oluşmuş yuvalar yaparlar) kendi aralarında organize olarak bir yaşam birimi meydana getirmişlerdir. Birhücrelilerin çok hücrelilere geçiş kademesinin, bu aşamada, yeniden, değişik bir şekilde tekrarlandığı görülür. Bir karınca yuvası, birçok bakımdan birden fazla bireyden meydana gelmiş birhücreli kolonisi gibidir. Çok hücrelilerin, hücrelerinde olduğu gibi, yuvanın hiç bir bireyi kendi başına yaşama gücüne sahip değildir. Çünkü yuvadaki belirli sınıflar (organizma üstü birimler) belirli işleri yapmak için özelleşmiştir (balarılarını ve termitleri hatırlayınız !). Çoğalma, döllenme, beslenme, bazı durumlarda savunma, farklı sınıflarca yapılır. Yani kendi başına yaşayabilen bir organizmanın değişik işlevleri bir yuvadaki sınıflara paylaştırılmıştır. Burada, daha önce değindiğimiz evrimsel aşamayı başarabilmek için, yani beyin ve bilincin bir bireyde gelişmesi yerine, bireylerden meydana gelmiş toplumsal bir bilincin geliştirilmesine çalışılmıştır. Böylece büyümesi engellenmiş bireylerin belirli evrimsel gelişmeyi daha değişik şekilde yapabilmesi denenmiştir. Sonuçta belirli bir düzeyde gelişim sağlanmıştır. Örneğin, yavru bakımı, zaman duygusu, değişik şekillerde anlaşma (kominikasyon) ve sıcaklık ayarlaması (ısıtmayı hareket etmekle, soğutmayı suyu buharlaştırmakla sağlarlar) şaşırtıcı derecede gelişmiştir. Özet olarak gelişimin engellendiği veya çıkmaza girdiği zaman toplum bilinci geliştirilmeye çalışılmıştır. Birhücreliden çok hücreliye geçiş, bireysel yaşamadan yuva ve toplum yaşamına geçiş bu zorunluluğun bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Uzaya çıktığımızda da gelişimimiz böceklerde olduğu gibi çıkmaz bir yolda sonlanabilir. İşte bu durumda kullanılacak tek yöntem, jeolojik çağlarda atalarımızın uyguladıkları, çevreden yalıtımı tekrar uygulamaya koymak olacaktır.

9.3. UZAYA ÇIKMA ÇABALARI

İnsanların uzaydaki tüm yıldızlara ve uydulara ulaşması fiziksel olarak olanaksız görülmektedir. Çünkü yıldızlar ve tüm gök cisimleri birbirinden korkunç hızlarla ayrılmaktadır (evrenin yoğunluğu bu nedenle gittikçe azalmaktadır). İnsanların yıldızlar

arasındaki mesafeyi geçmeleri ve hızla uzaklaşanlara yetişmeleri akıl dışı görülmektedir (evrendeki en büyük hızın ışık hızı olduğunu gözönüne alarak düşünün !). Belki yakın yıldız sistemlerine bugünkü koşullarda ulaşmak düşünülebilir.

EDUARD VERHÜLSDONK, bize en yakın galaksi (bizden iki milyon ışık yılı uzakta) Andromeda'dan (hemen hemen samanyolu, yani bizim galaksimiz kadar büyüklükte ve benzer şekildedir) alınan 15 cm'lik bir fotoğrafa bir iğneyle delik açtığımızda, bu deliğin Andromeda galaksisinde kapsadığı alanın 1000 ışık yılı çapında bir delik olduğunu gösterdi. Yani ışık hızı ile hareket eden bir uzay gemisinin bu deliği aşması, insan ömrü gözönüne alınırsa, olanaksızdır. Bu galaksinin kendi çapı ise 150.000 ışık yılından fazladır. İlke olarak, yaşayan bir insan, iğneyle açılmış deliğin gerçek kapsadığı alanın ancak 1/10'nu (0.1 mm. çaplı kısmını) aşabilecektir. Biz bu olanaklara ya yüzbinlerce yıl sonra (örneğin ışık hızına veya ona yakın bir hıza) ulaşabiliriz ya da kitabın başında değindiğimiz nedenlerden dolayı hiç ulaşamayız. En büyük hızın ışık hızı olduğu ve ışık hızına ulaşan cismin kütlesinin sonsuz olduğu saptanmıştır. Işık hızından fazla bir hıza evrende rastlanmadığı için de ışık hızının evrensel bir sabite olarak alınması hemen hemen kanıtlanmıştır.

Suyun ilginç özelliklerinden biri de 0,00026°C'de (triple noktası) gaz, sıvı ve katı olarak birbirine geçişi olmadan dengede olmasıdır. Bu sıcaklığın altında buz haline geçerken hacmini genişletir. Daha üstünde ve daha altında kural olarak hacmi sabit kalır. Bunun yanısıra soğuğun ve donmanın biyolojik bünyelerde parçalanmanın (hacim genişlemesinden dolayı) ötesinde herhangi bir zarara neden olmadığı bilinmektedir. Özellikle, enzimlerin özellikleri, soğukla bozulmamaktadır. Bu nedenle doğadaki birçok canlı donduğu halde, uygun ortamlara getirildiği zaman yine yaşamasına devam eder. Birçok bitki ve bitki tohumu; bazı hayvanlar, örneğin bazı *Tardigrad, Nematod, Pentostomid, Linguatilid* vs., (−252°C'ye kadar) dayanabilir ve uzun zaman bu sıcaklıkta tutulduktan sonra normal koşullara dönüldüğünde tekrar canlılığını kazanabilir. Bu canlılar soğuğa, vücutlarındaki suyu yavaş yavaş dışarı atmak suretiyle uyum yaparlar. Daha sonra suyu alarak işlevlerini başlatırlar (canlılık işlevlerinin başlaması için en az % 15 su olması gereklidir). İnsan ve diğer birçok yüksek organizmada suyun dışarıya atılması ve hücre içeriğinin yoğunlaştırılması olanaksız olduğundan dondurma ile yaşamın bloke edilmesi şimdiye kadar başarılamamıştır (her ne kadar belirli sayıda insan ölmek üzere iken veya öldükten çok kısa bir süre sonra, vasiyetleri üzerine, donan insanların tekrar diriltilmesini başaracak teknolojinin gelişmesine kadar dondurulmuş ise de). Bu kararlı triple noktasından geçerken suyun hacminin genişletilmemesi ya da donarken bu noktadan geçmemesi sağlanırsa, bugün dondurulan insanların (!) ve dondurulacak insanlanların tekrar yaşatılması mümkün olacaktır.

Astronotların dondurularak uzaya gönderilmesi bir çeşit çözüm olarak görülmektedir. Bugün bize, bilgilerimizin ışığı altında tamamen olanaksız görülen, ışık ötesi hıza ulaşma ya da üç boyutlu uzaydan çıkabilme (ayrılabilme) ya da bir anda evrenin istenen bir noktasında bulunabilme (tey-i mekan) olanakları verilse, sonuç yine ilginç olacaktır. Yine, bizim Samanyolu galaksimize çok benzeyen, komşu

Andromeda galaksisine dönelim. Bu galakside aşağı yukarı 200 milyar kadar sabit yıldız (güneş) vardır. En kötümser varsayım ve en modern tahminle, en az bunlardan % 6'sı, üzerinde yaşam oluşabilecek uydularla çevrili yıldızlardır (yani, aşağı yukarı 12 milyar yıldız sistemi). Keza bu sayı Samanyolu galaksisi için de geçerlidir. Amerika'lı ARTHUR C. CLARKE'nin fantazisine göre, tüm teknik güçlükleri bir yana iterek, her saniye bir yıldıza gidebilsek ve her saniyede bu yıldızı uydularıyla birlikte, her yönüyle incelesek ve aynı saniyede bu bilgileri dünyaya iletebilsek, sonuç yine kahredicidir. Altmış sene devamlı bu şekilde çalışan bir adam Samanyolu'ndaki yıldızların ancak % 0.3'nü inceleyebilir. Yani gerekli 200 milyar saniyeden ancak 600 milyon saniyeyi kullanabiliriz. Çevremizde en az birkaç yüz milyar galaksinin olduğu düşünülürse, en iyimser ve en utopik düşünen kişiler tarafından dahi, evrenin mekanik ve maddesel olarak görülmesi, tanınması ve ulaşılmasının olanaksızlığı ortaya çıkar. Yani biz kozmik bir karantinanın içine gömülmüş gibi görünmekteyiz. Buna karşın, 13 milyar yıldan beri süren evrimsel gelişmenin belirli bir noktada sonlanacağını ve tıkanacağını düşünmek de anlamsızdır. Daha sonraki evrimsel aşama, en yakın yıldız sistemiyle (bizden 4 ışık yılı uzaktaki Alfa-Century yıldızı) ve gerekirse en yakın gelişmiş bir kültür taşıyan yıldızla ilişki kurmak olmalıdır. Kesiklik, evrimsel düşünceye ters düşmek olacaktır. Bugün en yakın komşu uydularımıza gitmek çok yakın bir teknolojiyle mümkün olmasına karşın, dış uydulara ve diğer yıldızlara ulaşma bugün ancak düşleyeceğimiz bir teknolojiyi gerektirmektedir (dondurulup tekrar canlandırma, foton ve iyon iticilerinin kullanımı, devamlı enerji kaynağı vs.). Bununla beraber çevremizdeki yıldızların uyduları olup olmadığı da tartışmalıdır. Sadece bir ateş küresi ise insanlar için kullanışlı değildir.

9.4. UZAYDA GELİŞMİŞ CANLILARIN OLMA OLASILIĞI

Bütün bu güçlüklere rağmen, uzay çalışmalarına karşı çıkmak, evrimsel gelişimin kurallarını hiçe saymak demektir. Bugün diğer yıldızların uydularında, değişikte olsa, zeki varlıkların bulunabileceği, bu konuyla uğraşan herkes tarafından kabul edilmektedir. O halde evrimin bu aşamasını gerçekleştirmek, biz insanların vazgeçilmez ödevi olarak görülmektedir. Yalnız dünyada canlının veya kültürün olduğunu düşünmek, dünyanın, evrenin merkezi olduğunu savunmak kadar doğrudur. Ayrıca şunu düşünmek gerekir, dünyadaki koşulların var olduğu her ortamda bir canlı oluşumunu beklemek olasıdır; fakat şansa dayalı bir evrim mekanizmasında, aynı gelişmeleri beklemek olanaksızdır. Dünyadaki koşullar defalarca tekrarlansa her defasında değişik sonuçlar alınması kaçınılmazdır. İnsan benzeri veya aynısını evrende bulma olasılığı pratik olarak olanaksızdır. Dünyanın başlangıçtan beri koşullarını değişik olarak taşıyan diğer gökcisimlerinde, daha farklı canlıların ortaya çıkması da varsayılabilir. En azından değişik yapıda atmosfer taşıyanlar veya ait olduğu yıldızdan değişik yapıda ışık alanlarda bu farklılık kaçınılmazdır. Yıldızların ışıklarının analizinden anlaşıldığı kadarıyla, farklı ışıklar yaydıkları saptanmıştır. Her kim ki peşin hükme sahip olmadan bu konuda ve evrensel olanakların çeşitliliği üzerinde düşünürse, varacağı sonuçlar o denli değişik olacaktır, en azından bir sonuca varacaktır. Canlı olma olasılığı bulunan 12 milyar gökcisminin ancak 1/100.000'de insan düzeyinde

gelişmiş bir canlının olacağını varsayarsak, yine de Samanyolu'nda en az 120.000 gezegende bizim kültürümüz düzeyinde gelişmiş canlı olması gerekir. Bu sadece dünya koşullarında gelişebilecek canlıları içeren gökcisimlerinin sayısıdır. Diğer koşullarda gelişebilecekler gözönüne alınmamıştır. Bugünkü teleskoplarla milyarlarca galaksinin bulunduğu saptandığına göre, ortaya çıkan sonuç baş döndürücüdür. Bizim kültür düzeyimizdeki 120.000 toplulukta, aynı soruya belki farklı yanıtlar verilmektedir. Her topluluk evrenin yapısı, geçmişi ve geleceği hakkında değişik görüş açılarına ve gerçeğin belirli bir kesitine sahip olabilir. Değişik yapı ve işlevlere sahip olan bu kültürlü topluluklar evreni ve doğal güçleri farklı şekillerde ve başka koşullarda değerlendirebilirler (örneğin, farklı görme, farklı işitme, farklı anlaşma vs.).

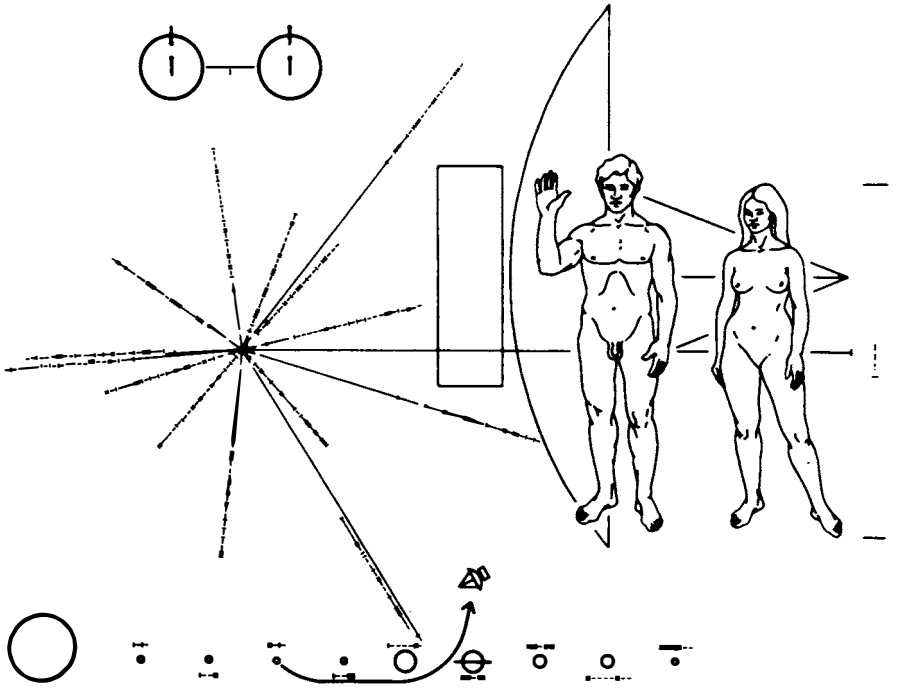
Bütün bu görkemli görünüş altında, gelecekte ne olacak sorusuna yanıt bulma konumuzun özüdür. Gelişim sürekli olduğuna göre, gökcisimleri arasındaki maddesel olarak aşılmaz görünen uzaklığa rağmen, bu kültür adacıkları arasında bir bağlantı kurulması bir evrimsel gerekliliktir. İşte bu aşamada birhücreli canlının çok hücreli canlılara geçişindeki ilke tekrarlanmış olacak ve özelleşmiş her kültür adacığı birbirine bağlanarak, aralarında organize olacak ve bir bütün meydana getirecektir.

Uzay gemileriyle yıldızlar arasındaki uzaklıkları geçmenin hemen hemen olanaksız olduğunu ayrıntılı olarak gördük. Belki bu arada bizim yaşamımızı sürdürmemiz bu astronomik karantinanın oluşundandır. Çünkü bizden çok daha gelişmiş olan canlılar, eğer rekabet duygusu taşıyorlarsa (!), bugüne kadar bizi ortadan kaldırmış olacaklardı. Bizden daha gelişmiş canlıların bulunma olasılığı iki koşula bağlıdır. Daha aktif bir maddeyle solunum yapmak ve zamansal olarak gelişmek. Biz evrende ikinci en aktif oksitleyici maddeyle 'yani oksijenle' solunum yapıyoruz. Eğer bir canlı (proteinden yapıldığını düşünürsek) evrenin en aktif oksitleyici maddesi florla solunum yaparsa, metabolizma düzeyi bizden çok daha gelişmiş olacağı için, yapısal olarak bizden üstün olacaktır. Şimdiye kadar atmosferi flor olan bir gökcismine rastlanmamıştır. Bir ışığın analizinden, kaynağında bulunan maddelerin oranı ve miktarı saptanabilir. Örneğin güneşten gelen ışığın prizmada kırıldığında meydana getirdiği tayf içerisinde birtakım siyah bölgeler ve çizgiler vardır. Yani tayf kesiksiz değildir. Bunun nedeni bazı maddelerin belirli ışık dalgalarını daha çok emmesindendir. Eğer bir atmosferde örneğin Ca fazla ise, Ca, bu tayfta belirli ışık dalgalarını emecektir (K ve H çizgileri) ve bu ışık dalgalarının yeri siyah çizgiler halinde görülecektir. Biz bu çizgilerin varlığından ve yerinden, incelediğimiz kaynakta Ca'mun mevcut olduğunu anlayabiliriz. Güneş ışığında 30.000 kadar emilme çizgisi saptanmış ve bunlardan en az yarısının tanımlanması yapılmıştır (Şekil 1.3). Yıldızlardan gelen ışıkların analizinde bu emilme çizgilerinin kırmızı veya mavi uca doğru kaydıkları, örneğin Ca'daki K çizgisinin diğer dalga boylarında ortaya çıktığı görülüyordu. Dopler etkisi ile bunun açıklaması yapıldı ve bu açıklamaya göre de gökcisimlerinin bizden uzaklaşma ve yaklaşma hızları saptanabildi.

Bizden daha gelişmiş bir canlının bulunma koşulunun ikincisi, zamandır. Eğer aynı veya benzer metabolik yöntemi kullanıyorsak, bizden daha gelişmiş bir canlının olması zaman koşuluna bağımlı olacaktır. Kural olarak bizden çok daha önce ortaya

çıkmış bir canlılık, aynı koşullarda, bizden çok daha gelişmiş olacaktır. Buradaki gelişim zamana bağlı olmaktadır. Metabolik etkinlikte fark olacağı gibi, teknolojik ve kültürel gelişimler arasında bu zamana bağlı fark çok daha fazla olacaktır.

Radyo dalgalarıyla, bu canlıların birbirini yok etmeden temas kurmaları olasıdır. Belki değişik gezegenlerden gönderilen radyo dalgaları, binlerce yıldır yol almaktadır. Bu radyo dalgalarını yakalayabilmek için, şimdiden dünyada değişik dinleme istasyonları kurulmuştur ve teknik olarak radyo-teleskopların geliştirilmesine çalışılmaktadır (Şekil 9.1).



Şekil 9.1 : 1972'nin Mart ayında Cap Kennedy'den atılan "Pioneer X" adlı uzay aracı Jüpiter gezegeni hakkında bilgi toplamak için hazırlanmıştır. Fakat Jüpiter'in büyük kütlesinden dolayı, füze, Jüpiter'den sonra güneş sistemini terkedecek bir hıza ulaşmıştır. Uzaya gönderilen bu öncüye dünya hakkında bazı öz bilgiler depolanmıştır. Belki milyonlarca yıl sürecek gezisi sırasında, düşünen herhangi bir topluma (canlıya) rastlarsa, bizim hakkımızda onlara bilgi verecektir. Yanda ışıyan hidrojen atomunun dalga boyu ölçüt olarak verilmiş; altta füzenin güneş sisteminin hangi gezegeninden hareket ettiği bazı matematiksel simgelerle gösterilmiş; yanda ise insanların yapısı ve çift eşeyli oluşu projekte edilmiştir.

9.5. EVRENSEL BAĞLANTILAR VE EVRENSEL DÜŞÜNME ÇAĞLARI

Genel kanı Samanyolu'ndaki gelişmiş bazı kültür odakları arasında bu şekilde bir kontağın şimdiden kurulmuş olabileceğidir. Birçoğunun ise kontak kurmak ümidiyle radyo sinyallerini devamlı olarak uzaya gönderdiği sanılmaktadır. Bu aşamaya

gelmiş teknolojide, salınan bilgi demetleri, herhalde daha az gelişmiş toplumların algılayabilecekleri şekilde düzenlenmiştir. En azından evrenin yapısını oluşturan hidrojen atomunun dalga boyları bu kontağın ilk alfabesi olabilir.

Bu kontağın ne zaman gerçekleşeceğini kimse söyleyemez; belki gelecek sene, belki de binlerce sene sonra; ama, birgün muhakkak. Evrimsel gelişim bizim sabırsızlığımıza göre yönlenemez. O, belirli bir zamanın ürünüdür. Fakat birgün gelişmiş bir kültür adasından bir radyo sinyali alırsak, bu yeni evrimsel gelişmenin bir aşamasının başlangıcı olacaktır. Dünya bu andan itibaren yıldızlar arası kulübe üye olacak ve her yönde, değişik kültürlerle bilgi alışverişi başlayacaktır. Tüm çevre ile kurulacak bu bağlantılar, beyindeki sinir uzantıları ve sinapslar gibi, karmaşık bir sistem meydana getirecek ve evrensel gerçeği değişik açılardan görebilecek, değerlendirebilecek **"Evrensel Düşünme"** sistemi ve bir **"Evrensel Bilinç"** ortaya çıkacaktır. Herhangi bir sorun bu yıldızlar arası bağlantı aracılığıyla beyindeki bir impuls gibi dağıtılacak ve evrensel boyutlar içerisinde ve gerçeğin tam kendisi olarak yanıtlanacaktır. O noktadan itibaren tanrı kavramı da yeniden tanımlanacaktır...

II. KISIM

KALITIMIN ANA İLKELERİ

10. BÖLÜM : KALITIMIN ESASLARI

11. BÖLÜM : KALITIMIN MOLEKÜLER AÇIKLANMASI

10. BÖLÜM

KALITIMIN ESASLARI

10.1. GENETİĞİN TARİHÇESİ

İnsanlar, neden sonuç ilişkisini yorumlayacak düzeye geldiklerinde, ilk bilimsel düşünceye; doğan çocuğun ana ve babasına benzediğini söylediklerinde de, kalıtım üzerindeki ilk gözlemlere sahip olmuşlardır. Çocukların akrabalarına benzemesinin basit bir rastlantı ile açıklanamayacağı ta o zamanlar sezinlenmişti. Zararlı özelliklerin güçlenmemesi için çok eski çağlarda yakın akrabalar arasındaki evlenmeler (ana, baba, kardeş, teyze, hala, dayı, bazen kuzenler) yasaklanmıştır. Daha sonra evcilleştirilen hayvanların ekonomik özellikleri seçme suretiyle kuvvetlendirilmiştir. Hatta köpeklerin ıslahı çok eski çağlarda başlamıştı. Eski bir Babil yazıtı (kitabesi) beş döllük (generasyonluk) bir at şeceresinde yele ve başın nasıl değiştiğini göstermektedir. O zamanlar dahi ekilen tohumların en iyi bitkilerden seçilmesine özen gösterilmişti. Hatta o zamanlar yapay tozlaşmanın getirdiği yararlar öğrenilmişti. Mısırlılar hurmadaki polenlerin oluşma ve tozlaşma tarihlerini not etmişlerdi. Eski Çinliler, daha iyi pirinç ırkları elde etmek için kontrollü tozlaşmalar yapmışlardır.

Fakat kalıtım ilminin bilimsel açıklamasına ancak yüzyılımızın başlangıcında adım atılmıştır. Biz, yüzyılımıza gelinceye kadar bu konuda yapılan araştırma ve kurguları kısaca gözden geçirelim.

10.1.1. İLK KURGULAR

Kalıtım üzerindeki ilk kurgular ve varsayımlar Yunan filozoflarından gelmiştir. İleri sürdükleri fikirler bugünkü bilgilerimizin ışığı altında komik görünmesine karşın; kalıtımın gizli güçlerin değil de, belirli mekanik düzeneklerin etkisi altında yürütüldüğünü ileri süren ilk fikirler olduğu için tarihsel önemi vardır.

10.1.1.1. *Pitagor (Pytagoras)*

ISA'dan önce 500 yıllarında yaşamıştır. Çocukların babalarına benzemelerini şöyle açıklamıştır: Eşeysel çiftleşme sırasında vücudun değişik bölgelerinden süzülerek gelen ıslak bir buhar, eşeysel organlarda yoğunlaşarak tohumu meydana getirir

ve buradan da dişinin eşeysel organlarına iletilir. Bu yoğunlaşmış buhar, vücudun tüm parçalarını yeniden meydana getirme özelliğindedir. Embriyo içerisinde bu kısımlar yeniden meydana getirilir. Anneye benzerliği ise, ana vücudu içerisinde gelişmesine bağlanmıştı.

10.1.1.2. *Empedocles*

PITAGOR'la çağdaştı. Tohumun her iki atadan da meydana getirildiğine inanıyordu. Çiftleşme sırasında dişilerde meydana gelen kaygan sıvıyı tohum kabul ederek yanılgıya düşmüştü. Çiftleşme sırasında her iki atanın da değişik vücut parçalarından süzülen bu sıvı, tohum şeklinde eşeysel organlara toplanmaktaydı. Bu tohumların karışmasından embriyo meydana geliyordu. Doğal olarak mikroskopsuz, daha bilimsel bir düşünce ve kurgu düşünülemezdi. EMPEDOKLES çocukların tam olarak ana ve babalarına benzememelerini şöyle açıklamıştır. Çiftleşme sırasında vücudun her parçasıdan tohuma katkı tam olamamaktadır ve her çiftleşmede bu organların katkı oranı değişik olduğu için farklı çocuklar ve kardeşler ortaya çıkmaktadır.

Bugün Anadolu'nun birçok yerinde, erkekteki tohumun göğüslerden süzülerek geldiğine hâlâ inanılmaktadır.

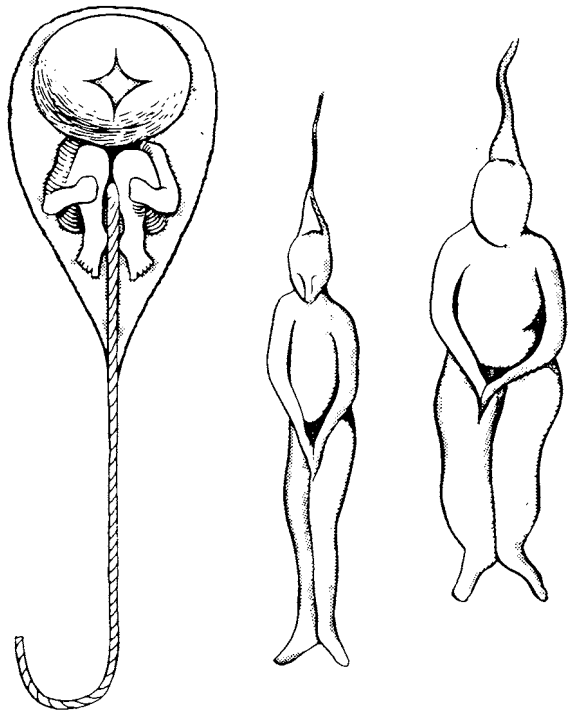
10.1.1.3. *Aristo (Aristotle)*

ARISTO, birçok konuda olduğu gibi, kalıtım konusunda da bazı görüşler ileriye sürmüştür. Fikirleri çoğunluk yüzyıllarca tartışılmadan kabul edilmiştir. Bilindiği gibi ARISTO, ISA'dan 300 yıl kadar önce yaşamıştır. Erkek tohumunun kandan saflaştırılmak suretiyle elde edildiğine inanmıştı. Kanın her organa ulaştığını ve dolayısıyla embriyoda bu organları yeniden yapabilecek bir yapı kazandığını varsaymıştı. Kadında da tohum olduğunu ileri sürmüş; fakat bunun çiftleşme sırasında eşeysel organları kayganlaştıran sıvı değil de, aybaşlarında gelen kanın, tohum olduğunu düşünmüştü. Fakat dişide, tohumun, erkekte olduğu gibi, çok kuvvetli olarak saflaştırılmadığından, kan gibi geldiğini varsaymıştır. Çiftleşme sırasında bu kan (tohum) rahim içerisinde tutulmaktaydı ve erkeğin tohumuyla karışarak bir embriyo halinde çökelmekteydi.

Kanın kalıtımda çok büyük etkisi olduğu fikri 2000 yıl kadar yaygın şekilde kabul edildi. Hatta bugün dahi birçok kişi hâlâ kanın önemini benimsemektedir. Avrupa'da kral ailelerinin kanının mavi olduğu ve halk kanı ile karışmayacağı varsayılmıştır. Birçok hayvan ıslahcısı, damızlık dişilerin bir kere bozuk bir soyla çiftleşmesinde kanının kirleneceğine inanır. Nitekim ülkemizde de bir kan akrabalığının olduğuna inanılır ve çok defa bunlar arasında evlenme dahi olmaz. Bunun yanısıra birçok özelliğin kanla geçtiğine inanılır. Bu nedenle ahlâken düşük olanların soylarına **"Bozuk Kanlı"**; iyi özellikli soylara **"Asil Kanlı"** sözcüğü bilimsel olarak yanlış da olsa kullanılmaktadır.

10.1.1.4. *Aristo Varsayımının Yanlışlığının Saptanması*

WILLIAM HARVEY, 1620 yılında yaptığı denemeler ile ARISTO'nun varsayımlarını sarsmaya başladı. Geyikleri çiftleştirdikten hemen sora öldürerek rahimine baktı ve çökelmiş herhangi bir embriyo taslağı göremedi. Ancak birkaç hafta sonra küçük bir embriyoya rastlanıyordu. Bu, ARISTO'nun yanıldığını göstermekteydi. HARVEY, çiftleşme sırasında sürtünme ile bir mıknatıslanmanın ortaya çıktığını ve bunun da küçük bir embriyonun oluşmasına neden olduğunu savundu. Onsekizinci yüzyılda mikroskop bulununca üreme hücreleri de ortaya çıkarıldı. Erkekte spermanın, dişide yumurtanın olduğu anlaşıldı (Şekil 10.1). Eşey hücrelerinde meydana getirilen spermanın yumurta ile birleşmesinden yeni bir yaşamın ve yeni bir kalıtsal birimin ortaya çıktığı böylece açıklanmış oldu.



Şekil 10.1: Bir zamanlar "Humunculi" denen bir insan minyatürünün sperma içerisinde olduğu varsayılmıştır (Strickberger'den).

10.1.2. PANGENEZİS VE GERM-PLAZMA KURAMLARI

Bu buluşlara karşın, birçok kimse hâlâ vücut parçalarının kalıtıma etki ettiğine inanmaktaydı. Nitekim LAMARK, kazanılmış özelliklerin kalıtıldığını savunuyordu. DARWIN, bu fikri kabul etmişti ve açıklayabilmek için de "P a n g e n e z i s" kuramını ortaya atmıştı. Bu kurama ARISTO'nun fikirleri içinde bir açıklama getiriyordu. Her vücut hücresi kana küçük bir gemmula ya da pangenez verir; bu pangenezler

üreme hücrelerinde toplanır. Her gemmula geldiği vücut parçasını tekrar yapma yeteneğindedir. Bitkilerde bu gemmulalar tomurcuklarda toplanır ve dolayısıyla tomurcuklardan aşı yoluyla veya köklendirmek suretiyle yeni bitkiler elde edilebilir.

DARWIN, bazı ilkel hayvanlarda yitirilen kuyruk ve bacakların, bu gemmulaların yaralı yere toplanmasıyla onarıldığını ileri sürmüştür. Bazı bireylerin ana ve babalarından ziyade dede ve ninelerine benzemelerinin nedenini yine bu gemmulaların bazılarının embriyo oluşumunda görev almadan doğrudan doğruya embriyonun eşey hücrelerine geçerek, bir sonraki dölde etkisini gösterdiğini varsaymıştır.

DARWIN, bu varsayımdaki zayıf ve karanlık noktaları biliyordu. Pangenezis ana ve babadan gelen özelliklerin karışarak intermediyer bir yapı kazandığını savunuyordu. Bu ise çok yararlı bir özelliğin, bu özelliğe sahip olmayan bir bireyle çiftleşmesiyle zayıflayacağını gösterir. DARWIN, 1882 yılında bu sorunun yanıtını öğrenemeden öldü. Halbuki o tarihlerde doğu Avrupa'daki bir kilisede GREGOR MENDEL adlı biri bezelyeleri çaprazlamak suretiyle kalıtımın ana ilkelerini saptamıştı. Hatta 1770 yıllarında, KÖLREUTER, tütün ırkları arasında çaprazlamalar yapmak suretiyle bazı özelliklerin oğul bireye polen ve yumurta ile geçtiğini bulmuştu.

10.1.2.1. *Weismann'ın Germ Plazma Kuramı*

Ondokuzuncu yüzyılın son kısımlarına doğru bir Alman biyoloğu AUGUST WEISMANN, pangenezdeki bazı sorunları aydınlatıcı gözlemler yaptı. Birhücreli canlı formlarında protoplazmanın sürekliliğine dikkati çekmiştir. Çoğunluk, çoğalmada ikiye bölünmek suretiyle her iki bireyde de protoplazmanın sürekliliği sağlanmış olur. WEISMANN, çok hücreli canlılarda da bu protoplazma sürekliliğinin olabileceğini düşünmüştür. Böylece "G e r m P l a z m a K u r a m ı" nı ortaya atmıştır. Buna göre yüksek hayvanların vücudu, vücut dokularını oluşturan "S o m a t o p l a z m a" ve üreme hücrelerini oluşturan "G e r m P l a z m a" dan meydana gelmiştir. WEISMANN, germ plazmanın embriyonik gelişmenin çok erken evrelerinde diğer dokulardan yalıtıldığını; somatoplazmanın oluşumuna katılmadığı gibi, somatoplazmadaki değişimlerden de etkilenmediğini varsaydı.

Germ plazma, bu nedenle döller boyunca akan ve her defasında somatoplazmayı medana getiren; fakat kendisi değişmeden kalan bir sistem olarak kabul edilmiştir. Germ plazma sperma ve yumurta halinde, insan embriyosunu yapmak için birleşir. Embriyonun bir kısmı hemen bir tarafa ayrılarak eşeysel hücreleri meydana getirir ve böylece germ plazma değişmeden gelecek döllere aktarılır. Embriyonun geri kalan kısmı, somatoplazma, gelişerek farklılaşır; somatoplazma germ plazmaya etki etmez. Germ plazma somatoplazmanın üzerinde parazit gibi bulunur.

WEISMANN, bu kuramı doğrulamak için denemeler yaptı. Birçok hayvanın değişik vücut kısımlarını sürekli olarak keserek, yavrularına ne şekilde kalıtıldığını gözlemeye çalıştı. Eğer varsayıldığı gibi vücut hücrelerinden çıkan gemmulalar eşeysel üreme hücrelerine geçiyorsa, kesilen vücut parçalarından gemmula gelmeyeceği için yavrularda da bu eksikliğin ortaya çıkması gerekecekti. Çoğumuzun bildiği bir dene-

mesi çok ilginçtir. Farelerin birçok döl boyunca kuyruğunu kesmesine karşın, yine de meydana getirdiği yavrular kuyruklu oluyorlardı. Sonuçta vücut parçalarında yapılan operasyonların, yavrulara etki ettiğine dair herhangi bir kanıt bulamamıştı. Yirmi iki döl boyunca fare yavrularının doğar doğmaz kuyruklarını kesmekle beraber 23. döl yine kuyruklu doğmuştu. Bu denemeler ile "Kazanılmış Özelliklerin Kalıtımı" varsayımı tümüyle geçerliliğini yitirdi. Bir organizmadaki herhangi bir organ germ plazma ile kesinlikle kalıtsal olarak bağlantılı değildir. Germ plazma, bulunduğu organizmanın vücut hücrelerine bağlı olmaksızın, onların etkisinde kalmaksızın, taşıdığı kalıtsal birimleri gelecek döllere iletir.

Daha sonraki çalışmalar da bu konudaki düşünceleri tümüyle kanıtlamıştır. Kalıtsal değişiklikler için önceden herhangi bir yönlendirmenin olamayacağı, böylece WEISMANN tarafından ortaya konulmuş oldu. Meydana gelen değişikliklerin doğal seçme ile yönlendirildiği ve kalıtsal değişikliğin de mutasyonlarla olduğu HUGO De VRIES tarafından bulunmuştur.

10.1.3. De VRİES'İN MUTASYON KURAMI

HUGO De VRIES, Almanya'da öğrenim görmüş bir Hollandalıdır. 1880 yılında HUGO De VRIES, DARWIN'in ileri sürdüğü fikirleri okudu ve modifikasyonların tüm canlılarda meydana geldiğini savunan düşünceleri ilke olarak benimsedi. Pangenezisi kabul edemedi; fakat türler arasındaki bu büyük varyasyonların nedenini de merak ediyordu. O devirde, Hollandalı lale yetiştiricilerinin, seçme ve çaprazlama ile daha koyu kırmızı lalelerin ıslahını gerçekleştirdiklerini de öğrenmişti. Bu seçme sırasında yeni renkler eklenmemekle beraber, bazen ortaya tamamen değişik renkli laleler çıkıyordu. Bu ani kalıtsal değişikliğin nedeni "Mutasyon" olmalıydı. DARWIN, nadiren ortaya çıkan bu değişik formları "Sport = Hilkat Garibesi" olarak tanımlamış ve evrimde pek önemli olamayacağını düşünmüştü.

De VRIES, mutasyonları doğada araştırmaya başladı. 1886 yılının bir ilkbahar günü öğleden sonra, Hilversum yakınlarındaki bir patates tarlasının civarında yürürken bol miktarda akşam sefası *(Oenothera lamarkiana)* gördü. Bu binlerce bitkinin arasında, bazılarının normal tiplerden sapma göstermesi dikkatini çekti. Bazıları cüce idi, bazılarının yapraklarının şekli değişikti, bazıları çiçeklerinin etrafında çift petal taşıyordu. Bu değişik bitkilerden birer takım alarak bahçesinde sürekli yetiştirmeye başladı. On yıl içerisinde 53.000 kadar bitki yetiştirerek; bunlar arasında saf varyantlar elde etti. De VRIES bunları yeni tür olarak adlandırdı. Açık olan birşey vardı: Bu yeni tipler adım adım değişerek değil de birdenbire ortaya çıkıyorlardı. Bu yeni tip çoğalmak suretiyle kendine benzer bireyleri meydana getiriyordu; geriye, ata forma dönüş gözlenmişti. Ayrıca De VRIES bir şeye daha dikkat etti. Bu yeni formlar yalnız bir özellik bakımından diğerlerinden ayrılıyorlardı. Örneğin, boyu, yaprak ve çiçek şekli, yapraklarındaki damar renkleri vs. Bu gözlem De VRIES'e mutasyona uğrayan kalıtsal birimlerin ayrı ayrı (bağımsız) olabileceğini göstermişti. Literatür çalışmasında, kendinden daha önce bu kalıtsal özelliklerin bulunduğunu gördü. GREGOR MENDEL, bezelyede kalıtsal birimlerin birbirine bağımlı olmadan kalıtıldığını çok önce-

leri bulmuştu. MENDEL'in bu gözleminin yeniden bulunması, 20. yüzyıl genetiğinin akışını değiştirmişti.

De VRIES, buluşunu MENDEL'inkiyle birlikte 1900 yılında yayınladı. Daha sonraları De VRIES'in mutasyon dediği değişikliklerin gerçekte kromozom değişmeleri olduğu anlaşıldı. Fakat, bu kalıtsal birimlerin değişebilirliğini savunan görüşe fazla bir gölge düşürmedi.

10.1.4. MENDEL'İN BULUŞU VE KALITIMIN İLKELERİ

MENDEL, bezelyeler üzerinde yaptığı özenli çalışmalar ile bugünkü genetikçilere önderlik eden kalıtımın ilkelerini bulmuştur. Fakat bu ilkeler çok sonraları yayınlanmıştır (1886). O zamanlar bilim adamlarının kromozomlar üzerinde yeteri kadar bilgileri olmadığından, bu buluş, uzun zaman ilgilerini çekmemiştir. 1876 yılında EDUAR STRASBURGER, mitozun kromozomal ayrıntılarını, 1887 yılında EDUARD VAN BENEDEN, mayozun önemini ve işleyişini ortaya koymuşlardır. Aynı yıllarda WEISMANN, gametlerdeki kromozom sayısının soma hücrelerindeki sayının yarısı kadar olduğunu bulmuştur. Eldeki bu verilere dayanarak kalıtım materyalinin kuramsal olarak kromozomlarda toplandığı tahmin edilmiş ve farklı ataların çaprazlanmasından, özelliklerin önceden tahmin edilen bir oranda yavrulara geçeceği saptanmıştır.

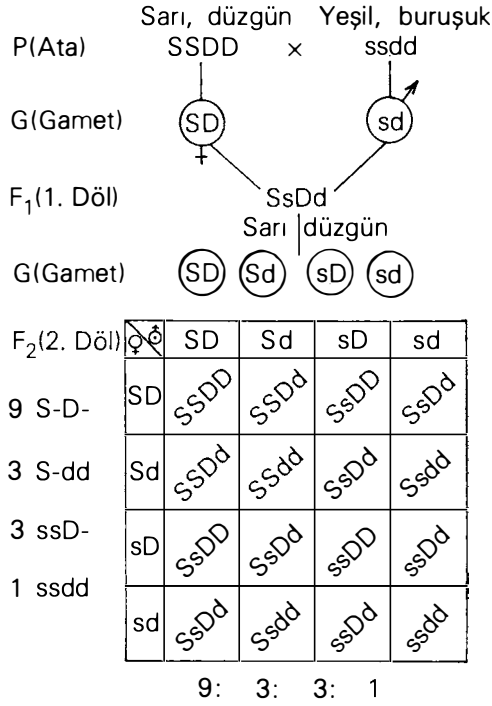
1900 yıllarında bağımsız olarak çalışan üç biyolog, Hollandalı De VRIES, Alman CORRENS ve Avusturyalı Von TSCHERMARK dış özelliklerin (fenomenlerin) saf kan ataların birleştirilmesinde belirli bir oran dahilinde kalıtıldığını ikinci defa buldular. Yaptıkları incelemede bunun daha önce MENDEL tarafından bulunduğu saptanınca önceliği (prioriteyi) MENDEL'e vererek bu yasalara "Mendel Yasaları" ismini verdiler. Eldeki sitolojik ve genetik bilgilerle W.S. SUTTON ve C.E. McCLUNG birbirlerinden haberleri olmadan kalıtsal faktörlerin kromozomlarda toplantığını buldular (1902). MORGAN, 1911'de belirli özelliklerin beraberce kalıtılma eğiliminde olmasından, gen ismini verdiği, lokusların, kromozomlar üzerinde, bir ip üzerindeki boncuklar şeklinde dizildiğini varsaydı.

10.1.4.1. *Mendel'in Buluşu*

GREGOR JOHANN MENDEL (1822-1844) Avusturya'da doğmuş; ömrünün sekiz senesini bugün Çekoslovakya sınırları içerisinde kalan Brünn şehrindeki bir manastırda, papazlığının yanısıra, bezelyeleri çaprazlamak suretiyle geçirmiştir. Yirmi iki çeşit bezelye varyetesi elde etmiştir. Ancak bu sırada kalıtımın temel ilkelerini bulmayı başarmıştır. Bir şans eseri olarak seçtiği bitki ve aldığı özellikler onu başarıya götürmüştür. Çünkü, 1) Tek bir kontra (zıt) özellikle (karekterle) çalıştı (yeşil tohumları sarı tohumlarla, pürtüklüleri düz tohumlarla çaprazladı). 2) Sayısal (kalitatif) çalıştı, meydana gelen tiperi dikkatlice fenotiplerine göre sayıp not etti. 3) Şans eseri olarak öyle bir bitki seçti ki, bu, bitkiler içinde oranları en belirgin ve açık olarak verebilen bezelye bitkisiydi. Eğer MENDEL başka bir bitkiyle ve bezelyedeki diğer özelliklerle çalışsa idi hiçbir zaman bu oranları elde edemeyecekti.

MENDEL, zıt özelliklerde saf ırkları elde ettikten sonra onları çaprazladı. Örneğin, sarı bezelyeleri yeşillerle, üzerleri düz tohumları pürtüklülerle çaprazladı. Elde ettiği bütün tohumlar düz ve sarı renkliydi; üstelik baba ya da ana sarı renkte olsun bu özellik değişmiyordu. O zaman MENDEL, bu zıt özelliklerden bir tanesinin eşeye bağlı olmadan diğerine başat (dominant = baskın) olduğunu anladı. Bezelyelerin çeşitli strain (ırk)'leri üzerinde yaptığı değişik gözlemler onu "Dominantlığın Yasası" genelleştirmesine yöneltti. "Eğer bir özelliğin iki alternatifi (seçeneği) aynı bireyde bulunursa, yalnız bir tanesi kendini tümüyle belli eder". İlk dölde görülen özelliklere "Dominant = Başat = Baskın *özellik*" denir. Zıt özelliklere de "Resessif = Çekinik *özellik*" denir. İki saf ırkın birleştirilmesinden meydana gelen bireylere "First Filial Genaration" anlamına kısaltılmış şekilde F_1 ismini verdi. F_1 bireylerini kendi arasında tozlaştırarak F_2 dölünü elde etti. MENDEL, F_2'de hem başat hem çekinik özelliklerin ortaya çıktığını gözledi. Başat ve çekinik özelliklerin oranı hemen hemen sabitti ve 3:1'e eşitti. F_2'de 5474 yuvarlak bezelyeye karşı, 1850 köşeli bezelye elde etmişti, yani oran yaklaşık 1/3 idi. Bu sonuçtan, MENDEL şunları yorumladı. 1. Kalıtımı etkileyen faktörler birbirinden ayrılabilmektedir. 2. Kalıtım birimleri çift olmalıdır. 3. Gametlerde bu çiftler birbirinden ayrılmalıydılar ve her gamet yalnız bir kalıtım birimini (ünitesini) içermeliydi. Yeşil tohumlar için kalıtım faktörü, sarı faktörün bulunduğu yerde etkisini gösteremiyordu (F_1'de olduğu gibi). F_1'de gamet oluşumu sırasında bu faktörler birbirinden ayrılmaktadır. Eğer yeşil renk meydana getirecek faktörlü iki gamet birleşirse F_2'de yeşil renkli tohumlar görülecektir. Bu birinci MENDEL yasası olarak bilinir: "Ayrılımın Yasası".

Diğer gözlemlerde MENDEL, düz tohumlu sarı bezelye ile pürtüklü yeşil bezelyeleri çaprazladı (Şekil 10.2). F_1'in hepsi düz sarı renkliydi. Bu bitkileri kendi aralarında çaprazladığında F_2'de 4 çeşit kombinasyonun açığa çıktığını gördü. Onları saydığında 315 tane düz-sarı, 108 tane düz-yeşil, 101 tane pürtüklü-sarı, 32 tane pürtüklü-yeşil bezelye tohumu elde edildiğini gördü. Yaklaşık olarak aralarında 3:1 oranı vardı (416 sarı/140 yeşil; 423 düz/133 pürtüklü). Burada tohumların renginin, şekline bağımlı olmadan kalıtıldığı da açıkça anlaşılıyordu. Eğer iki özellik ortak olarak gözönüne alınarak hesapanırsa (sarı-düz) / (yeşil-düz) / (sarı-pürtüklü) / (yeşil-pürtüklü): 9/3/3/1 olduğu görülür. Buna ikinci Mendel Yasası, "Özelliklerin Bağımsız Kalıtımı Yasası" denir. Sonuç olarak, özelliklerin kalıtsal faktörleri bağımsız olarak gametlere aktarılır. MENDEL, bu gözlemlerini 1865 yılında Brünn'de yapılan bir doğa bilimleri toplantısında açıkladı. Bu toplantının sonuçları basılarak Avrupa ülkelerine hatta bazı Amerika kıtası ülkelerine gönderildi. Fakat bu sonuçlar uzun zaman ilim adamlarının dikkatinden kaçtı. Bu sıralarda bu konuda çalışan ilim adamlarının çoğu evrim konusunda uğraşıyorlardı. Bu nedenle evrimin en temel ilkesi sayılan kalıtımın yasaları gözden kaçtı. MENDEL, diğer bazı bitkilerle de melezlemeler yaptı. Fakat bu sırada manastır reisliğine yükseldiği için çabalarını Avusturya hükümetiyle vergi konusundaki mücadeleye yoğunlaştırdı. 1884 yılında buluşunun bilim dünyasını sarsacak nitelikte olduğunu anlayamadan öldü. MENDEL'i genetiğin babası olarak kabul ederek, saygıyla anıyoruz.



Şekil 10.2: MENDEL'in dihibrit çaprazlaması. Sarı, düzgün x yeşil, buruşuk bezelyeleri birbiriyle çaprazlamıştır.

10.2. KALITIMIN KROMOZOMAL ESASI

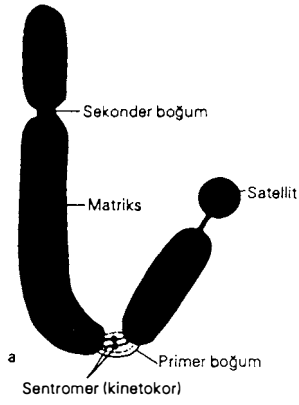
Bitkilerde ve hayvanlarda her tür kendine özgü sabit sayıda kromozom içerir. Kromozomların sayısı mitoz bölünmedeki düzenli ve kesin olaylarla sabit tutulur. Birçok hayvan ve bitkide kromozom sayısı eşittir. Fakat kromozomlardaki kalıtım faktörleri farklıdır.

10.2.1. KROMOZOMLARIN YAPISI (Şekil 10.3 ve 4)

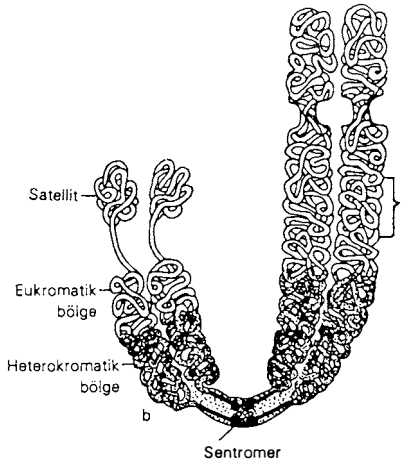
İlk defa 1840 yılında botanikçi HOFMEISTER tarafından *Tradescantia* bitkisinin polen ana hücrelerinde görülmüş ve 1888 yılında WALDEYER tarafından da "K r o m o z o m" ismi verilmiştir.

Hiçbir zaman yeniden yapılmazlar ya eskiden varolan kromozomun bölünmesinden ya da tamamlama sentezleri ile yapılırlar. Yaşamın sürekliliği kromozomların devamlılığına dayanır. Her canlıda kromozomların şekli farklı olmasına karşın, aynı türde aynı kromozomiarın şekilleri birbirine benzerdir.

Örneğin, 3. kromozom bir türde aynı şekle sahip olmasına karşılık, aynı türde 3. ile 8. kromozomların şekilleri birbirinden farklıdır. Sayıları, türden türe farklı olur. Sayısı ile organizasyon derecesi arasında herhangi bir bağlantı yoktur. Küçük bir kro-



Şekil 10.3:
Kromozomun dış görünüşü (Cireli'den).



Şekil 10.4: Kromozomun iç yapısı (okla gösterilen kısmı Şekil 10.6'da verilmiştir) (Kühn'den).

mozom daha fazla gen taşıyabilir. Örneğin, *Ascaris megalocephala univalens*'de 2n = 2 (bilinen en az sayıda kromozom taşıyan canlı), *Drosophila melanogaster*'de 2n = 8, insanda 2n = 46, keçide 2n = 60, bir tür istakozda 2n = 200, *Ophyoglossum vulgatum* (bir çeşit eğrelti otu)'da 2n = 500 (canlılar arasında bilinen en fazla kromozom sayılı bitki) kromozom vardır. Normal vücut hücreleri anadan ve babadan gelen birer kromozom takımına sahiptir. Ana ve babadan gelen eş kromozomların şekilleri ve büyüklükleri (eşey kromozomları hariç) birbirine eşittir. Bu çift kromozom takımı bütün vücut hücrelerinde bulunur. Böyle hücrelere "S o m a t i k H ü c r e l e r" adı verilir. Kromozom sayısı bakımından da "D i p l o i t"tir denir ve 2n ile gösterilir. Fakat eşey hücrelerinde, ergin gametlerde ve bazı ilkel canlıların bütün hayat devrelerinde (yalnız zigot halinde diploit) kromozomlar eşlerinden yoksundur. Partenogenetik çoğalan bazı hayvanlarda, örneğin, erkek arılarda, vücut hücrelerinin kromozom sayısı dişilerinin somatik hücrelerindekinin yarısı kadardır. Ya erkek ya da dişi eşey kromozomunu bulunduranlara "G e r m i n a t i f H ü c r e l e r" denir. Eşi olmayan kromozomlara da "H a p l o i t" denir ve "n" simgesiyle gösterilir. Kromozom sayısı sabit olmakla beraber bazı özelleşmiş hücrelerde örneğin, böceklerin, özellikle bazı sineklerin tükrük bezlerinde bu sayı 2n'nin katları şeklinde bir artış gösterir. Burada kromozomlar çekirdek zarı parçalanmaksızın çoğalırlar. Buna "E n d o m i t o z i s" ve kromozom durumuna da "P o l i p l o i d i" denir. Çekirdek büyüklüğü kromozomların miktarına bağlı olduğundan, poliploidide çekirdek hacminde büyüme görülür.

Normal bir hücrede kromozomlar gözükmez. Profazın başlangıcından başlayarak gittikçe yay şeklinde kıvrılan ve kalınlaşan ince kromatin ağı şeklindedir. Sonunda türlere özgü kromozom şeklini alıncaya kadar kıvrılma devam eder. *Dinoflagellata*'da kromozomlar her zaman gözükür. Çünkü bunlarda çekirdek zarı yoktur ve DNA bazik proteinlere bağlı değildir. Bu tip hücrelere "M e z o k a r y o t i k"

hücreler denir. Bir kromozomu kaba taslak dıştan incelemeye başlarsak şu kısımlar (Şekil 10.3 ve 4) görülür: Aralarında genel olarak açı bulunan iki koldan oluşur. Kollar, primer boğumla birbirinden ayrılmıştır, buna "Sentromer" **(= Kinetokor)** denir. İki kolu birbirine eşit olan kromozomlara **"Metasentrik"**, eşit olmayanlara ise **"Submetasentrik"** denir. Bir kollu gibi görünen kromozomlara da **"Akrosentrik"** (bunların sentromeri kromozomların ucundadır) (Şekil 10.5) kromozomlar denir. Bazı hayvan grupları bu üç tipten yalnız birine sahiptir. Örneğin amfibiler yalnız metasentrik kromozomlara sahiptir.



Şekil 10.5: Sentromerin yerine göre kromozom tipleri.

Kromozomlar üzerinde bu primer (birincil) boğumlardan başka, sekonder (ikincil) boğumlar da bulunabilir (Şekil 10.3 ve 4). Bazen (genellikle) kromozomun uç kısmında uydu "Satellit" denilen yuvarlak ya da uzunca bir yapı bulunur. Uydu, kromozoma ince bir kromatin ipliğiyle bağlıdır. Bu tip kromozomlara SAT kromozomlar denir. Sentromerler kromozomların iğ ipliğine takılmasını sağlar. Sentromeri olmayan bir kromozom bölünmeye katılamaz ve tasfiye olur. Bu boğulma yerlerinde bulunan genler, rRNA'ları ve dolayısıyla çekirdekcikleri organize ederler. Bu genler çok defa yüzlerce kopya halinde bulunur ve buna **'Gen Amplifikasyon'**u ya da **'Redunanz'** denir. Kromozomların uçlarına da "Telomer" denir.

Kromozomun (İnsanda) İnce Yapısı: Çözülmüş DNA'nın uzunluğu, bölünmekte olan hücredeki paketlenmiş kromozomlardan yaklaşık 100.000 defa daha fazladır. İnsan kromozomlarının ağırlığı, kabaca, DNA ve kromozomdaki proteinlerin toplamına eşittir. DNA'nın **"Histonlar"** olarak bilinen kromozomal proteinlerle olan bağlantıları, tamamen yoğunlaşmış kromozomlar içinde DNA'nın inanılmaz derecede sıkıca paketlenmesini sağlar (Şekil 10.6).

Bölünmeyen hücrelerde, çekirdek, kromatin olarak bilinen, kaba ve şekilsiz bir granüler materyal içerir. Kromatin, elektronmikroskop altında incelendiğinde, 0.3-0.5 mμ çapında boncuk dizisi gibi belirli bir yapıya sahip olduğu görülür (Şekil 10.6). Bu kromatin ipliğine çok defa **"Kromonema"** denir. Kromonemalar, bölünme evresine girmiş kromozomlarda, **"Matrix"** denen, proteinlerden yapılmış amorf bir madde içerisinde bulunur. Bölünmelerin haricinde, kromatin iplikler çözünmüş olarak bulundukları için, ışık mikroskopunda görülmezler. Kromatinlerin her bir boncuğuna **"Nucleosom"** (eski adlandırılması ile **Kromomer**) denir. Nukleozom, dört farklı histon çeşidinin her birinden ikişer adet molekül içeren bir nukleozom çekirdeğinden ve bunun üzerinde bir çember gibi sarılı olan DNA'dan oluşur (Şekil 10.6/n). Şekil 10.6/n'de görüldüğü gibi DNA, nukleozom çekirdeğinin

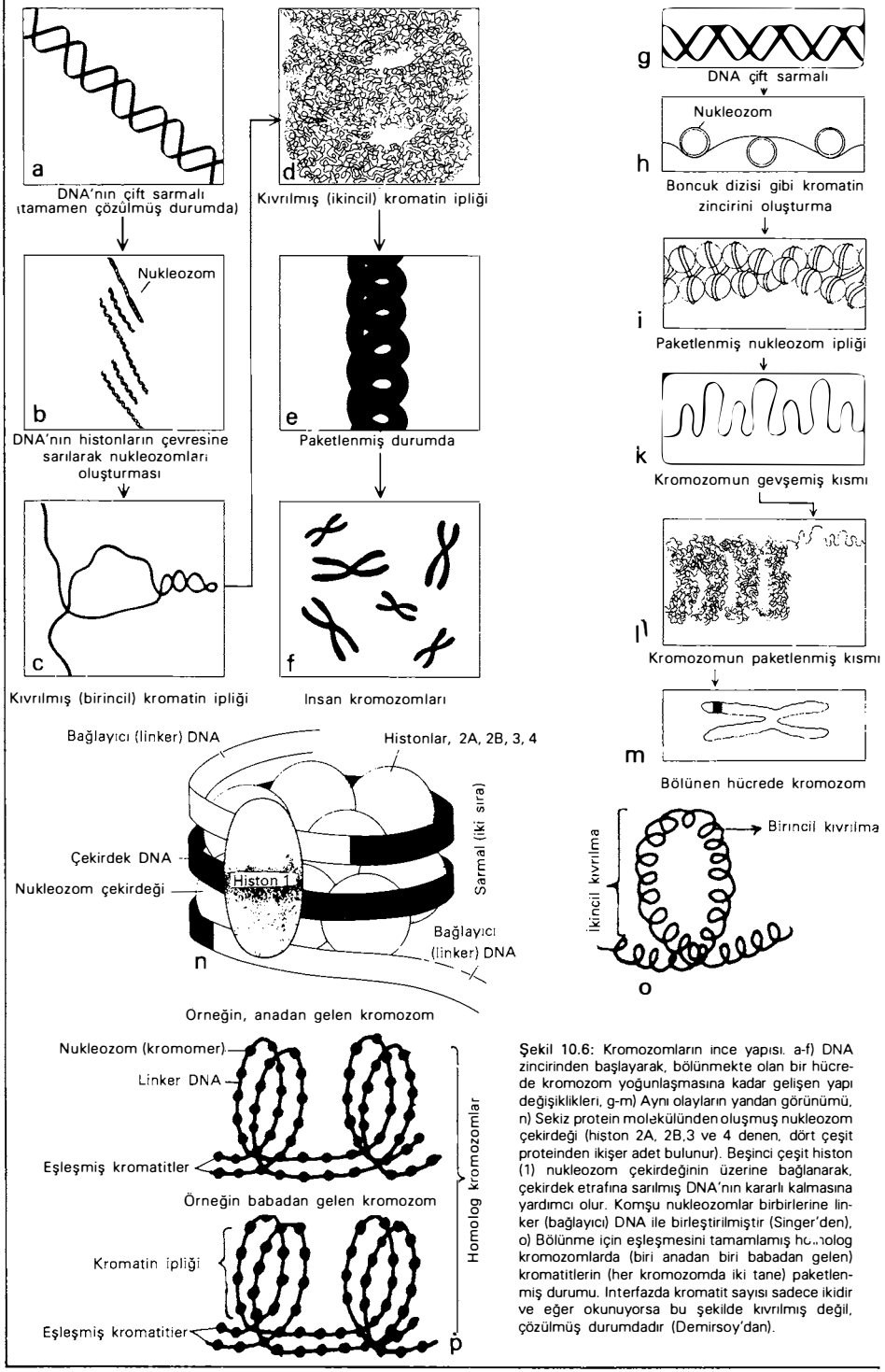
etrafında tam olarak iki defa dönmüştür. Nukleozomlar birbirlerine **"Linker DNA = Bağlayıcı DNA"** denen çok uzun olmayan bir DNA zinciri ile bağlanmışlardır. Beşinci çeşit histon, nukleozomun dış yüzünde yer alır ve muhtemelen nukleozomun kararlı kalmasını ve DNA'nın bulunduğu yere sabitleştirilmesini sağlar.

DNA'nın nukleozom etrafında dönen kısmı yaklaşık 200 baz çiftinden oluşmuştur ve bunun da yaklaşık 1/6'sı sarılmadan durur. Eğer hücreler bölünmeleri sırasında incelenirlerse, kromozomların bölünmeye yaklaştıkça yoğunlaştıkları görülür. Bölünen hücrelerdeki DNA'nın ve proteinlerin bu denli sıkı paketlenme mekanizmaları tam olarak bilinmemektedir; fakat birincil ve ikincil kıvrılmaların bu yoğunlaşmada önemli olduğu açıktır (Şekil 10.6/a-m).

Kromatinin yoğunlaşma derecesi, yapısal ve regulatör genlerin ürün verme derecelerinin göstergesidir. Çeşitli kanıtlar, kıvrılmamış, yani çözülmüş kromatindeki genlerin, yoğunlaşmış kromatindeki genlerden çok daha fazla okunduklarını göstermektedir. Kadınlarda çok sıkı paketlenmiş X kromozomlarından biri **(Barr Cisimciği),** kalıtsal olarak işlevsizdir; nitekim homoloğu olan, çözülmüş ve uzamış olan ikinci X kromozomu yüzlerce okunabilir durumda gen taşır. Hücre bölünmesinden önce kromozomlar gittikçe yoğunlaşırken (anafazda en yoğun durumuna ulaşır), bazı kromozomların bazı bölgelerinin diğer kısımlardan daha fazla yoğunlaştığı görülür. Boyama ile, belirli evrelerde, belirli yoğunlaşma (kondensasyon) bölgeleri taşıyan kromozomlar gösterilebilir. Özel boyama teknikleriyle bir kromozom üzerinde açık (az yoğunlaşmış bölgeler = **Eukromatik Bölgeler**) ve koyu (çok yoğunlaşmış = **Heterokromatik Bölgeler**) bantlar şeklinde görülen kromatin kısımları saptanır. Her kromozomdaki bantların konumu kendine özgüdür ve bu bantlaşmanın incelenmesi, genetik programın aydınlatılması için çok önemli sonuçlar verir. Her ne kadar bölünmekte olan hücrelerdeki kromozomların açık renkli bantlarındaki kromatin, koyu renkli olan kısımlardakine (yani çok sıkı paketlenmiş) göre nisbeten daha çok okunabilen gen taşırsa da, bölünme olayının ilerlemiş evrelerinde, kromozomun hiçbir kısmında artık gen okunması meydana gelmez. Çünkü paketlenme en üst düzeyine ulaşır. mRNA'ya tercüme, yalnız, bölünme döngüsüne girmemiş hücrelerdeki, kısmen gevşemiş kromatin kısımlarında gerçekleşir.

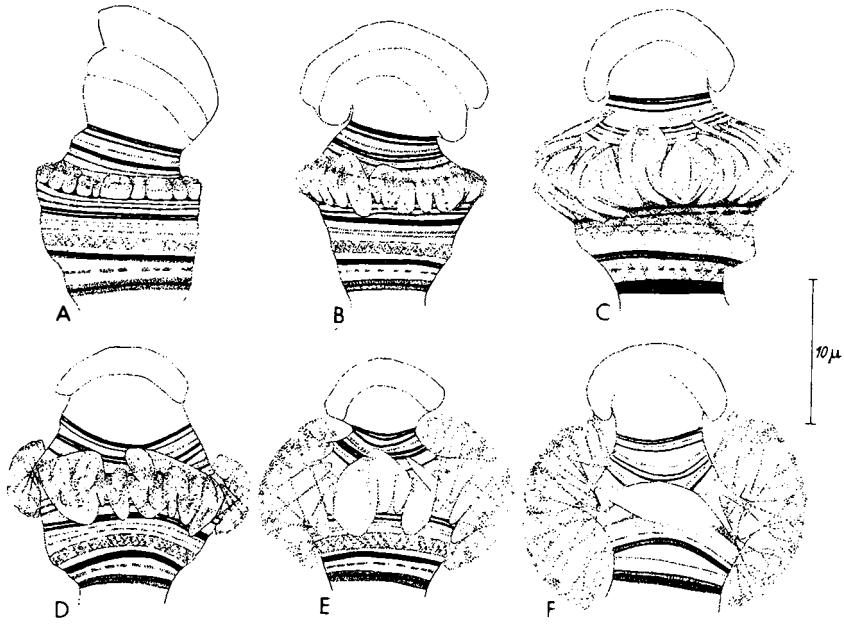
Histonlar, üç çeşit kromozomal proteinden ancak bir grubudur. Diğer ikisi yapısal ve regülatör proteinlerdir. Histonları alınan kromozomun şekli bozulmaz; çünkü şekli oluşturan yapısal proteinlerdir. Çıplak DNA sarmalları bu yapısal proteinlere tutunurlar. Regülatör proteinler en az bilinen gruptur: Büyük bir olasılıkla DNA'nın çift sarmallarını ya da DNA'nın en azından yapısal ve regülatör genlerini içeren kısımlarını tümüyle örterek kapatırlar ve böylece okunmalarını önlerler. Kromozomal regülatör proteinlerin etkisini, gelişme süreci içerisinde, belirli bir zamana ve sıraya göre gösterdiği ve böylece organizmadaki yapıların bir zaman dizisi içerisinde ortaya çıktığı bilinmektedir.

Dev kromozomların incelenmesi (sineklerin tükrük bezlerinde, Malpiki kanalındaki hücrelerde ve bazı yağ dokularında) oldukça önemli bilgiler vermiştir. Çünkü



Şekil 10.6: Kromozomların ince yapısı. a-f) DNA zincirinden başlayarak, bölünmekte olan bir hücrede kromozom yoğunlaşmasına kadar gelişen yapı değişiklikleri, g-m) Aynı olayların yandan görünümü, n) Sekiz protein molekülünden oluşmuş nukleozom çekirdeği (histon 2A, 2B,3 ve 4 denen, dört çeşit proteinden ikişer adet bulunur). Beşinci çeşit histon (1) nukleozom çekirdeğinin üzerine bağlanarak, çekirdek etrafına sarılmış DNA'nın kararlı kalmasına yardımcı olur. Komşu nukleozomlar birbirlerine linker (bağlayıcı) DNA ile birleştirilmiştir (Singer'den), o) Bölünme için eşleşmesini tamamlamış homolog kromozomlarda (biri anadan biri babadan gelen) kromatitlerin (her kromozomda iki tane) paketlenmiş durumu. Interfazda kromatit sayısı sadece ikidir ve eğer okunuyorsa bu şekilde kıvrılmış değil, çözülmüş durumdadır (Demirsoy'dan).

endomitozis ile kromozomlar binlerce defa bölünmesine karşın, yavru kromonemalar yan yana kalmakta ve bu suretle kuvvetli boyanan DNA bantları meydana gelmektedir (Şekil 10.7). Biz dev kromozomları haploit olarak kabul ediyoruz. Çünkü ana ve babadan gelen kromozom çifti bunlarda birbirine kaynaşmış durumdadır. Mutasyonların gösterilmesinde önemli rol oynarlar. Çünkü haploit olduğundan çekinik genler dahi etkisini fenotipte gösterebilecektir.



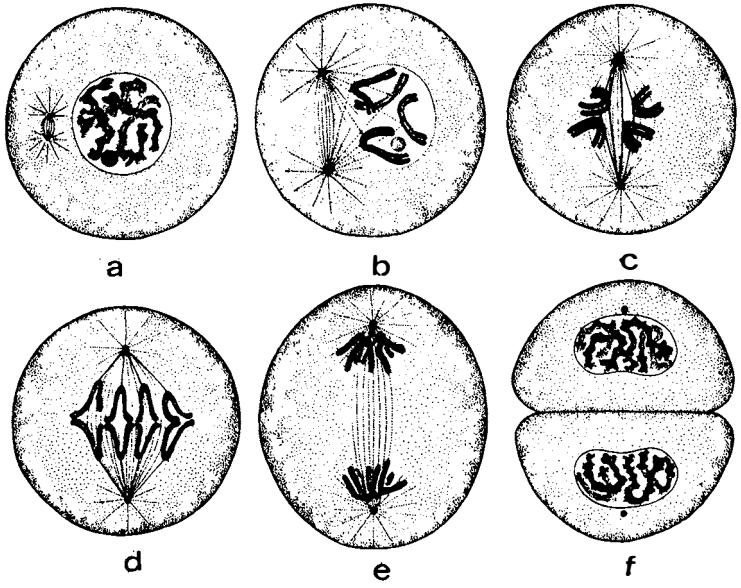
Şekil 10.7: Poliploidi, *Chironomus*'ların tükrük bezindeki politen kromozomların görünüşü. Şişkin kısımlarda (puf), kimyasal ve otoradyografik testlerle, büyük miktarlarda RNA olduğu gösterilmiştir.

Dev kromozomların özel bir durumunu yumurta sarısı bakımından zengin olan balık, amfibi, sürüngen ve kuşlarda görüyoruz. Mayoz bölünmenin profaz evresinde, homolog kromozomlar lamba şeklinde dizilirler (Şekil 11.83).

Kromozomların döller boyunca sabit tutulması, gamet oluşumu sırasında, homolog kromozomların ikiye ayrılması ve yalnız bir tanesinin gametlere verilmesiyle mümkün olur. 2n sayısı döllenme ile tekrar sağlanır. Her kromozom içerisinde bir ya da birkaç özelliği kontrol eden birçok gen vardır. Her gen belirli bir yerde bulunur; bu yere lokus denir (çoğul loki). Her hücrede aynı kromozomdan bir çift bulunduğundan aynı özelliğe etki eden genler de çift (en azından) halde bulunur (Y kromozomunda bulunanlar hariç). Kromozomlar birbirinden ayrılırken genler de buna uygun olarak ayrılır. Genler, kromozomların içinde bir doğrultu üzerinde dizilmişlerdir. Homolog kromozomlarda aynı genler aynı yerlerde bulunurlar. Dolayısıyla mayoz esnasında sinapsis yapan kromozomlar, noktası noktasına kavuştuklarından homolog genler tamamen birbirlerinin karşısına gelirler.

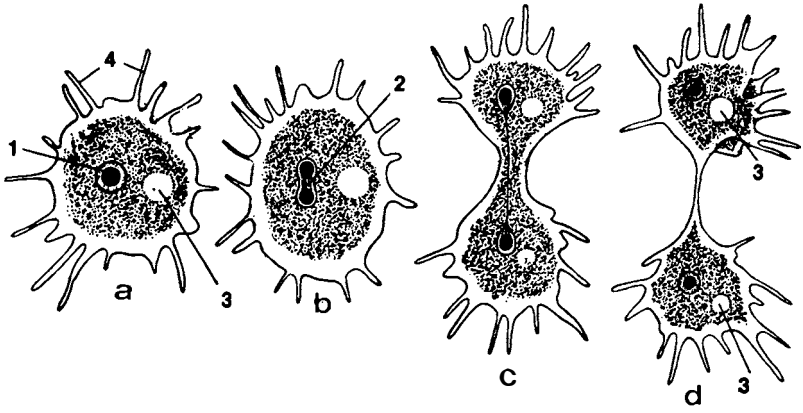
10.2.2. MİTOZ BÖLÜNME (Şekil 10.8)

Hücre,büyüklük bakımından belirli bir limite ulaştığı zaman, kuramsal olarak ikiye bölünmesi gereklidir. Çünkü hücre genel olarak bir küre şeklinde düşünülürse, büyümede hacim/yüzey orantısı r^3/r^2'dir. Yani hacim yarıçapın küpüyle büyürken, yüzeydeki büyüme yarı çapın karesine bağımlı kalır ve bir zaman sonra hücrenin yüzeyi gerek besin alışverişini gerek artık maddelerin atılımını ve gerekse gaz alışverişini bütün hücreye sağlayamayacak duruma gelir ve hücre yüzeyini büyültebilmek amacıyla bölünmeye başlar. Ayrıca büyüyen hücrede sitoplazma çekirdek oranı büyüdüğünden ve çekirdeğin etki alanı sınırlı olduğundan bu durum hücreyi ölüme sürükleyebilir, dolayısıyla hücreyi bölünmeye zorlar. Bu bölünme, büyümeyi, rejenerasyonu ve dokuların yenilenmesini sağlar. Hatta bölünecek büyüklüğe ulaşan *Amip*'in protoplazmasından bir miktar kesersek bölünme durur ve hayvan tekrar büyümeye başlar. Bu çalışma sonsuz olarak devam ederse, hayvan bölünmeden hayatta kalabilir. Birhücreli canlılarda mitoz aynı zamanda üremeyi sağlamaktadır. Canlıdan canlıya ve aynı bireyde dokular arasındaki hücrelerin mitozla bölünme hızı tamamen farklıdır. Örneğin bağırsak mukozası, epidermis, kan hücreleri sürekli değişmesine karşılık diğer dokular belirli zamanlarda, sinir ve retina hücreleri ise doğumdan sonra hiç bölünmez.

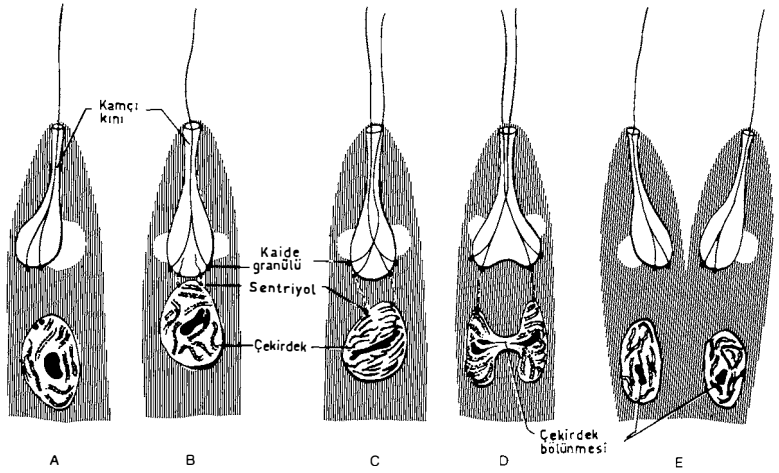


Şekil 10.8: Mitoz. a) Profaz (çekirdek içerisinde kromozomlar görünmeye, kardeş sentriyoller birbirinden ayrılmaya başlar), b) Prometafaz (iğ iplikleri iyice belirlenmiş, çekirdek zarı parçalanmaya başlamıştır), c) Metafaz (kromozomlar iğ ipliği üzerinde ekvatoryal düzlemde dizilir), d) Anafaz (kromozomlar ekvatoryal düzlemde birbirinden ayrılmaya başlar), e) Anafaz (kromozomlar kutuplara çekilmiş), f) Telofaz (kromozomlar etrafında çekirdek zarı oluşmuş, iğ iplikleri kaybolmuş ve sitoplazma ikiye bölünmüştür) (Kühn'den).

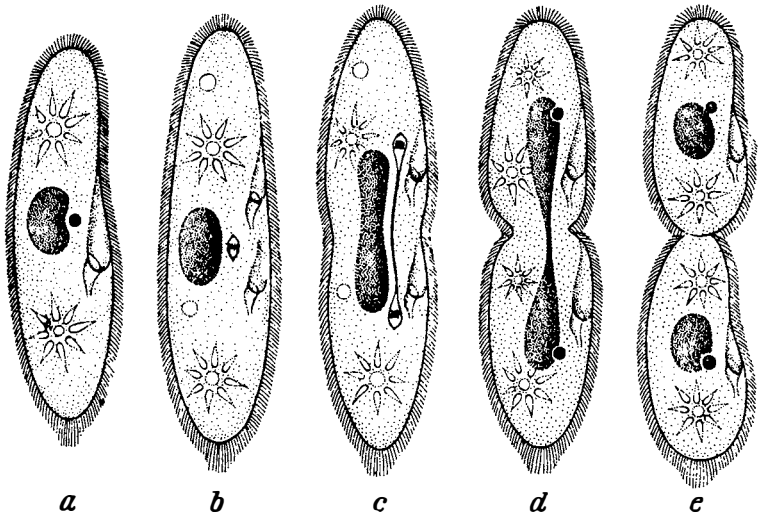
Mitoz bölünmede amaç ana hücredeki kalıtım materyalinin eşit şekilde yavru hücrelere taksimidir. Birhücrelilerdeki amitoz (Şekil 10.9, 10 ve 11) bölünmede, hem iğ iplikleri işe karışmaz hem de kalıtım materyali büyük bir olasılıkla eşit olmayan şekillerde yavrulara verilir (üreme konusuna bkz. !). Mitoz bölünme sürekli bir olay olmasına karşın incelemede kolaylık olsun diye onu evrelere bölerek inceleyeceğiz. Dinlenme sırasında, kromozomlar boyanmaz, DNA miktarı 2n'dir (G_1- E v r e s i). Daha sonra DNA kendini eşler, DNA miktarı 4n'dir. İnce kromatit iplikleri şeklinde boyanırlar (S - E v r e s i). Üçüncü evre koyu boyanan kromozomlara sahip, 4n'li (G_2 - E v r e s i)'dir. Son evre ise mitoz bölünmenin gerçekleştiği ve kromozom sayısının 2n'e indiği (M - E v r e s i)'dir.



Şekil 10.9: Bir kökbacaklının *(Amoeba polypodia)* bölünmesi. 1. Çekirdek, 2. Çekirdek bölünmesi, 3. Vurgan koful, 4. Yalancı ayaklar (Kühn'den).



Şekil 10.10: Bir kamçılıda *(Euglena)* eşeysiz bölünme. A) Sentriyol bölünmüş, B) Her sentriyol yeni bir kaide granülü ve kamçı üretir; çekirdek profazdadır ve vurgan koful ikileşmiştir, C) Kamçının eski kökleri birbirinden ayrılır ve yenileriyle birleşirler, D) Çekirdek ve kamçı kını birbirinden ayrılmaya başlar, E) Organellerin ikileşmesinden sonra, ön tarafta boyuna bölünme başlar (V.-W.- Barnes'den).



Şekil 10.11 : Sillilerin *(Paramecium)* enine bölünmesi. a) Hayvanın bölünmeden önceki durumu, b) Küçük çekirdek bölünür; sitostom, ön ve arkadaki vurgan kofullar ikileşir, c) Küçük çekirdeğin bölünmesi ilerler; büyük çekirdek bölünmeye başlar, d) Büyük çekirdeğin bölünmesi hemen hemen tamamlanır; plazma bölünmeye başlar, e) Yavru hayvanlar oluşur (Kühn'den).

10.2.2.1. *Hazırlık Evresi (S - Evresi)*

İnterfaz sırasında olur, başlıca değişiklikler şunlardır :

10.2.2.1.1. Kromozomlar kendi eşlerini meydana getirir (moleküler kalıtım konusuna bkz. !); sentromerler çift hale gelmeye başlar. Hücredeki DNA miktarı iki katına çıkarken (S - *evresi*), DNA kromatitler halinde düzenlenir. Bugün hala yeni kromatitin tamamen yeni mi oluştuğu, yoksa ana kromozomdan da bazı DNA segmentleri alıp almadığı tam bilinmemektedir. Fakat her durumda oğul bireylerin kromozom yapısı, şekli ve miktarları aynıdır.

10.2.2.1.2. İnterfazda sentriyoller birbirine dik çubuk şeklinde iki takım halindedir (Şekil 10.17). Bölünme sırasında, kromozomlar kendilerini eşlemeden önce, ikiye bölünerek kutuplara doğru giderler ve hücre bölündükten sonra sentriyoller kendilerini eşleyerek tekrar çift hale geçerler.

10.2.2.1.3. İğ ya da aster ipliklerinin oluşumu. Bölünme sırasında metabolizma işlevleri çok düşük olduğundan iğ iplikleri için gerekli proteinler ya daha önce sentez edilir ya da hücredeki bazı maddelerin yıkımıyla elde edilir. Fakat her durumda, interfazın sonunda iğ iplikleri hazırdır.

10.2.2.1.4. Bölünme sırasında metabolizma olmadığından, bölünme için gerekli enerji, yani ATP hücrede hazır olmalıdır.

Mitoz bölünmenin başlangıcını saptamak olanaksızdır. Fakat hücrede bazı değişiklikler olur; hücre içeriği gel haline geçer, metabolizma durur, çekirdeğin hacmi hızla büyür. Kromatit iplikleri belirginleşir ve boyanmaya başlar.

10.2.2.2. *Bölünme Evresi (M - Evresi)*

Profaz, metafaz, anafaz ve telofaz diye 4 evreye ayrılır.

10.2.2.2.1. *Profaz* (Şekil 10.8/a)

İlk evrelerde ince uzun kromatit iplikleri şeklinde görünen kromozomlar, yavaş yavaş helozoni şekilde kıvrılarak kalınlaşmaya başlar ve görülebilir duruma geçer. Kalınlaşma birkaç türlüdür. Bu ipliklere fosfolipitler ve RNA katıldığından kalınlaşma sağlanabilir; fakat işleyişi tam olarak bilinmemektedir; belki de DNA'nın helezon yapma eğiliminden ileri gelmektedir. Bu kalınlaşma ve kısalma anafaza kadar devam edebilir ve eş kromozomlar birbirlerine o kadar sıkı bağlanırlar ki birbirlerinden ayırmak olanaksızdır. Bu yapışmanın ve kısalmanın nedeni, kromozomlar birbirlerinde ayrılırken, bir karışmaya meydan vermemesi için olduğu varsayılmaktadır. Profazın sonuna doğru iğ iplikleri ile kromozomlar arasında bağlantı kurulurken, sentriyollerden hücre zarına uzanan iğ iplikleri de oluşur. Profazın sonuna doğru çekirdek zarı kaybolarak kromozomlar sitoplazma içerisine dağılır. Fakat endomitoz bölünme gösteren hücrelerde, özellikle poliploidi yapan hücrelerde, aster iplikleri büyük bir olasılıkla çekirdek içinde oluştuğundan, çekirdek zarı kalır ve kromozomlar bölündüğü halde sitoplazma bölünmez (poliploidiye bkz. !). En son evrede kromozomlar ekvatoryal düzlem üzerine gelir; burada düzlem ile kutuplar arasında ileri geri hareket ederek, kardeş kromozomların birbirinden ayrılmasını sağlarlar ve her bir kardeş kromozom bir kutba gidecek şekilde dizilip, iğ ipliklerinin kontrolü altına girdikten sonra profaz biter. İğ iplikleri kontraktil özellik gösteren proteinlerden yapılmıştır.

10.2.2.2.2. *Metafaz* (Şekil 10.8/b, c)

Kromozomlar çok kere bir çember gibi, bazen de karışık olarak ekvatoryal düzlem üzerinde dizilirler. Genellikle küçük kromozomlar merkezde, büyük kromozomlar çevrededir. Diziliş türlere özgü bir özellik gösterir. Kromozomlar eşit olarak kutuplara çekileceğinden, ortada bir dengenin kurulmasına kadar beklenilir. Profaz 30-60 dakika sürmesine karşılık metafaz ancak 2-6 dakikadır. Mitokondriler iğ ipliklerinin dış kısmına atılır. Her bir kromozomun sentromeri belirgin olarak ikiye bölünür, kromatitler tam olarak birbirinden ayrılır. İğ ipliklerinin esnekliği ve gel halinde oluş, RNA'nın özellikle protein ve lipitlerle olan polimerizasyondan ileri gelir.

Metafaz sırasında, nukleolus (çekirdekcik) içindeki ipliğimsi yapı (nukleolonema) kromozomlarla sıkı bir ilişki kurar. Bu yapının uzunluğu bu evrede artar. Bunun da kendini eşlediği sanılmaktadır. Çünkü her kromatidin kendisine bağlı bir nukleolonema dizisi vardır.

10.2.2.2.3. *Anafaz* (Şekil 10.8/d, e)

Kardeş kromozomların ayrılması bu evrede olur. Bütün kromatitlerin sentromerleri aniden bir sıçrayışla birbirinden ayrılır. Kutuplara gittikçe hız azalır; giderken sentromer önde, kromozomun kolları arkadadır. Kromatitler birbirinden ayrıldıktan sonra kardeş kromozomlar olarak adlandırılırlar. Kardeş kromozomların arasındaki bazı maddelerin su alarak şiştiği ve bu suretle birbirinden ayrıldığı sanılmaktadır. Kutuplara doğru çekilme ise, ya kontraktil olan iğ ipliklerinin boylarının 1/5 oranında kısalması, ya da merkezdeki iğ ipliklerinin kütlesinin artması ile olur. Sentromerler de iğ iplikleri üzerinde kaymaya yardım ederler; çünkü X ışınları ile tahrip edilen sentromerlerin kromozomları kutuplara gidemez. Kardeş kromozomlar kutuplara ulaştığı anda anafaz bitmiştir. Bu süre 3-15 dakika kadar sürer.

10.2.2.2.4. *Telofaz* (Şekil 10.8/f)

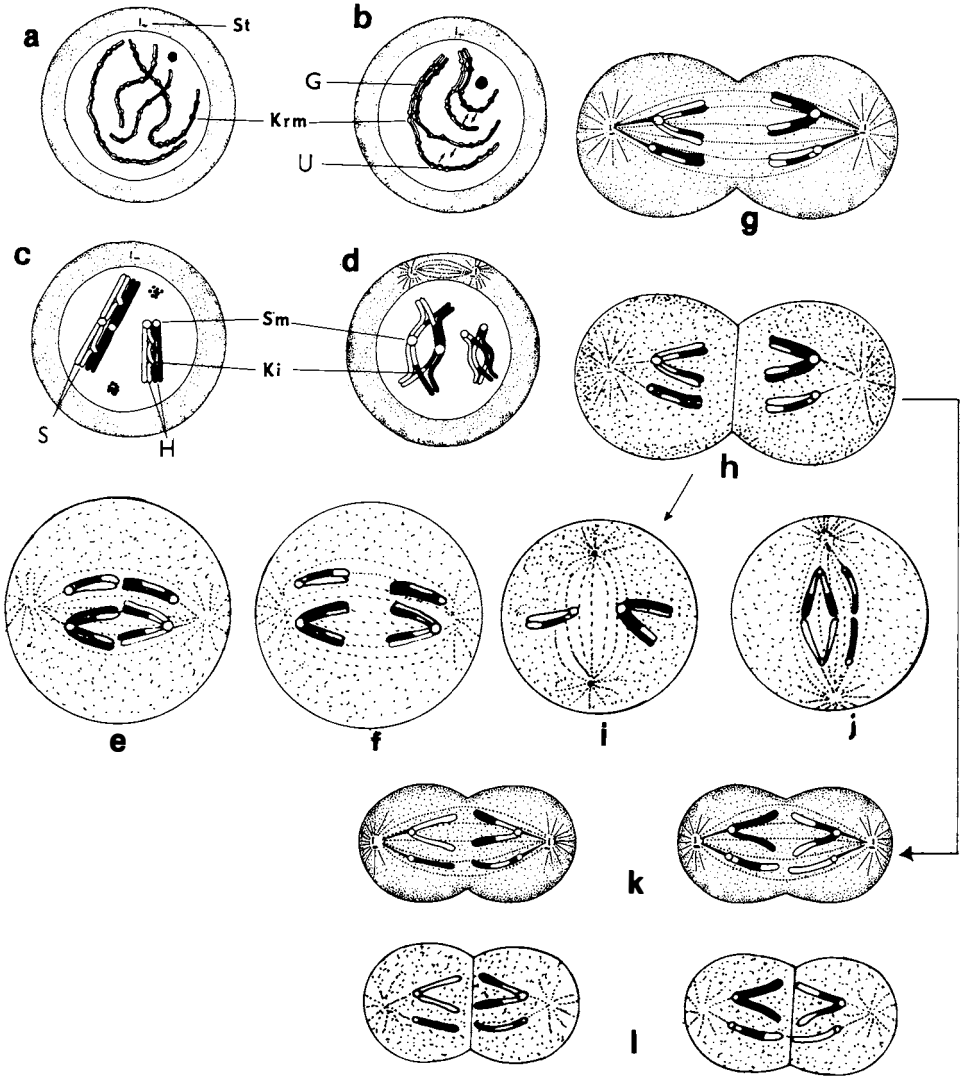
Kromozomlar daha az boyanmaya başlarlar. Herhalde bu evrede kromozomların helezonları çözülerek interfazdaki durumunu yeniden kazanır. Bu arada merkeze doğru bir madde hareketi başlar; tahminen, bu, granüler endoplazmik retikulumdur. Çekirdek zarı yavaş yavaş oluşur. Çekirdekçik, kromozomlara bağlı nukleolonemaların kalınlaşması ve kısalması sonucu tipik bir boğum halini alır ve bunun etrafını da amorf (şekilsiz) bir maddenin sarmasıyla yeniden meydana gelir.

10.2.2.2.5. *Sitoplazmanın İkiye Bölünmesi (= Sitokinez)*

Telofazda başlar ve çekirdekler oluştuktan sonra bir süre daha devam eder. Bazen sitoplazma bölünmez; buna **"Syncytium"** denir. Hatta bazen, soğuk, sallanma ve kimyasal maddelerle, özellikle *Colchium* (kar çiçeği)'dan çıkarılan **"Colchisin"** maddesiyle iğ ipliklerinin bir tarafını tahrip etmek mümkündür. Bu durumda kromozomlar, tek taraflı iğ ipliği olduğundan **(Monoaster)** bir tarafa gider **(Poliploidleşme)**. Sitoplazmanın bölünmesi, ekvatoryal düzlem üzerinde ve iğ ipliklerine dik olarak başlar. İğ iplikleri ile ilişkisi olduğu bir gerçektir. Bölünmenin başlangıcında bölünecek yer saptanmıştır. Çünkü iğ iplikleri çıkarılsa dahi bölünme devam edebilir. Diğer görüşlere göre, hücre zarı ekvatoryal düzlemde içe doğru uzanmaktadır. Bazılarına göre, sitoplazma, bölünme düzlemi üzerinde gel haline geçerek iki oğul hücreye ayırmaktadır. Fakat bunların hiçbirisinin tam anlamıyla inandırıcı kanıtı yoktur. Telofazın başlangıcından hücrenin bölünmesine kadar 30-60 dakika geçer. Konunun da başlangıcında sözünü ettiğimiz gibi mitozun süresi dokudan dokuya ve yaşa bağımlı olarak değişebilir. Örneğin, bir insan kanındaki alyuvarları düşünürsek, kırmızı kemik iliğinde her bir saniyede mitozla 10.000.000 alyuvar meydana getirilmektedir. Hiç bir destekleyici kanıt olmamasına karşın, bazı araştırıcılar mitozun "bir **Hücre Bölme Hormonu**" etkisi altında meydana geldiğini savunmaktadırlar.

10.2.3. HAYVANLARDA MAYOZ BÖLÜNME (Şekil 10.12)

Bütün döllerde kromozom sayısının değişmez kalabilmesi için (sperma ve yumurtanın birleşmesinden kromozom sayısı iki katına çıkacağından dolayı) farklı bir



Şekil 10.12: Mayoz bölünme: Anadan gelen kromozomlar açık, babadan gelenler siyah renkli. a) Leptoten: 2n = 4 birbirinden ayrılmış ince kromozomlara sahip (kardeş kromozom), St. Sentrozom, Krm. Kromomer, b) Zigoten: Homlog kromozomlar eşleşmeye başlar, G. Kromozomun eşleşmiş kısmı, U. Henüz eşleşmemiş kısım, c) Pakiten: 4 adet kromatit meydana gelmiş, tetratlar oluşmuştur, Sm. Sentromer, Ki. Kiyazma, S. Kardeş kromozomlar, St. Sentriyol, H. Homolog kromozomlar, d) Diploten: Krossing-overin (parça değişiminin) meydana geldiği kiyazma denen bağlantı yerleri birbirinden ayrılmaya başlar, e) Redüksiyon I'in metafazı, f) Redüksiyon I'in anafazı: Her kromozom iki kromatitle kutuplara gider, h) Telofaz: Hücre ikiye bölünmüş, i) Profaz II: Son telofazdaki iğ ipliklerine dik olarak yeni iğ iplikleri oluşur. j) Metafaz II: İki kromatitli kromozomlar ekvatoryal düzlem üzerinde dizilirler, k) Anafaz II: Kardeş kromatitler birbirinden ayrılmaya başlar, l) Telofaz II: Hücre ikiye bölünmüş ve her hücrede yalnız kardeş kromatitlerden bir teki vardır (Kühn'den).

hücre bölünmesine rastlıyoruz. Bu tip bölünmede kromozom sayısı yarıya indirgenmektedir ve "M a y o z" bölünme ismini alır. Mayoz bölünmenin sonunda gametler meydana gelir ve diğer vücut hücrelerinin aksine n sayıda kromozom içerir (bazı bitkilerde ve birhücrelilerde bireyin kendisi yaşantısı boyunca haploit kromozomlu olabilir ve mayoz bölünmeye gerek kalmaz). Normal olarak soma hücrelerinde 2n olan kromozomlardan homolog olanlar boyuna sinaps dediğimiz aralıklarla birbirinin yakınında uzanırlar. Bu homolog kromozomların her biri bir kutba çekilerek, yalnız bir tanesi bir gamete verilmiş olur. Homolog kromozomlar aynı büyüklüğe, şekle ve benzer kalıtsal faktörlere sahiptirler. Gerek yumurta gerekse sperma oluşumu son iki hücre bölünmesine kadar aynı kurallara göre yürütülür. Daha sonra spermatogenezis (= sperma oluşumu) ve oogenezis (= yumurta oluşumu) farklı şekilde meydana gelir.İlk olarak spermatogenezis ve oogenezise kadar olan mayoz bölünmeyi görelim. Mayozda da mitoz gibi profaz, metafaz, anafaz ve telofaz diye dört evre vardır. Mayoz bölünme ile mitoz bölünme arasındaki en büyük farka profazda rastlanır.

10.2.3.1.1. *Profaz-I*

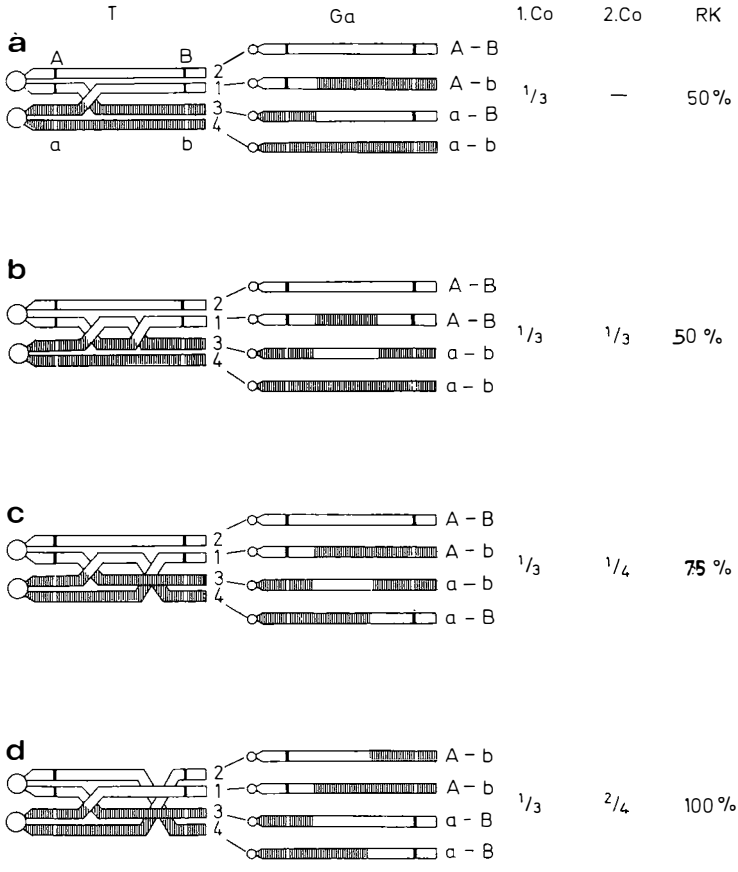
Kromozomlar kısalıp kalınlaşmaya başlarken, anadan ve babadan gelen homolog krozomlar sinapsis halinde ya yan yana paralel uzanırlar ya da diğerinin üzerine kıvrılırlar. Kısalma sonucunda mitozdaki gibi kromozomlar görülmeye başlar. Her kromozom iki *"K r o m a t i t"*ten yapıldığından homolog kromozomlar dörtlü demetler halinde görülür, bu görünüşe "T e t r a t" denir. Canlının vücudunda bulunan homolog kromozom kadar tetrada rastlanılır (insanda 23 tane). Kromozomların sentromerleri ayrılmamıştır, 4 kromatit için iki sentromer vardır. Profazı daha iyi anlayabilmek için onu 5 evreye ayırarak inceliyoruz. Esasında bu evreler arasında kesin sınırlar yoktur.

a) Leptoten (Şekil 10.12/a): Başlangıçta ince uzun iplik şeklinde olan kromozomlar kısalıp kalınlaşmaya başlar. Çekirdekçik bu evrede görünmeye devam eder.

b) Zigoten (Şekil 10.12/b): Kromozomların çapı daha da artar. Homolog kromozomlar yan yana gelip eşlenirken, bu eşlenme bir uçtan başlayarak düzenli bir şekilde öbür uca doğru sürer ya da birkaç yerden başlayarak dağılır. Eşleşme, bir kromozomun kromomeri kendine homolog kromozomun homolog kromomerine karşı gelecek şekilde yapılır. Fakat mekanizması tam olarak bilinmemektedir.

c) Pakiten (Şekil 10.12/c): Çift yapma bu evrenin başlangıcında tamamlanmış olur. Kromozomlar kısalmaya devam ederek son kalın şeklini alırlar. Kromozom sayısı haploit sayıya inmiş gibi gözükür; fakat gerçekte her çift, dört kromatitten meydana gelmiştir. Tetrat bu evrede görülür.

Pakiten ile bundan sonraki devrede kromozomlar arasında kalıtsal materyal alışverişi olur. Bu alışveriş, homolog kromozomlar, daha doğrusu homolog kromatitler arasında meydana gelir. Fakat kardeş kromatitler arasında hiçbir zaman böyle bir kalıtsal materyal alışverişi görülmez. Bu kalıtsal materyal alışverişine "C r o s s i n g -



Şekil 10.13: Krossing-over. a) Tekli krossing-over, b-c-d), Çift krossing-over (A/a ve B/b lokusları arasında). T. Tetrat, Ga. Gemetler (mayozdan sonra) 1. Co. İlk krossing-over, 2. Co. İkinci krossing-over. 1 ve 2; 3 ve 4. kardeş kromatitlerdir. RK. Maksimal rekombinasyon değeri.

O v e r'' denir. İki homolog kromatidin birbirini kesen kısmına da ''K i a z m a'' denir; çaprazlama olan noktalardan aynı zamanda kopmalar meydana gelerek parça değiştirilir (krossing-overe bkz. !) (Şekil 10.13). Her tetratta en az bir kiyazma oluşur. Genel olarak uzun kromozomlarda kısalardan daha çok sayıda kiyazma görülür.

d) Diploten (Şekil 10.12/d): Bu evrede tetratların birbirini çekmesi sonbulur. Birbirlerini itmeye başlarlar, yalnız krossing-over olan yerlerde yapışıklık görülür.

e) Diyakinez: Kromozomların kısalması mitozdan daha fazladır. Diplotende küçülen çekirdekçik tamamen kaybolur. Çekirdek zarının parçalanmasıyla diyakinez, başka bir deyimle de profaz-I sona ermiş olur.

10.2.3.1.2. *Metafaz-I* (Şekil 10.12/e)

Çekirdek zarının parçalanması sona ermiş, sentrozomlar kutuplara çekilmiş ve iğ iplikleri ortaya çıkmıştır. Sentromerleri çift olan tetratlar ekvatoryal düzlem üzerine dizilir.

10.2.3.1.3. *Anafaz-I* (Şekil 10.12/f)

Bu evrede tetratlar iki "D y a d"a ayrılır. Her diyat, sentriyolü önde olmak üzere başka bir kutba gider. Kutuplara giderken kiyazmalar kromatitlerin uçlarından kayarak ayrılır; kiyazmalar uçta olduğu zaman bu olay daha hızlı olur. Uzun kromatitlerin ayrılması kısaların ayrılmasından daha uzun sürer. Ana ve babadan gelen diyatlar anafaz sırasında rastgele ayrılır. Bu evrede indirgenme (redüksiyon) bölünmesi olur, yani oğul hücrelere giden kromozom sayısı ana hücreninkinin yarısına iner. Bununla beraber kutuplara giden kromozomlar krossing-over sırasında parça alışverişinden dolayı ana ve babadan gelen kromozomların aynı değildir.

10.2.3.1.4. *Telofaz -I* (Şekil 10.12/h)

Anafaz-I'den sonra mayoz geçiren hücreler iki yoldan birini izler. Ya diyatlar helezonlaşma bakımından pek değişmeden ikinci indirgenme (redüksiyon) bölünmesine geçer; oğul kromatitler birbirini iter ve böylece bir V veya X şeklini alır; ya da helezonlar çözülür, çekirdek zarı belirginleşir; kromozomlar interfazdaki durumuna geçmeye başlar; fakat çekirdekçik oluşmaz. Her iki halde de hücre ikiye bölünerek, erkekte ikincil (sekonder) spermatositi dişide ikincil (sekonder) oositi yapar.

10.2.3.1.5. *Profaz-II* (Şekil 10.12/i)

Birinci indirgenme bölünmesinin telofazı ile ikinci indirgenme bölünmesinin profazı arasıda bir dinlenme evresi olmadan, birinci iğ ipliklerinin doğrultusuna dik olmak üzere iğ ipliği oluşur. Eğer çekirdek zarı belirginleşmişse parçalanmaya başlar.

10.2.3.1.6. *Metafaz* (Şekil 10.12/j)

Her oğul bireyin haploit kromozomu ekvatoryal düzlem üzerinde yer alır. Birinci metafazda kromozomlar dörtlü demetler halinde görülmesine karşılık, metafaz-II'de ikili görülür.

10.2.3.1.7. *Anafaz-II* (Şekil 10.12/k)

Ekvatoryal düzlem üzerinde dizilmiş diyatlar birbirinden ayrılır ve her kutba doğru bir kromatit hareket eder. Bu kromatitlere bundan sonra **"Kromozom"** denir. Böylece her oğul bireyde haploit kromozom bulunur.

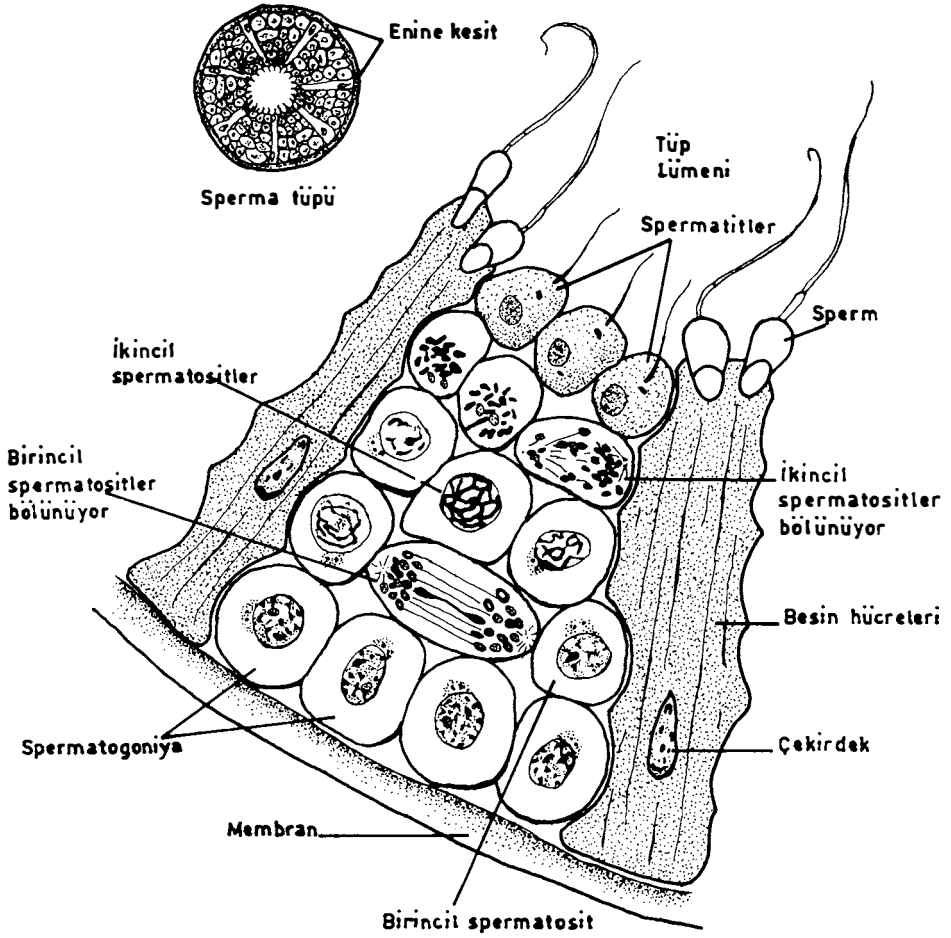
10.2.3.1.8. *Telofaz-II* (Şekil 10.12/l)

Kromozomların helezonlaşması açılır. Dolayısıyla görünmez olurlar. Çekirdek zarı yeniden oluşur. Sitoplazma bu arada bölünmüştür. Dolayısıyla bir hücreden kro-

mozom sayısı haploit olan dört oğul hücre meydana gelmiş olur. Bu hücreler erkekte **"Spermatit"**, dişide **"Oosit"** ismini alır. Spermatitlerin hepsi sperma haline geçer (spermatogenez); fakat dört oositten bir tanesi yumurtaya dönüşür, diğer üç tanesi **"Kutup Hücreleri"** halinde dejenere olur (oogenez). Şimdi bunları sırasıyla görelim.

10.2.3.2. *Spermatogenez* (Şekil 10.14)

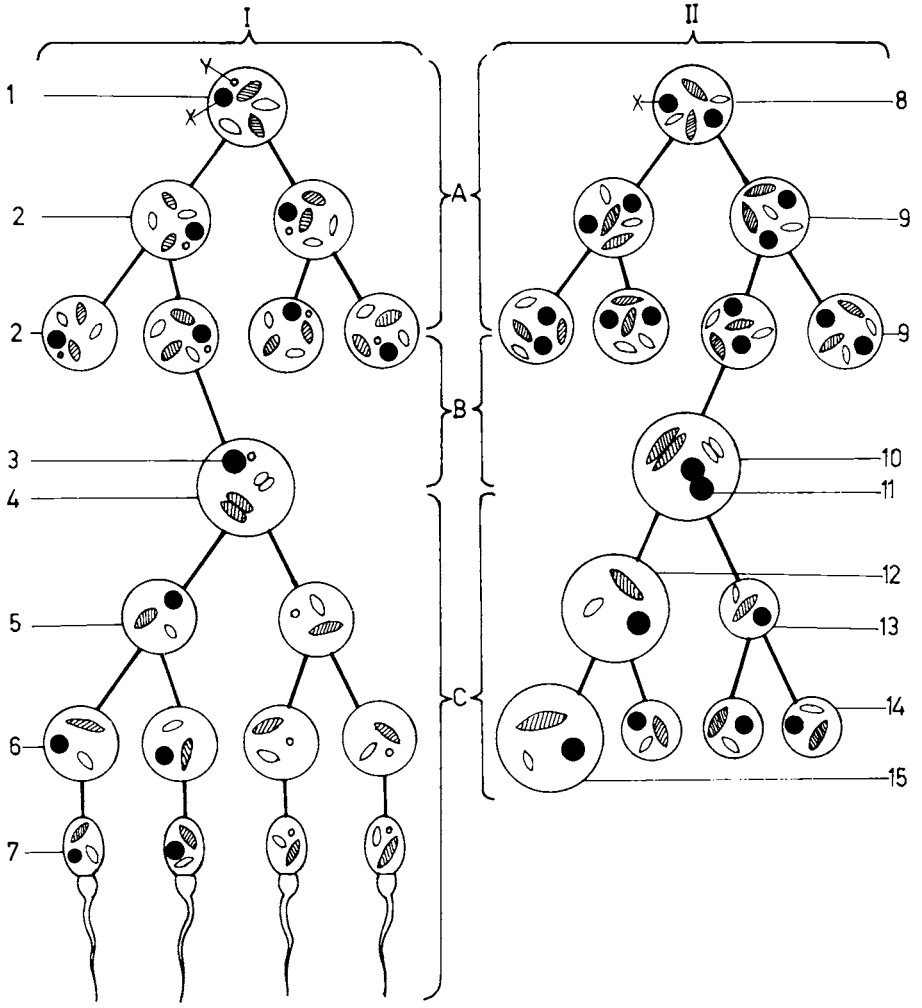
Testis, her biri milyonlarca sperma üreten, binlerce **"Sperm Tüpü"**nden meydana gelmiştir (Şekil 10.14). Bu tüplerin içi "S p e r m a t o g o n i a" denen özelleşmemiş germinatif (eşeysel) hücrelerle astarlanmıştır. Erginliğe ulaşmadan önce bu spermatogoniyalar mitozla bölünerek yeni spermatogoniyalar meydana getirir ve testisin hacim olarak büyümesi sağlanır. Eşeysel erginliğe ulaştıktan sonra bazı spermatogoniyalar spermatogenez dolayısıyla iki mayoz bölünme geçirerek ergin spermaları meydana getirirler. Bu arada diğer spermatogoniyalar sürekli mitozla bölüne-



Şekil 10.14 : İnsan seminiferous tüpünden enine bir kesitte spermatogenez ve ergin spermaların meydana gelişi (V.-W.- Barnes'den).

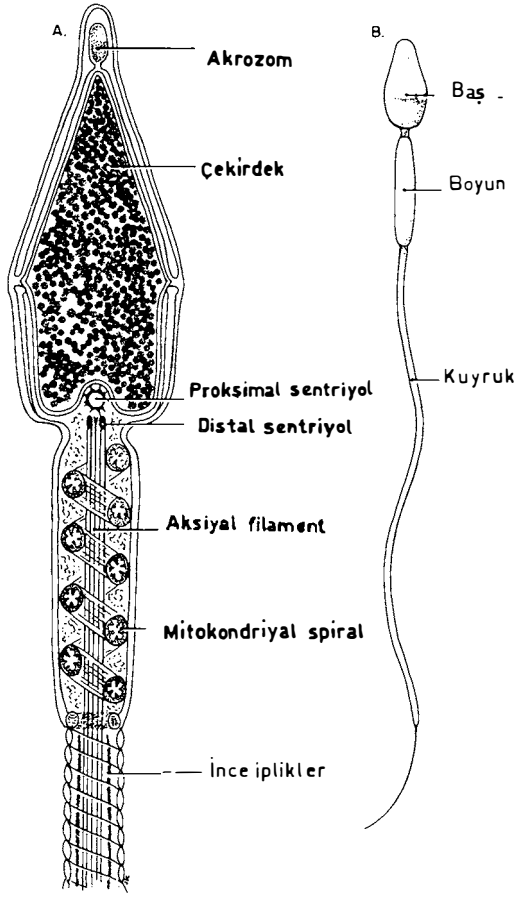
rek ilerdeki spermatogenezise hazırlık yaparlar. Birçok yabani hayvanda senenin belirli mevsimlerinde "Kızana Gelme" görülür. Bu evrede, genellikle ilk ve sonbaharda, testislerin hacmi büyüyerek, spermatogenez meydana gelir. Üreme mevsimlerinin dışında testis küçüktür ve yalnız spermatogoniyaları içerir. İnsanlarda ve bazı evcilleştirilmiş hayvanlarda eşeysel erginliğe ulaştıktan sonra spermatogenez devamlıdır.

Spermatogenezde ilk adım olarak spermatogoniyalar hacim olarak büyüyerek "Primer Spermatocyt"leri oluştururlar (Şekil 10.15). Her birincil (primer)

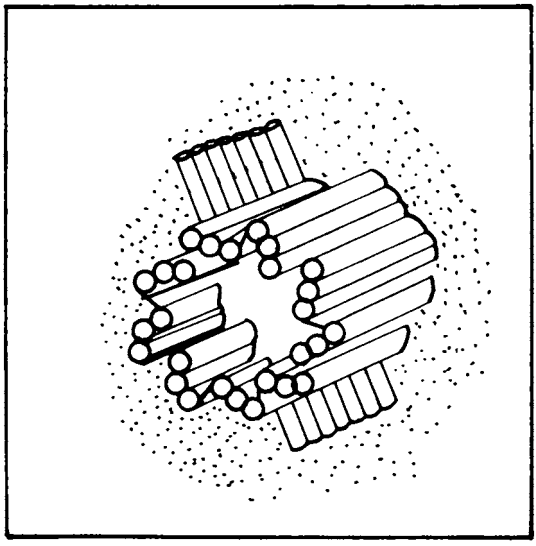


Şekil 10.15: Spermatogenez-Oogenez. I) Spermatogenezis, II) Oogenezis. A) Çoğalma evresi, B) Büyüme evresi, C) Olgunlaşma evresi, 1. Primordiyal eşey (♂) hücreleri, 2. Spermatogoniya, 3. X ya da eşey kromozomları, 4. Birincil spermatosit, 5. İkincil spermatosit, 6. Spermatit, 7. Spermatozoon, 8. Primordiyal eşey (♀) hücreleri, 9. Oogoniya, 10. Birincil oosit, 11. X ya da eşey kromozomları, 12. İkincil oosit, 13. Birinci kutup hücresi, 14. İkinci kutup hücresi ve 15. Olgun ovum (yumurta).

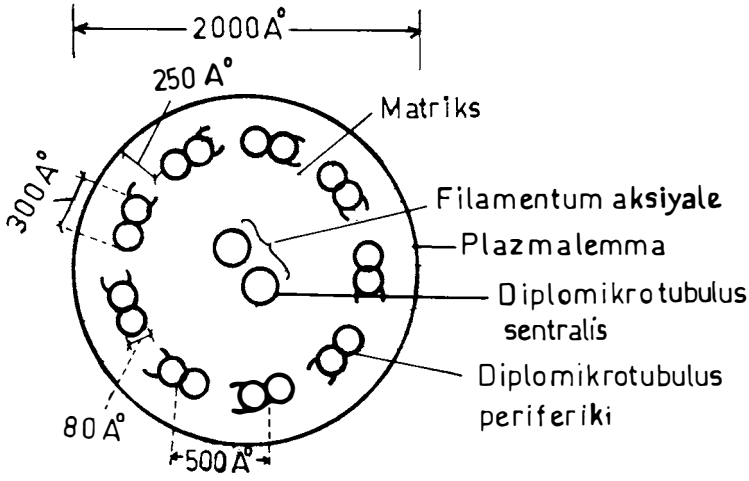
spermatosit birincil mayoz bölünme ile büyüklükleri birbirine eşit olan iki "Sekonder Spermatocyt" oluşturur. İkincil (sekonder) spermatositler de ikincil mayoz bölünme ile büyüklükleri birbirine eşit olan 4 tane "Spermatid" oluşturur. Spermatitler haploit kromozomlu ve bol miktarda sitoplazma içeren küremsi hücrelerdir. Daha sonraki değişiklikler bu spermatitlerin işlevsel olarak "Spermatozoon"lara dönüşmesini sağlar. Bunun için çekirdeğin hacmi küçülür, daha yoğun hale geçer ve spermanın baş kısmını oluşturur. Sitoplazmanın büyük bir kısmı dışarıya atılır. Golgi aygıtı spermanın en ön kısmına toplanır ve bir burun kısmı oluşur **(Akrozoma)**. Akrozoma yumurta zarını delecek enzimleri içerir. Çekirdeğin arka kenarı içeriye doğru çökmüştür (Şekil 10.16). Buraya iki sentriyol yerleşir (Şekil 10.17). Sentriyollerin hemen arkasından çıkan aksiyal filamentler geriye doğru uzanır. Spermaların aksiyal filamentleri *Flagellat*'ların kamçısına benzer. Onlar gibi ortada iki, çevrede 9 adet ikişerli fibrilden oluşmuş boyuna uzanan borucuklardan meydana gelmiştir (Şekil 10.18). Mitokondriler orta kısımda toplanarak "boyun kıs-



Şekil 10.16 : Bir memeli spermasının başı ve boyun bölgesi (V.-W.- Barnes'den).



Şekil 10.17 : Sentriyol.

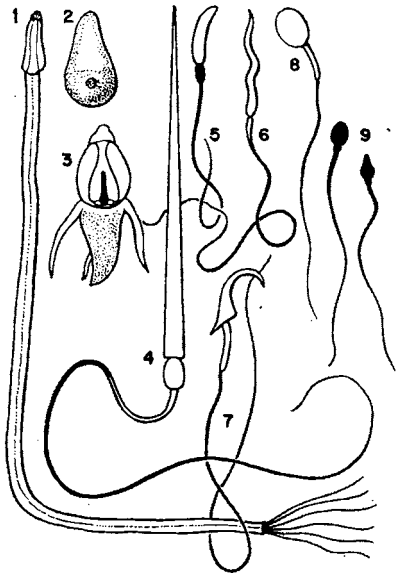


Şekil 10.18 : Bir silin enine kesiti.

mını'' oluştururlar. Bu kısım spermanın kuyruk hareketleriyle ilerleyebilmesi için gerekli enerjiyi sağlamaya yarar. Sitoplazmanın büyük bir kısmı atıldığından, yalnız orta kısımda mitokondrilerin ve kuyruk kısmının etrafını çeviren ince bir tabaka halinde kalmıştır.

Farklı türlerde ergin spermatozoaların şekli ve büyüklüğü büyük farklılıklar gösterir (Şekil 10.19). Pek az hayvanda, parazit askarislerde olduğu gibi, kuyruk yoktur. Bunların hareketleri amibimsidir. Yengeç ve ıstakozlarda kuyruk kaybolmuştur; yalnız başta ileriye doğru sivrilmiş üç çıkıntı vardır. Bunlar spermanın yumurta üzerine

tutunmasını sağlarlar ve bu sırada orta kısım, yani boyun kısmı, spermanın çekirdeğini yumurtanın sitoplazmasına doğru iter ve döllenme olur.



Şekil 10.19: Sperma şekilleri. 1. Salyangoz, 2. Bağırsak solucanı *(Askaris)*, 3. Bir yengeç, 4. Semender, 5. Kurbağa, 6. Tavuk, 7. Şıçan, 8. Koyun ve 9. İnsanda (V.-W.- Barnes'den).

10.2.3.3. *Oogenez* (Şekil 10.15)

Ovaryum (yumurtalık)'daki olgunlaşmamış eşey hücreleri, *"O o g o n i y u m"*lar, sürekli olarak mitozla bölünmek suretiyle yeni oogoniyumları (çoğulu oogonia) oluşturur. İnsanların dışileri, ana rahminde iken üç aydan sonra oogoniyumları, "P r i m e r O o c y t"leri, meydana getirmeye başlar. Bir kız çocuğu doğduğu zaman yumurtalığında 400.000 kadar birincil (primer) oosit bulundurur. Bu birincil oositlerin hepsi birinci mayoz bölünmenin profaz evresine ulaşmıştır. Bu birincil oositler, dişi, eşeysel olgunluğa ulaşıncaya kadar senelerce profaz evresinde beklerler. Birinci mayoz bölünme, O v u l a s y o n (yumurtlama) sırasında tamamlanır.

Birinci mayoz bölünme ile ikiye bölünen hücrelerin büyüklüğü birbirine eşit değildir (Şekil 10.15). Bir tanesi bol sitoplazmalı büyük yapılıdır ve "S e k o n d e r O o c y t" ismini alır. İkincisi hemen hemen sadece çıplak bir çekirdek içerir ve "I. K u t u p H ü c r e s i" denir. İkincil (sekonder) oosit yine mayozla eşit olmayan bir şekilde ikiye bölünür; bu şekilde yumurta sarısı ve sitoplazmanın büyük bir kısmını içeren büyük bir "Ootid" ve sitoplazmaca yoksul, küçük "S e k o n d e r K u t u p H ü c r e s i"ni oluşturur. Bu ikinci bölünme meydana gelirken birinci kutup hücresi de ikiye bölünebilir. Bu suretle spermatogenez de olduğu gibi 4 eşey hücresi oluşur.

Daha sonra ootit hücre bölünmesi olmaksızın bir takım farklılaşmalar geçirerek "O v u m = Y u m u r t a"yı meydana getirir. Kutup hücrelerinin meydana gelmesinin nedeni kromozom sayısının indirgenmesi içindir. Fazla sitoplazma taşımamasının nedeni de, asıl yumurta döllendiği zaman gelişmesi ve bazı işlevleri yürütebilmesi için gerekli enerji maddesinin onda depolanmasını sağlamak içindir. Haploit kromozom taşıyan yumurta haploit sperma ile birleşince tekrar diploit sayı elde edilmiş olur. Bu şekilde vücut hücrelerinin hepsi kromozomlarının yarısını babadan yarısını anadan alır. Meydana gelen yavruların, genler arasındaki ilişki de gözönüne alındığında, yarı anaya yarı babaya benzemesi, babadan gelen sperma ve anadan gelen yumurtanın kalıtsal materyal olarak eşit miktarda yapıya katılmasından ileri gelmektedir.

10.2.3.4. *Bitkilerde Mayoz* (Şekil 4.10-18)

Bitkilerde mayoz farklı zamanlarda ortaya çıkar ve ilke olarak mayoz tamamlandıktan sonra mitozla hücre bölünmesi meydana gelir. Bu, haploit dokuyu meydana getirir ve üreme hücreleri oluşur. İlkel bitkilerde, örneğin yosunlarda, haploit dokular daha büyüktür. Bu dokulara "G a m e t o f i t" denir ve gameteri meydana getirir. Ayrı eşeylilerde, yumurta ve sperma (polen, spor) ayrı bitkilerde meydana gelir. Spermalar ıslak havalarda yüzerek yumurtaları döllerler. Bu diploit zigotlar sap şeklinde narin bir bitkiye gelişerek "S p o r o f i t"leri yaparlar. Bu sapın ucunda mayoz bölünmesiyle sporlar oluşur ve rüzgarla etrafa yayılır. Uygun yer bulunca bu sporların bir kısmı dişi, diğer kısmı (yarı yarıya)erkek gametofitine gelişir (Şekil 4.14).

Bitkiler daha büyük ve karmaşık olunca gametofitler sporofitlere göre çok daha küçük kalmışlardır (daha geniş bilgi için 4.1.3.3 ve 4.1.4.5.5.'e bkz. !). Eğreltilerde, yerde büyüyen çok küçük bir bitki halinde kalmışlardır. Buna karşılık diploit evreleri çok büyümüştür (Şekil 4.17). Tohumlu bitkilerde gametofitler mikroskobik denecek derecede küçülmüştür. Fakat bunlarda da mayozdan sonra mitozla bölünme yeteneği hâlâ saklı kalmıştır. Bu, bitkilerle hayvanlar arasındaki önemli farklardan biridir (Şekil 4.18).

10.2.3.5. *Mayozda Gen Çeşitlenmesi*

Mayozun ilk metafazında anadan ve babadan gelen kromozomlar tamamen şansa bağlı olarak ekvatoryal düzlem üzerinde ya bu tarafa ya da öbür tarafa dizilirler. Kutuplara giden ana ve baba kromozomlarının sayısı ve sırası tamamen rastlantıdır. İnsanda 23 çift kromozom olduğundan bu ayrılımın olasılığı $(1/2)^{23} = 1/8.388.608$'dir. Yani aynı ana ve babadan doğan iki kardeşin (ikiz değil) aynı kromozomları alma şansı 1/8.388.608'dir. Çünkü her kromozomun bir kutba gitme şansı 1/2'dir. Bu da evrimde büyük seçeneklerin doğmasına neden olmuştur.

10.3. GENLER VE ALLELLER

Kalıtım üzerindeki çalışmalar MENDEL'in aldığı gibi, zıt iki özellik olduğu zaman mümkün olmaktadır (sarı ve yeşil). Eğer atalardan biri zıt özelliklerin birine diğeri

öbürüne sahipse (esasında bir bireyin zıt özelliklerinden ikisine birden sahip olması olanaksızdır) "Allelmorfik" özellikler denir. Fakat çoğu kez allel terimi ile gen terimi birbirine karıştırılır. Her ikisi de belirli bir özelliğin kalıtsal faktörünü ifade eder. Ama allel sözcüğü özellikle belirli bir kromozomun bir lokusunda iki ya da daha fazla seçenekli gen çeşidini anlatmada kullanılır.

Kahverengi ve siyah renk, farelerin kürkünde allelmorfik bir renk özelliğidir. Her hücrede kürk rengini kontrol eden bir çift gen bulunur.

Saf kahverengi ve siyah kürklü farelerin kromozomlarında homolog genlerin ikisi de ya tamamen siyah ya da kahverengidir. Doğal olarak genlerin siyah ya da kahverengi olması sözkonusu değildir. Bunlar renk pigmentlerini meydana getirecek enzimleri adım adım kontrol ve onların oluşumunda önderlik ederler. Dolayısıyla kahverengi pigmenti meydana getirecek enzimler, siyah pigmenti meydana getirecek enzimlerden belirli kademelerde farklılaşma gösterirler.

Biz genleri harf simgeleri ile gösteririz. Örneğin, siyah renk başat olduğundan "B" ile, kahverengi çekinik olduğundan küçük "b" ile gösterilir. Genler, allel olduğundan her zaman iki harfle ifade edilir. Yalnız gametlerde ve haploit durumlarda allel çiftler birbirlerinden ayrıldığından genler tek harfle gösterilir. Örneğin saf siyah BB, saf kahverengi bb, gametler de B ve b diye gösterilebilir.

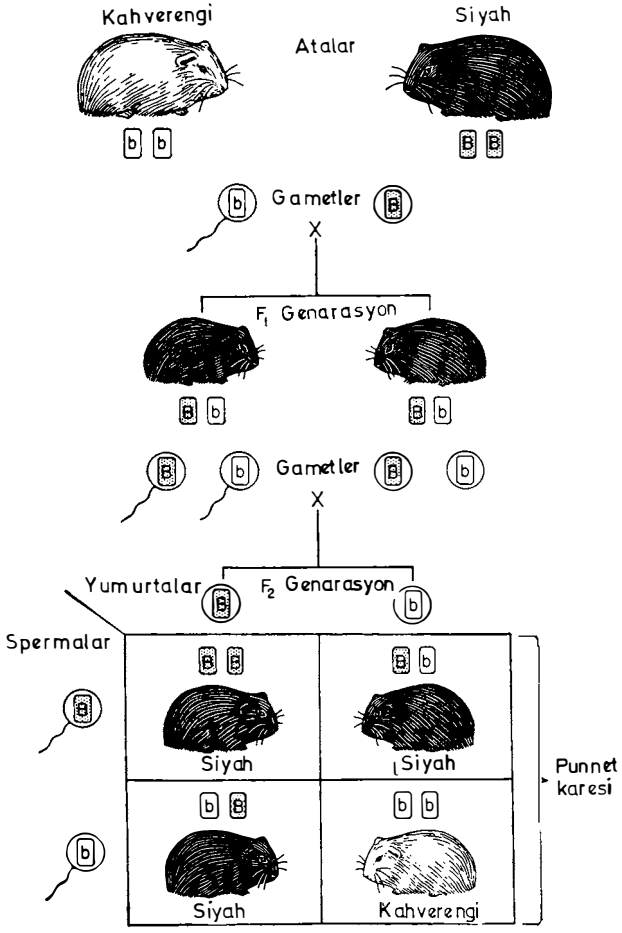
10.4. MONOHİBRİT ÇAPRAZLAMA

10.4.1. MONOZİGOT MELEZ

Saf kahverengi fare ile saf siyah fareyi çaprazlarsak, mayoz esnasında siyah fareden B, kahverengi fareden b gameti meydana geleceğinden, bunların birleşmesi sonucu zigot Bb olacaktır. Siyah başat olduğundan F_1 tamamen siyah olacaktır (Şekil 10.20).

Bir tek başat gen olduğunda (Bb), özelliğini açığa çıkarmaya yeterlidir. Oysa ki çekinik özelliklerin açığa çıkması için iki çekinik genin (bb) olması gereklidir. Yazılırken başat gen her zaman başa, çekinik gen ise ondan sonraki sıraya yazılır. Başatlık, yavrunun ana ve babadan eşit kalıtsal materyal almasına karşın neden atalarından birine öbüründen daha çok benzediğini açıklamış olur. Aslında başatlık hayvandan hayvana değişebilir. Örneğin, bir türde siyah renk başat, kahverengi çekinik ise; öbür türde kahverengi başat, siyah çekinik olabilir. Bu başatlık tamamen türe özgü bir özelliktir. ayrıca bir genin etkisini değiştirecek başka genler de olabilir. Bunlara "Modifikatör Genler" denir. Aynı genin bireyler arasında farklı şekilde fenotipte kendini göstermesine neden olurlar.

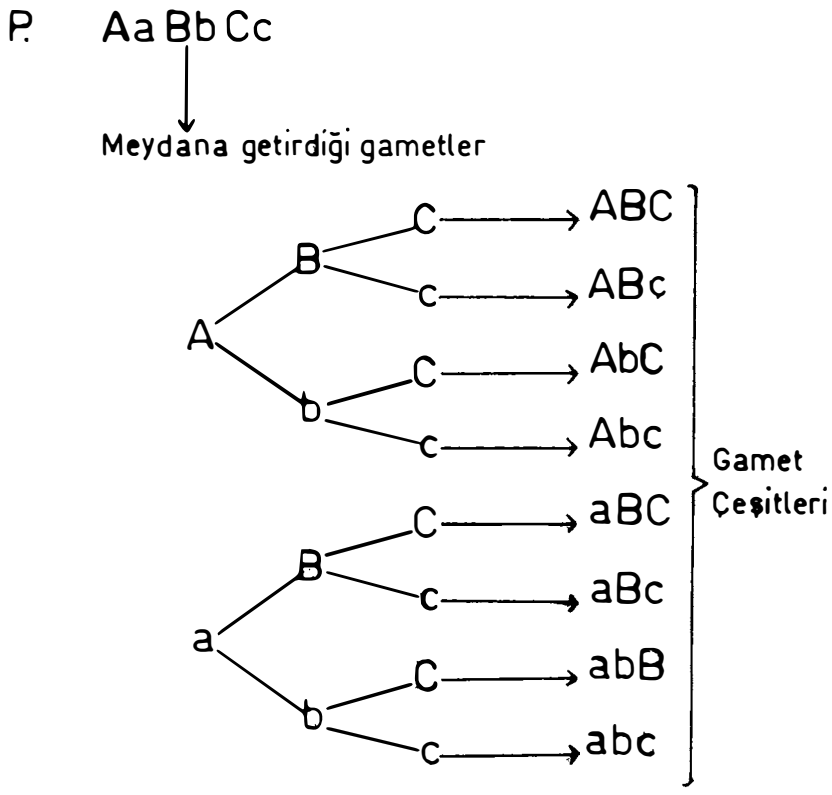
Eğer bir hayvan ya da bitkide iki gen birbirine tamamen benziyorsa (BB, bb) bunlara "Homozigot" ya da **Saf Kan** denir. Eğer bir başat bir çekinik gen taşıyorsa (Bb) bunlara da "Heterozigot" ya da **Hibrit = Melez** denir.



Şekil 10.20 :
Monohibrit çaprazlama (V.-W.- Barnes'den).

Saf kan siyah bir erkek ile saf kan kahverengi bir dişi birleştirildiğinde F_1'in hepsi heterozigot olur (Bb) (Şekil 10.20). F_1'deki bireylerin meydana getirdikleri gametler B ve b'dir. Bu iki gametin, zigotu meydana getirirken oluşturdukları kombinasyon sayısı 4'dür.

Gametler arasında mümkün olabilecek kombinasyonları görmek için P u n n e t k a r e s i kullanılır (Şekil 10.2 ve 23). MENDEL, melezlemede özellikle gamet çeşidini bulabilmek için çatallı ya da dichotomaus (Şekil 10.21) yöntemi kullanmasına karşılık; bugün genellikle C. PUNNET karesi kullanılmaktadır. Genellikle dişiden gelen gametler karenin üstüne yatay olarak yazılır, erkekten gelenler sol baştan aşağı doğru yazılarak her gametin kendi hizasına gelen zigot bulunur ve bu şekilde kombinasyonlar da açığa çıkmış olur. Aslında aynı genleri taşıyan sperma ve yumurtalar arasında özel bir çekim ya da reddetme sözkonusu olmadığından karelerdeki zigotların meydana gelme şansı aynı olacaktır. Aynı zamanda kuramsal olarak meydana gelen B ve b gametlerinin sayısı da birbirine eşittir. Gametleri yazıp meydana gelen



Şekil 10.21 : Bir genotipten kaç çeşit gamet meydana geleceğini bulabilmek için çatallandırma yöntemi kullanılır. Bunun için allellerden biri alınır ve diğer allellerin homozigot (tek çizgi) ya da heterozigot (çatal) olmasına göre dallandırılır. Sonuçta oluşacak kombinasyon sayısı gamet sayısını verir.

zigotları hesapladığımızda yavruların 3/4'ü, BB ve Bb, yani siyah kürklüdür; 1/4'i ise bb'dir ve kahverengidir. Monohibrit çaprazlamada başat özelliklerin çıkma şansı, çekinik özelliklere göre F_1'de 100/100, F_2'de ise 3/4 oranında olmasıyla karekteristiktir. Belirli bir kalıtsal özelliğin görülebilecek ya da bulgulanabilecek şekilde dış ortama yansımasına ve bu yansımasından meydana gelen özelliklere "F e n o t i p" denir. Genotipi, fenotipin ayrıntılı araştırılmasıyla ortaya çıkarabiliriz. Genotip, yalnız simgelerle gösterilir ve organizmanın kalıtsal yapısını ifade eder. Siyah ve kahverengi farelerin çaprazlanmasında F_2 dölünde 3 siyah bir kahverengi olmasına karşın yalnız bir tanesinin kalıtsal yapısında BB, 2 tanesinde Bb ve bir tanesinde bb vardır. Oysa fenotip olarak 3 tanesi siyah gözükür. Bu, B'nin bazı enzimleri meydana getirmesi ve metabolizmayı belirli yöne doğru yöneltmesinden ileri gelmektedir. Fenotip bakımından siyah olan; fakat genotipi farklı (Bb) bireyleri, homozigot çekinik (bb) bireylerle geri çaprazlamak (kontrol çaprazlaması) suretiyle kalıtsal yapısını ayrıntılı olarak anlamak mümkündür. Eğer meydana gelen bireylerin tümü siyahsa, elimizdeki kalıtsal yapısı aydınlatılmamış birey homozigot siyahtır (BB); eğer siyahın yanısıra bir tane

kahverengi birey çıkmışsa elimizdeki birey heterozigottur. Geriye çaprazlama bitki ve hayvan ıslahında büyük bir öneme sahiptir. Ancak bu yolla saflaştırma ve meydana gelen ırkların kalıtsal yapılarını ayrıntılı olarak anlama mümkün olmaktadır. Döllerin ıslahı ekonomik yönden faydalanılabilecek şekilde insanlar tarafından programlanır. Örneğin, sağlık ve güçlülük bakımından tamamen aynı görünen iki boğanın meydana getirecekleri yavruların, süt kalitesi bakımından büyük farkları olabilir. Bu, boğaların kalıtsal yapısının farklı olmasından ileri gelmektedir. Yavru seçimi yapmakla tavuklarda yumurta verimini önemli ölçüde artırmak mümkündür.

10.4.2. EUGENİK (OYJENİK) ÖNLEMLER

İnsanlarda belirli özelliklerin düzeltilmesi için zaman zaman ıslah denemelerine girişilmiştir "E u g e n i k ö n l e m l e r". Fakat bu denemelerin başarılı olduğu söylenemez. Çünkü, insanların herhangi bir şekilde iyi ya da kötü olması kalıtsal yapısını ötesinde bazı koşullarla belirlenmektedir. Bunların büyük bir kısmı sosyal koşullardır. Hitler devrinde kurulan insan haralarında kusursuz denen erkeklerle dişilerin çiftleştirilmeleri sonucu meydana gelen yavrular normalden farklı olmadığı gibi bazı ilim adamlarına göre normalden daha düşük zekâ düzeyine sahiptirler (daha geniş bilgi için 28. bölüme bkz. !).

10.4.3. REAKSİYON NORMU

Gerek bitkilerde gerekse hayvanlarda kalıtsal yapı, morfolojik yapı üzerinde kesinlikle bir kontrole sahip olmasına karşın; çevre koşulları (fiziksel, kimyasal ve sosyal) bireyin gelişimine belirli oranlarda etki etmektedir. Örneğin, bir insanın boyu kalıtsal yapıyla kontrol edilmektedir. İyi beslenen bir birey 190 cm. uzunluğa ulaşırsa; bu birey kötü beslenme koşullarında diyelim ki 165 cm. olmuştur (hakiki ikizlerle yapılan denemelerde). Fakat bu birey ne kadar iyi ya da ne kadar kötü beslenirse beslensin iki uç değerin dışına çıkamaz. İşte biz bu iki uç değer arasındaki aralığa, daha doğrusu kalıtsal yapının etkisinin çevre koşullarıyla belirli ölçülerde gösterdiği varyasyon aralığına "R e a k s i y o n N o r m u" diyoruz.

10.5. GENETİK OLASILIK

Bir parayı havaya attığımızda tura gelme şansı 1/2'dir. İki defa atığımızda tura gelme şansı $1/2 \times 1/2 = 1/4$'dür. Üç defa attığımızda hepsinin tura gelme şansı $1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/8$'dir. Kalıtımda belirli genotipleri içeren bireylerin meydana gelmesi tamamen şansa dayanır ve önceden olasılık hesaplarına göre tahmin edilir. Örneğin, heterozigot siyah renkli iki fare çaprazlandığında kuramsal olarak 3 siyah, 1 kahverengi birey çıkacaktır. Fakat bu hiçbir zaman garanti değildir. Hepsi kahverengi ya da hepsi siyah da olabilir. Burada meydana gelen bireylerin yalnız başına ortaya çıkması sözkonusudur. Örneğin, kahverengi birey 1/4 olasılıkla ortaya çıkmasına karşılık, her döl verişte bu 1/4 olasılık tekrarlanabilir ve meydana gelen bireylerin hepsi kahverengi kürklü olur. Yukarıda çaprazladığımız heterozigot farelerde siyah renkli bireylerin ortaya çıkması 3/4 , kahverengilerin ise 1/4 olasılıkla idi; meydana

gelen 4 bireyin dördünün de siyah olması $3/4 \times 3/4 \times 3/4 \times 3/4 = 81/256$ olasılıkladır. Hepsinin kahverengi olma şansı $1/4 \times 1/4 \times 1/4 \times 1/4 = 1/256$'dır. Burada gözönünde tutacağımız nokta her genotipin ya da fenotipin toplam gamet kombinasyonu içerisinde yüzde kaç olasılıkla meydana gelebileceğini bulmak ve onları binom açılımı içerisinde birbiriyle çarpmaktır. Örneğin, üç siyah iki kahverengi bireyin çıkma şansı nedir dense, şöyle hesaplarız; her siyah bireyin ortaya çıkma şansı 3/4 idi, kahverengilerin ise 1/4'dür. O halde binom açılımına göre hesaplarsak $(a + b)^5 = a^5 + 5a^4b + 10a^3b^2 + 10a^2b^3 + 5ab^4 + b^5$. Burada uygun olan terim $10a^3b^2$ ya da $10a^2b^3$'dür. a'nın yerine siyahların çıkma şansını yani 3/4'ü, b'nin yerine ise kahverengilerin çıkma şansını, yani 1/4 yazarsak. $(3/4 + 1/4)^5 = (3/4)^5 + 5(3/4)^4(1/4) + 10(3/4)^3(1/4)^2 \ldots$

10. $27/64 \times 1/16 = 135/512$ olur.

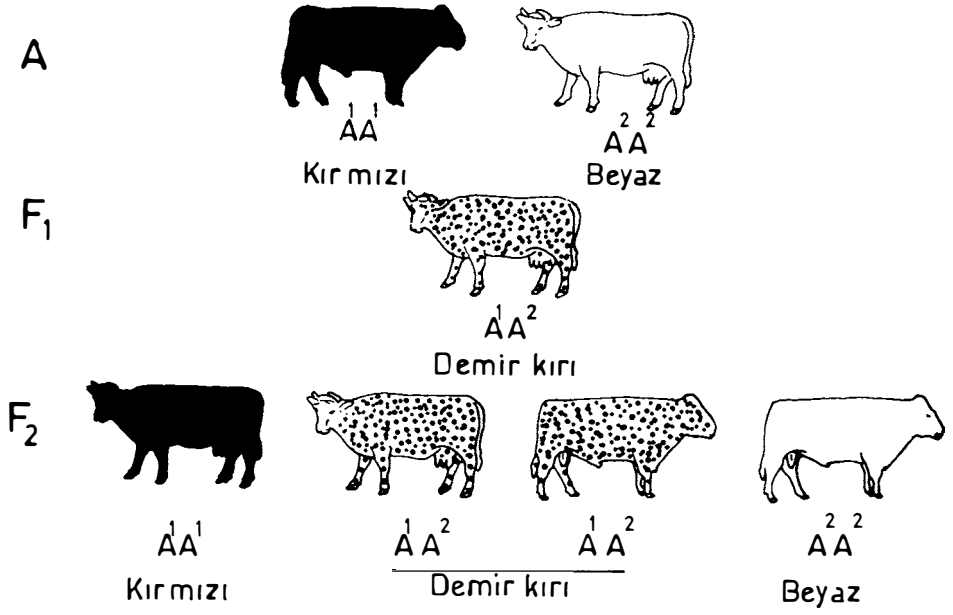
Bu durumda 3 siyah 2 kahverengi bireyin meydana gelme şansı 135/512'dir. Tüm bireylerin siyah çıkması ise $a^5 = (3/4)^5 = 243/1024$'dir. Küçük birey sayılarında tahmin edilen oranlardan büyük sapmalar görülebildiği halde, elde edilen bireylerin sayısı yükseldikçe, örneğin 600'e ulaştığında, önceden tahmin edilen oranlara büyük ölçüde yaklaşılır (450 siyah, 150 kahverengi). Çünkü elde edilen birey sayısı yükseldikçe sapmalar ve dolayısıyla şans azalmaktadır. Yine şunu da unutmamak gerekir: Doğan birey kendinden sonra gelen bireyin meydana gelme şansında herhangi bir değişme yapmamaktadır. Örneğin bir siyah birey meydana gelmişse (3/4 şansla), ya da kahverengi (1/4 şansla) ikinci bireyin siyah olma şansı yine 3/4, kahverengi olma şansı da 1/4'dür. Eğer başlangıçta kahverengi birey meydana gelmişse, artık doğacak bireylerin siyah renkli olma şansını yüzde yüz düşünmek hatalıdır. Her yeni meydana gelen bireyde olasılık oranını yenidèn düşünmek ve ona göre hesap yapmak gereklidir.

10.6. YARI DOMİNANTLIK (= YARI BAŞATLIK): İNTERMEDİYER KALITIM

Birçok türde allel genlerden birinin diğerine tam başat olmadığı saptanmıştır. Heterozigot bireyler homozigot bireylerden ayrı bir görünüme — fenotipe — sahiptirler. Bu görünüm iki homozigot birey arasında bir geçit formu gibi görülebilir.

Genlerin her ikisi de kendi başına başatmış gibi fenotipte etkisini gösteriyorsa, örneğin AB kan grubunda olduğu gibi bu tip kalıtıma da "K o d o m i n a n t" kalıtım denir.

Kırmızı bir sığır beyaz bir sığırla çaprazlandırılırsa meydana gelen yavrular demirkırı olurlar (Şekil 10.22). İki kır sığırın birleştirilmesinden meydana gelen yavrulardan biri kırmızı, ikisi kır, biri beyaz olur (oran: 1:2:1). Yani genotiple fenotip aynı oranlarda temsil edilir. Her genotip ayrı bir fenotiple temsil edilir. İnsanlarda da bu yarı başatlığa rastlanabilir. Birçok kalıtsal hastalık çekinik genlerle kalıtılır. Örneğin, orak hücreli anemi, akdeniz anemisi, nikris hastalığı, sara ve diğer bazıları bir bireyde heterozigot olarak bulunduğunda homozigot olanlara göre hastalık belirtilerini daha



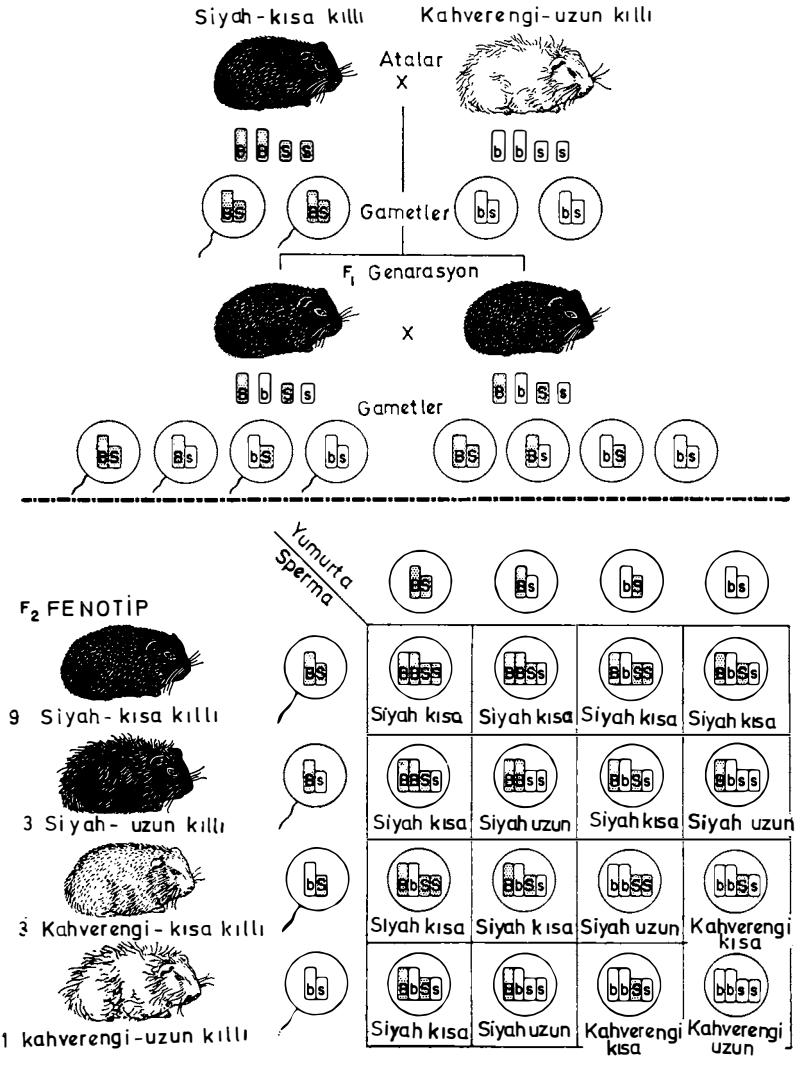
Şekil 10.22: Yarı başatlık.

hafif olarak gösterirler. Fakat her zaman normal homozigot bireylerden kolaylıkla ayrılırlar. Genellikle üzerlerinde rakam bulunan büyük harflerle ifade edilirler: A^1 (kırmızı), A^2 (beyaz), A^1A^2 (intermediyer).

10.7. DİHİBRİT ÇAPRAZLAMA

Genellikle bir hayvanda sadece bir özellik alınıp incelenmez. Çok defa iki, üç vs. özelliğin birlikte kalıtımı sözkonusudur. İki özelliğin birlikte kalıtımına "Dihibrit Kalıtım" diyoruz. Özünde gerek dihibritte gerekse trihibritte kalıtımın esasları tamamen monohibritteki gibidir. Yalnız burada gamet sayısı ve dolayısıyla kombinasyon daha yükselmiştir.

Eğer iki gen çifti homolog kromozomlar üzerinde toplanmamışsa (ayrı ayrı kromozomlarda ise), birbirine bağımlı olmadan kalıtıldığını daha önce öğrenmiştik. Fakat homolog kromozomlar üzerindeki genler birbirine bağlı olarak kalıtılır. Siyah, kısa kıllı fareler (BBSS) (kısa kıl uzun kıla başat), kahverengi uzun kıllı farelerle (bbss) çaprazlandırılırsa, BBSS bireyi yalnız BS gametlerini, bbss bireyi ise yalnız bs gametlerini vereceğinden F_1 dölü BbSs genotipinde ve siyah-kısa kıllı fenotiptedir (Şekil 10.23). F_1 dölü bireyleri kendi aralarında çaprazlandırıldığında, her bireyden 4 çeşit gamet meydana geleceğinden (BS, Bs, bS, bs), 16 çeşit kombinasyon ortaya çıkacaktır. PUNNET karesine koyduğumuzda 9 tanesinin siyah-kısa kıllı, 3 tanesinin siyah-uzun kıllı, 3 tanesinin kahverengi-kısa kıllı, 1 tanesinin kahverengi-uzun kıllı olduğu görülür. Oran: 9: 3: 3: 1'dir.



Şekil 10.23 : Dihibrit çaprazlama (V.-W.- Barnes'den).

Gametlerin oluşumu MENDEL'in birinci yasası gereğince olur ve her gamet, gen çiftlerinden yalnız bir tanesini alır. MENDEL'in ikinci yasasına göre de gen çiftlerinin yarıları birbirlerine, daha doğrusu diğer gen çiftlerine bağlı olmadan kalıtılır. Hangi genin hangi gamete gideceği tamamen şansa bağlıdır. Bu durumda B-b gen çiftinin S-s gen çiftine bağımlı olmadan ayrıldığını ve tamamen bir rastlantı ile gametlere geçtiğini görüyoruz. "Bu yasa eğer iki gen çifti aynı kromozom çifti üzerinde ise uygulanamaz".

10.7.1. TRİHİBRİT ÇAPRAZLAMA

Aynı durum üç gen çifti için de geçerlidir "Trihibrit Çaprazlama". F_1'de heterozigot üç gen çifti olacağından, her birey 8 gamet, dolayısıyla 64

çeşit kombinasyon olanağı verecektir. MENDEL'in gösterdiği gibi, sarı-düz uzun bezelyeler (SSDDUU), yeşil-pürtüklü-cüce (ssdduu) bezelyelerle çaprazlandırılmıştır. F_1 SsDdUu genotipindedir. F_1'in kendi arasında çaprazlandırılmasından 64 çeşit kombinasyon meydana geleceğini biliyoruz. PUNNET karesine uygulanırsa 27 tane sarı-düz-uzun : 9 tane sarı-düz-cüce : 9 tane sarı-pürtüklü-uzun : 9 tane yeşil-düz-uzun : 9 tane sarı-pürtüklü-cüce: 3 tane yeşil-pürtüklü-uzun : 3 tane yeşil-düz-cüce: 1 tane yeşil-pürtüklü-cüce birey çıkacaktır (27 : 9 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1).

10.8. GENOTİPİN HESAPLANMASI

Genotipi hiçbir zaman doğrudan doğruya saptamamız (bazı ayrıcaları hariç) mümkün değildir; onu yalnız fenotipten çıkarabiliriz. Burada gözönünde tutacağımız hususlardan birkaçı şunlardır:

A) Kalıtım çift atalıdır, her ata kendi özelliğinin yarısını yavrularına verir. B) Genler heterozigot olduklarında herhangi bir değişikliğe uğramazlar. C) Her birey bir özellik bakımından en az bir gen çiftine; fakat gametler her çiftten yalnız tek bir gene sahiptirler. D) Gametler tamamen rastgele birleşirler; iki gamet arasında özel bir çekim ya da karşı itiş sözkonusu değildir. Bir problemi çözerken aşağıdaki sırayı izlemekte büyük yarar vardır:

1. Her gen çifti için kullanacağınız simgeleri yazınız.

2. Ataların genotiplerini, ataların fenotipinden ya da yavruların fenotipinden çıkarmaya çalışınız.

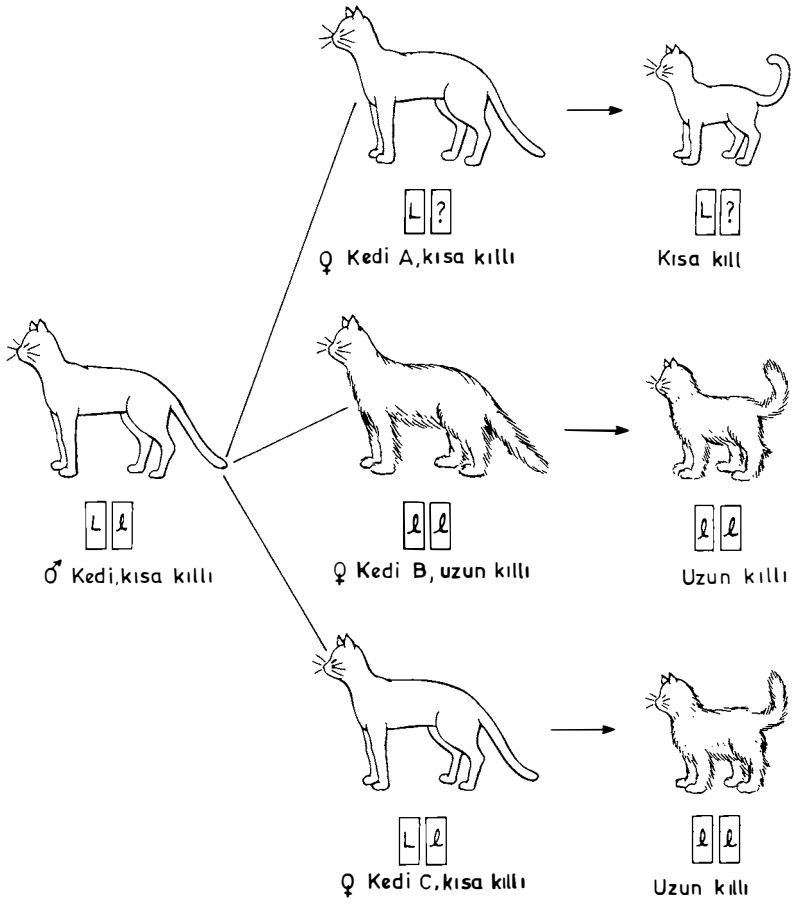
3. Her atanın meydana getirebileceği gamet tipini bulunuz.

4. PUNNET karesi hazırlayarak meydana gelen gametleri önceden açıkladığımız gibi yerleştiriniz ve meydana gelen kombinasyonları bulunuz.

Konunun daha anlaşılır hale gelmesi için küçük ve basit bir problem çözelim.

Kedilerde kıl uzunluğu kalıtsaldır. Kısa kıllılık başat (L), uzun kıllılık çekinik (l)'dir (Şekil 10.24).

Biz kısa kıllı bir erkek kediyi, A (kısa kıllı), B (uzun kıllı), C (kısa kıllı) dişi kedilerle çiftleştirelim. Doğan yavrular A'da kısa kıllı, B'de uzun kıllı, C'de yine uzun kıllıdır. Acaba bireylerin genotipleri ne olabilir? Erkek kısa kıllı olduğunda kesinlikle bir L genine sahiptir; çünkü kısa kıllılık başattır. A dişisi de en azından bir L genine sahiptir. B dişisi ll'dir, çünkü uzun kıllılık çekiniktir. C dişisi ise keza yine bir L içerir. Erkekle B dişisinin meydana getirdiği yavru uzun tüylü olduğundan erkeğin heterozigot olması gerekir. Aksi takdirde LL olsaydı, erkek sadece L gametlerini meydana getireceğinden doğacak yavruların hepsinin kısa tüylü olması gerekecekti. C dişisi yine uzun kıllı yavru meydana getirdiğinden heterozigot olması gerekir ve yavru 1/4 olasılıkla uzun kıllı olmuştur. A dişisinin meydana getirdiği yavru kısa tüylü olduğundan genotipi LL ya da Ll olabilir. Bu durumda A dişisinin genotipi hakkında kesin birşey söylemek olanaksızdır. Keza yavru heterozigot mu, yoksa homozigot mu o da bilinemez.



Şekil 10.24 : Bir genotipin hesaplanması (Barnes'den).

10.9. ÇEKİNİK GENLERİN SAPTANMASI

Heterozigotluk ve homozigotluk çoğunluk hücresel düzeyde anlaşılabilir. Başat gen, çekiniği örtmekle; yani yaşam için gerekli enzimleri sentez ettirebilmekle beraber; iki başat gen, bir tanesine göre daha çok ve hızlı üretim yapabilir. Fenotipik düzeyde bu farklılık anlaşılmamakla beraber; hücresel düzeyde yapılacak analizlerle o hücrenin homozigot ya da heterozigot başat olup olmadığı anlaşılabilir.

10.9.1. ORAK HÜCRELİ ANEMİNİN (HETEROZİGOT HALDE) TANINMASI

Orak Hücreli Anemide hastalığın nedenini çekinik bir s geni olarak kabul ederiz. Homozigot çekinik bireyler ağır bir anemiden dolayı çoğunluk genç yaşta ölürler. Heterozigotlar sıtmaya dayanıklıdır ve çoğunluk homozigot başatlardan fenotipik olarak ayrılmazlar. Hücresel düzeyde yapılan analizler bu kalıtımın bir çeşit intermediyer olduğunu ve heterozigot bireylerde hemoglobinin bazılarının normal bazılarının

da orak şeklindeki hücrelerden olduğunu göstermiştir (Şekil 10.25). Heterozigot bireyler yüksek rakımlara çıkarıldığında daha az oksijen aldıklarından şoka girerler ve biz de bu denemeden heterozigotları anlayabiliriz. Bununla beraber bu iki hemoglobin çeşidi farklı elektrik şarjına sahip olduğundan elektroforezde de ayrılabilirler. Heterozigotlarda bu ayırım çok belirgindir.



Şekil 10.25 : Orak hücreli anemili birinde kanın genel görünümü. Çekinik bir özellik olarak varsayılmakla beraber, hücresel düzeyde intermediyer etki yaptığı bilinmektedir. Alyuvarların orak şeklinde içeriye çökmesine dikkat ediniz.

10.9.2. FENİLKETONÜRİNİN (HETEROZİGOT HALDE) TANINMASI

Zararlı çekinik genleri taşıyanlar bazı testlerle tanınabilir. Örneğin homozigot pp genlerini taşıyanlar fenilketonüri hastalığına tutulurlar. Bu tip hastalar fenilalanin denen amino asidi parçalayan belirli karaciğer enzimlerini sentezleyemezler. Fenilalanin kanda birikerek geri zekalılığa neden olur (Şekil 10.26). Fenilalanin miktarı kanda



Şekil 10.26 : Fenilketonüri hastalığına sahip on yaşındaki bir Japon kızının (solda), on bir yaşındaki normal bir Japon kızıyla beraber fotoğrafı. Hasta çocuğun saç, göz ve deri renginin açıklığına dikkat ediniz (Penrose'den).

azaltılmakla, ortaya çıkardığı zararlar önlenebilir. Eğer heterozigot bir bireye bol miktarda fenilalanin verilirse, bu yüksek dozdaki fenilalanini indirgemek için homozigot başat bireylerdekinin iki misli çalışmaya gereksinme gösterir. Buradan bir başat genin bir miktar enzim meydana getirdiği görülür; eğer ikinci başat gen de varsa bu enzimleri meydana getirme hızı iki mislidir.

10.9.3. TAY-SACHS HASTALIĞININ (HETEROZİGOT HALDE) TANINMASI

Keza biyokimyasal olarak da heterozigotları saptamamız olasıdır. Çocuklarda bir çekinik t geni yağların parçalanmasını sağlayan heksoaminidaz-A enziminin üretilmemesine neden olur. Göbek bağı kesilinceye kadar çocuk ananın enzimini kullanır. Bu bağ koptuktan sonra enzim üretilmediği için,yağ, özellikle beyinde birikmeye başlar. İlk beş- altı ayda normal olan çocuk daha sonra beyinsel işlevlerini yitirmeye başlar ve bir-iki sene sonra da ölür (Tay-Sachs anormalliği). Bu geni heterozigot olarak taşıyanların hücrelerinde enzim miktarının analizi yapılmakla heterozigotluk tanınabilir. Heterozigotlar homozigot başatlara göre daha az enzim taşırlar. Buna karşın sinirlerde yağ birikimini önlemek için yeterlidirler.

10.9.4. SİSTİK FİBROZİSİN (HETEROZİGOT HALDE) TANINMASI

Bazı hallerde de ne biyokimyasal olarak ne de fenotipik olarak heterozigotluğu ve homozigot başatlığı ayıramayız. Örneğin sistik fibrozis genini heterozigot olarak taşıyanlar bu şekilde saptanamaz. Fakat belirli hayvanların hücreleri bu farkı bize gösterebilir. Eğer sistik fibrozisli insanların kan serumundan, tavşan trakesinden alınmış epitel üzerine dökülürse, sillerin titreşiminde belirli bir yavaşlama gözlenir. Homozigot başat (normal) bireylerden alınan serum, hareketlerde bir değişikliğe neden olmaz. Heterozigot bireylerinki ise ikisinin arasında bir titreşim hızına neden olur. Keza midyelerin sifonlarındaki silli epitel de aynı tepkiyi gösterir. Tek bir midyenin silli epiteli 50 kadar test için yeterlidir.

10.10. GEN FREKANSININ DENGELENMESİ

Birçok çekinik gen homozigot halde zararlı olmasına karşın populasyonda tükenmeden sürdürülebilmektedir. Çünkü bu genlerin frekansı o kada düşüktür ki homozigot çekinik duruma geçmeleri çok küçük olasılıklarla olabilir. Bu nedenle çekinik genler populasyonlarda yitirilmeden devam ettirilebilir.

Başat zararlı olanların sayısı da dengede tutulur. Örneğin insanlardaki bir başat M geni göz merceğinin çok bombeli ve dolayısıyla çok küçük yaşlardan itibaren yakın görür (miyop) olmalarına neden olur. Bu bireylerin toplumda yaşama ve başarıya ulaşma şansları az olduğundan populasyondaki M geninin frekansının artması da önlenmiş olur.

10.11. GEN BAĞLANTISI VE KROSSING-OVER (PARÇA DEĞİŞİMİ)

Bir kromozom üzerindeki bütün genler birbirine bağlı olduğu için beraberce kalıtılma eğilimleri vardır. Örneğin 12. kromozom üzerindeki bir gen büyük babadan geliyorsa, aynı kromozom üzerindeki diğer genlerin de büyük babadan gelme olasılığı fazladır. MENDEL, bu bağlantı gruplarının kalıtımını, yani aynı kromozom üzerinde bulunan genlerin kalıtımını ölçtü. Fakat bazı sapmaların açıklanmasını bir türlü yapamadı. Bu şekildeki bağlantı grupları 1906'da iki İngiliz genetikçisi BATESON ve PUNNET tarafından tatlı bezelyelerle yapılan denemelerde bulundu. Saf (homozigot) purpur renkli ve silindirik polenli bezelyeler ile, kırmızı çiçekli ve yuvarlak polenli bireyleri çaprazladılar. F_1'in hepsi purpur renkli ve silindirik polenliydi. Çünkü bunlar başat özelliklerdi. Meydana gelen bireyleri homozigot çekinik bireylerle geriye çaprazlayarak (resiprokt çaprazlama) test yaptılar. MENDEL'e göre açılımın 1:1:1:1 olması gerekecekti. Fakat sonuç yaklaşık 7:1:1:7 olarak çıktı. Büyük gruplar ana ve babaya benzer gruplardı. Küçük gruplar rekombinasyonlardı. Bu, genlerin aynı kromozom üzerinde olduğunu ve bağlantılı kalıtıldığını gösterir. Fakat yeni kombinasyonlar nasıl oluşmuştu?

Sitolojik çalışmalar bu soruya yanıt verdi. Mayozun ilk profaz ve metafazında çift kromozomların kiyazma yaptığı görüldü. Kromozomlar arasında parça değişimi yapılarak genlerin rekombinasyonu sağlanıyordu.

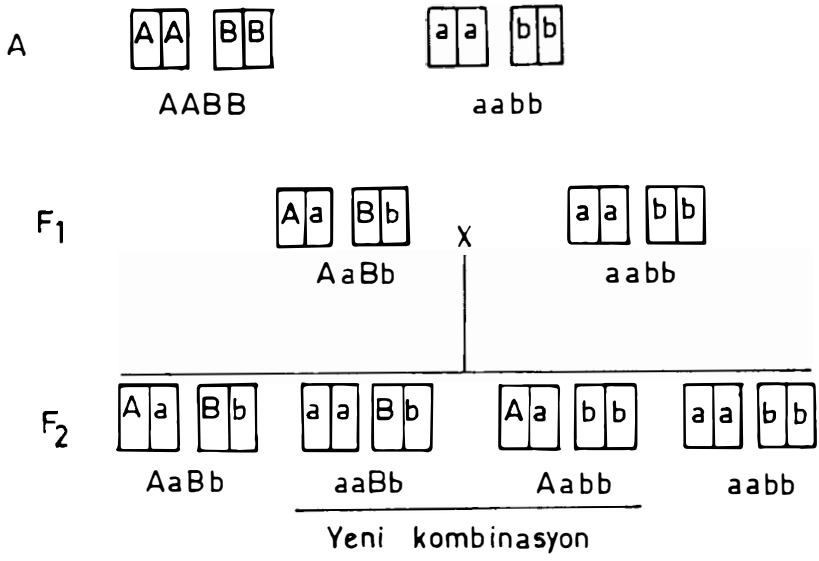
10.11.1. TEKLİ KROSSİNG-OVER

Hayvanlarda sınırlı sayıda kromozom olmasına karşılık binlerce gen bulunmaktadır (insanda 20.000 - 120.000 kadar). Bu, herbir kromozom üzerinde birçok genin bulunduğunu göstermektedir. O zaman bir kromozom üzerinde bulunan genlerin kuramsal olarak ayrılmadan birlikte kalıtılması gereklidir. Biz bir kromozom üzerinde bulunan tüm genlere "Bağlantı Grubu" diyoruz. Bir bireydeki bağlantı grubu o bireyin haploit kromozom sayısına eşittir.

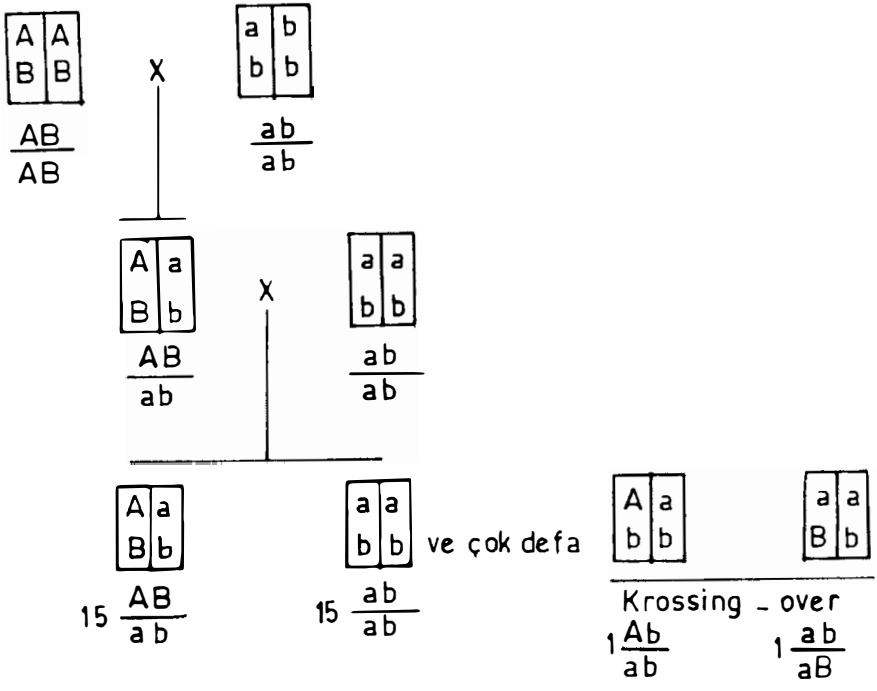
Fakat uygulamada yapılan çaprazlamalar, bir kromozom üzerindeki tüm genlerin birlikte kalıtılmadığını göstermektedir. Ortaya çıkan fenotiplerden homolog kromozomlar arasında parça alış verişi olduğu saptanmıştır, buna "Krossing-Over" denmiştir.

Örneğin (Şekil 10.27): AABB ve aabb genotiplerine sahip iki bireyi çaprazladığımızda, F_1 AaBb olur. F_1'i tekrar homozigot çekinik bir bireyle geri çaprazlarsak [eğer A, B ve onların çekinik allelleri ayrı ayrı kromozomlar üzerinde ise, yani genler arasında bağlantı yoksa, genler serbest olarak kombine olacaktır] büyük anne ve büyük baba tipleri (AaBb ve aabb) ve yeni kombinasyonlar ortaya çıkar; gen sayısına göre meydana gelmesi gereken gamet kadar kombinasyon beklenir.

Fakat A ve B genlerinin aynı kromozom üzerinde bulunduğunu varsayalım (Şekil 10.28), yani iki gen arasında bağlantı bulunsun. AABB bireyi ile küçük aabb

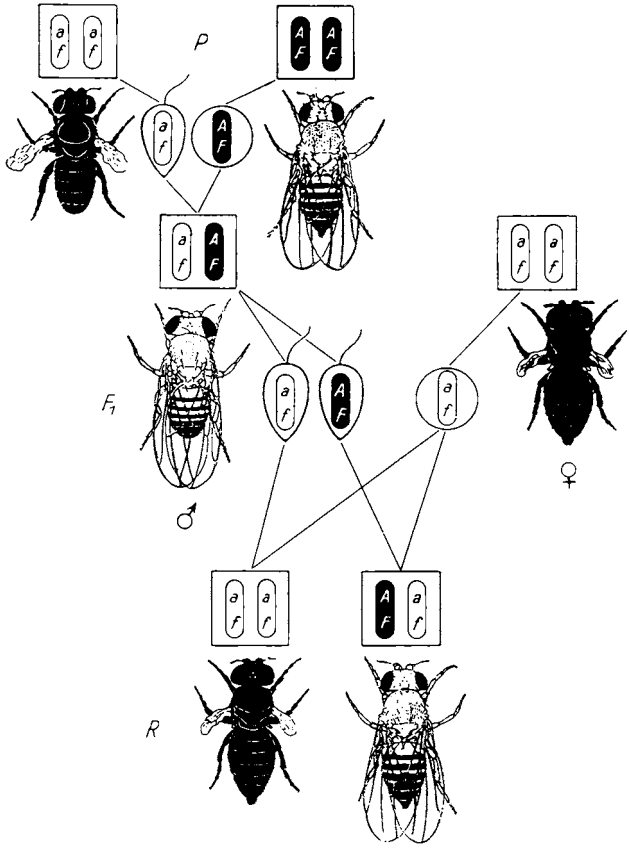


Şekil 10.27 : A ve B genleri bağımsız olarak farklı kromozomlar üzerinde bulunduğunda kalıtım.



Şekil 10.28 : A ve B genleri bağımlı olarak aynı kromozom üzerinde bulunduğunda kalıtım.

bireyini çaprazlayalım. F_1 (AaBb)'i homozigot çekinik bir bireyle geri çaprazladığımızda [iki gen arasında bağlantı varsa iki simge birlikte yazılır; fakat allel genler birbirinden bir çizgiyle ayrılır (Şekil 10.28) ve onların altına bir çizgi çizilerek allelleri çizginin altına yine birlikte yazılır, örneğin Ab/aB gibi. Yani homolog kromozomlardan birinde bulunan genler çizginin üzerine diğeri ise altına yazılır] beklenen 4 fenotip ortaya çıkabilir. Fakat genler arasında bağlantı olmasaydı bu 4 fenotip eşit sayıda ortaya çıkacaklardı. Oysa ataya ait tipler yeni kombine tiplerden çok daha fazla oluşmaktadır. örneğin, 15 defa kadar fazla. Eğer iki gen arasında bağlantı kesin olsaydı yeni kombine tipler ortaya çıkmayacaktı; çünkü AABB bireyi yalnız AB, aabb bireyi yalnız ab gametini meydana getirecektir. Zigot AB ve ab genlerini içeren iki kromozomun karşı karşıya gelmesiyle oluşacaktır. F_1 dölünde AB ve ab genleri birbirine bağımlı olduğundan iki tip gametin çıkması gereklidir, yine AB ve ab gametleri (Şekil 10.29). Halbuki F_2'de az da olsa Ab ve aB gametlerine rastlıyoruz. Buradan



Şekil 10.29 : *Drosophila melanogaster*'de birbirine bağlı iki genin kalıtımı. Körelmiş kanatlı, siyah bir bireyle (aaff), normal kanatlı, gri bir birey (AAFF) çiftleştiriliyor ve AaFf genotipindeki F_1 erkeği, siyah ve körelmiş kanatlı dişi ile geri çaprazlanıyor. Genler birbirine bağlı olduğundan F_2'deki bireyler atalarına benzemekte ve yeni kombinasyonlar meydana gelmemektedir (Kühn'den).

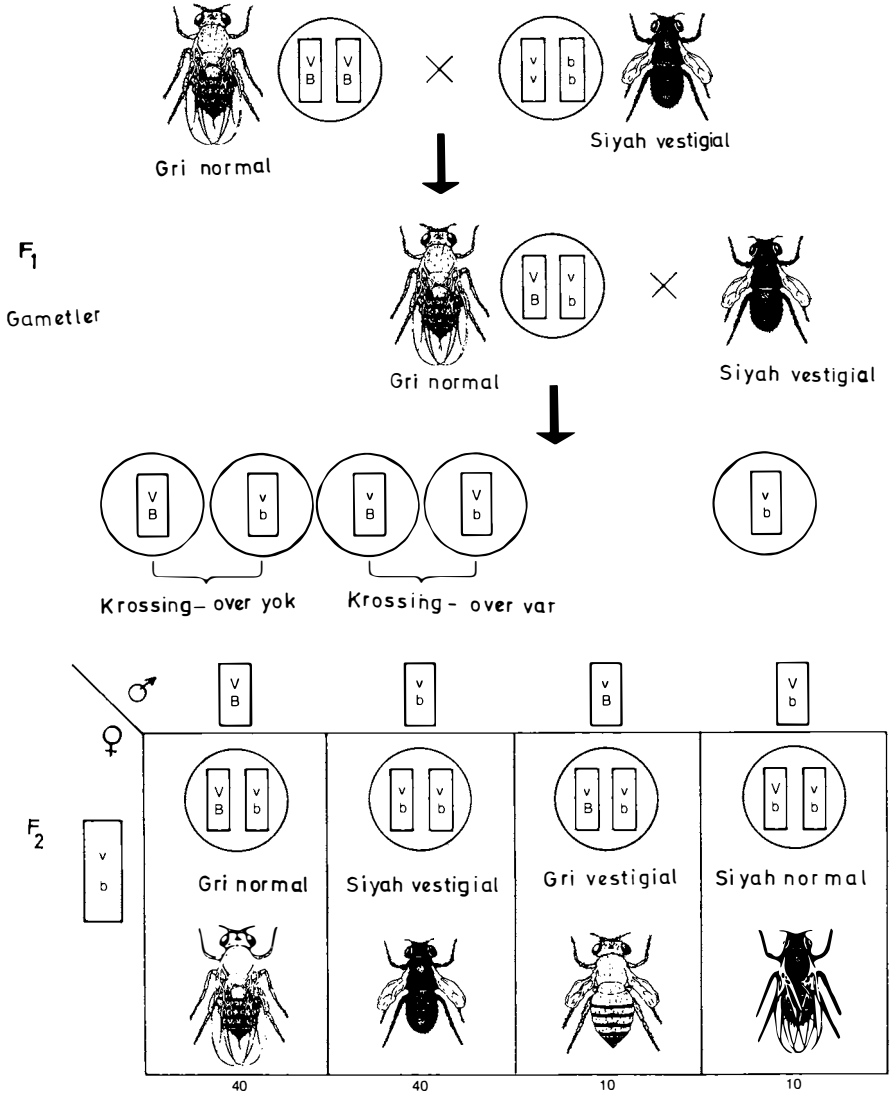
anlaşılıyor ki mayoz bölünme sırasında homolog kromozomlar arasında parça değişimi olmakta, dolayısıyla bir kromozom üzerindeki gen homolog kromozomunun eşdeğer bölgesine gitmekte ve oradaki gen de birinci kromozom üzerine gelmektedir. Mayoz bölünme sırasında sinaps yapan kromozomlarda kiyazma ile bu parça değişimleri yapılır; (Şekil 10.13 ve 32)'de bu parça değişimi daha açık olarak gösterilmiştir. Bu parça değişimlerinin evrimsel gelişim sırasında büyük önemi vardır. Her ne kadar yeni kombinasyonlar bireyin yararına olmayabilirse de, çok kere ona yeni uyum yeteneği ve yaşam kavgasında yeni olanaklar sağlayabilir.

Bağımlı genler çok kere hayvanın eşeyine göre de değişmektedir. Örneğin, *Drosophila*'da erkeğin genleri, kesinlikle birbirine bağımlı olmasına karşılık, dişide mayoz sırasında, genler arasında her zaman krossing-over, yani gen alış verişi vardır. Bunun nedeni hala açıklanamamıştır. İki gen arasındaki mesafe ne kadar büyük ise bağlantı o kadar zayıftır. Yanyana bulunan birçok gen hemen her zaman birlikte kalıtılır. Uzak olanlar ise parça değişiminden yani krossing-overden dolayı birbirlerinden ayrılabilirler. Belirli genler arasındaki krossing-over oranı belirli koşullarda daima aynıdır ve krossing-over oranı o iki gen arasındaki mesafeyi vermiş olur.

Bağlantının derecesi, bir bireyin meydana getirdiği krossing-overli bireylerin, meydana getirdiği tüm bireylere oranı olarak hesaplanır. Bunun birimi "S e n t i-m o r g a n"dır.

Sirke sineğinde V geni normal kanadın v geni ise körelmiş (vestigial) kanadın oluşumuna; B geni gri renkli vücuda, b geni ise siyah renkli vücuda neden olur (Şekil 10.29). Bunların tümü aynı kromozom üzerinde toplanmıştır. VVBB bireyi ile vvbb bireyini çiftleştirelim. F_1 VvBb olacaktır. Bunu tekrar homozigot çekinik bir bireyle geri çaprazlarsak, normal dihibritte rastlanan oranların dışında fenotipler bulunur. Bu genler birbirine bağlı olmasaydı oran 1:1:1:1 olacaktı. Eğer genler birbirine mutlak bağlı olsaydı yalnızca VB ve vb gametleri meydana geleceğinden, yalnız atalarına benzeyen VvBb ve vvbb bireyleri elde edilelecekti. Halbuki ortada yeni kombinasyonlar vardır. O halde parça değişimi, yani krossing-over meydana gelmiştir. Dolayısıyla V ve B genleri arasında değişim olmuştur ve F_1 de Vb, vB gametleri de ortaya çıkmıştır. Öyleki bir homolog kromozomda bulunan VB genlerinden bir tanesi V ya da B, krossing-overle homolog kromozomun öbür parçasına gitmiş oradan da v ya da b gelmiştir. Yeni homolog kromozomların yapısı atalarınkinden farklı olacaktır, yani Vb, ve vB'dir. F_1 dölü tamamen kanatlı ve gri renklidir. F_2'de normal kanatlı-gri ve körelmiş kanatlı-siyah bireylerin yanında normal kanatlı-siyah ve körelmiş kanatlı-gri bireylere de rastlanır. İşte bu son iki fenotip krossing-overle meydana gelmişlerdir. Sirke sineklerinde bu krossing-over oranı % 20, yani 1/5'tir. Bu, meydana gelen gametlerden yalnız 1/5'inde krossing-over olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla 100 bireyden 40 normal-kanatlı gri, 40 tanesi körelmiş kanatlı-siyah, 10 tanesi normal kanatlı-siyah, 10 tanesi de körelmiş kanatlı-gridir. Bu durumda V ve B genleri arasında 20 krossing-over birim mesafesi vardır. Yapılan uzun denemeler bir kromozom içerisinde bütün genlerin bir doğrultu üzerinde dizildiğini göstermektedir. Böylece krossing-overlerin yüzdesini hesaplamakla gen haritaları yapılmıştır. Bu, hangi genin

nerede olduğunu ve hangi gene ne kadar yakın ve uzak olduğunu göstermektedir. Örneğin, (Şekil 10.31)'de A, B ve C genleri aynı kromozom üzerinde ise, A ile B arasında meydana gelen krossing-over, A ile C arasında ya da B ile C arasında meydana gelen krossing-over oranından farklı olacaktır. Çünkü A ile B ve C arasındaki uzaklıklar birbirinden farklıdır. A ile B arasında krossing-over birimi 5 ise, B ile C arasında 3'se; A ile C arasında krossing-over oranı ya 8 ya da 2 bulunacaktır. Eğer A bir başta C öbür başta ise krossing-over oranı 8'dir. Yok A bir başta C ortada ve B öbür başta ise krossing-over oranı 2'dir. Bu şekilde hesaplamalarla genlerin nerelerde olduğu hangi gene yakın olduğu belirlenir (Şekil 10.31).



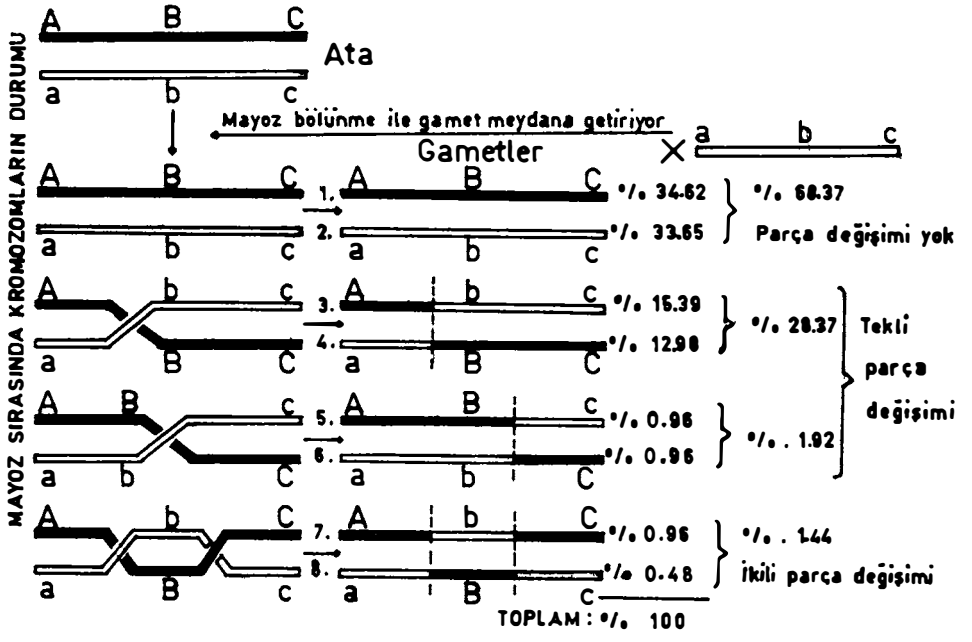
Şekil 10.30 : Sirke sineğinde krossing-overin saptanması.



Şekil 10.31 : Krossing-over değerlerine göre genlerin kromozom üzerinde yerlerinin bulunması.

10.11.2. ÇİFT KROSSİNG-OVER

Kromozomlar arasında ikili kiyazmalar ile çift parça değişimi de meydana gelir. Buna, daubl (çift) krossing-over denir (Şekil 10.13 ve 32). AABBCC genotipli birey ile aabbcc genotipli bireyini birleştirdiğimizde AaBbCc melezi meydana gelir. Bunun meydana getirdiği gametler; A, B, C birbirine bağlı genler olduğundan, daha çok ABC ve abc gametleridir. Tekli krossing-overle ABc, aBC, abC, Abc gametleri; çift-krossing-overle AbC ve aBc gametleri meydana gelir. Çift krossing-over iki tane tekli krossing-over sayıldığından toplam krossing-over yüzdesine katılır.



Şekil 10.32 : Bir denemede, parça değişimiyle ortaya çıkan yeni kombinatların sayı ve % olarak saptanması.

Örneğin : ABC ve abc genleri aynı kromozom üzerinde bir bağlantı grubu oluştursun (Şekil 10.32). ABC/abc bireyi parça değişimi olmasaydı yalnız ABC ve abc gametlerini meydana getirecekti. Fakat iki kromatit arasında parça değişimi olacağından sadece ABC ve abc gametleri değil, bunların yanında, sayıca daha az olmak üzere ABc, Abc, aBC, abC (tekli parça değişimi ile), aBc ve AbC (ikili parça değişimi ile) gametleri de oluşacaktır. Bu gametler abc gameti ile çaprazlanırsa değişik fenotipte bireyle ortaya çıkacaktır. Örneğin sirkesineğinde A (koyu kırmızı renkli göz),

a (eozin renkli göz), B (normal kanat), b (körelmiş kanat), C (normal şekilli göz), c (çöküntülü göz şekli) bağlantı grubunu oluşturur. ABC/abc genotipindeki bir bireyin abc/abc genotipindeki bir bireyle çaprazlandırılmasıda aşağıdaki sayı ve genotipte bireylerin meydana geldiğini varsayalım (Şekil 10.32).

Genotip	Gözlenen birey sayısı		Yüzde	
ABC/abc	72	142	% 34.62	% 68.27
abc/abc	70		% 33.65	Parça değişimi yok
Abc/abc	32	59	% 15.39	% 28.37 } Tekli parça değişimi
aBC/abc	27		% 12.98	
ABc/abc	2	4	% 0.96	% 1.92 } Tekli parça değişimi
abC/abc	2		% 0.96	
AbC/abc	2	3	% 0.96	% 1.44
aBc/abc	1		% 0.48	İkili parça değişimi
Toplam :	**208**		**% 100**	

Görüldüğü gibi en yüksek rakamlar ABC/abc ve abc/abc genotipindeki ataya benzer tiplerde görülür. Yani bu üç gen arasında bağlantı vardır. Eğer ayrı ayrı kromozomlar üzerinde olsaydılar, açılımları birbirine eşit olacaktı. Bu üç genin kromozom üzerindeki diziliş sırası ve aralarındaki mesafe krossing-over oranını saptamakla bulunur. Çünkü iki genin arasındaki uzaklık (bağlantı derecesi) arttıkça, krossing-over oranı da paralel olarak artar. Bunun için izlenecek yol şöyledir:

1. Tüm bireylerin toplam sayısı bulunur.
   $142 + 59 + 4 + 3 = 208$
2. Ataya benzer bireylerin sayısı ve toplam içerisindeki %'bulunur.

$$72 + 70 = 142 \qquad \begin{matrix} 208 & 142 \\ 100 & x \end{matrix} \qquad x = \frac{14200}{208} = \% 68.27$$

3. A-B ya da a-b genleri arasındaki uzaklığı bulabilmek için A ve B; a ve b genlerinin birbirinden ayrıldığı tüm rekombinantlar sayıca bulunur ve toplam birey sayısına göre % olarak çıkarılır. Burada:

$$\begin{matrix} \text{Abc/abc} & 32 \\ \text{aBC/abc} & 27 \end{matrix} \qquad \begin{matrix} 208 & 62 \\ 100 & x \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \text{AbC/abc} & : & 2 \\ \text{aBc/abc} & : & 1 \\ & & 62 \end{matrix} \qquad x = \frac{6200}{208} = 29.81 \text{ SM (sentimorgan)}$$

Buradan A-B ya da a-b genleri arasındaki bağlantı değerinin 29.81 sentimorgan (ya da krossing-over oranının % 29.81) olduğu saptanır.

4. B-C ya da b-c genleri arasındaki uzaklığı bulabilmek için B ve C; b ve c genlerinin birbirinden ayrıldığı tüm rekombinantlar sayıca bulunur ve toplam birey sayısına göre % olarak çıkarılır.

ABc/abc	: 2	208	7
abC/abc	: 2	100	x
AbC/abc	: 2		
aBc/abc	: 1	$x = \frac{700}{208} = 3.37$ SM	
	7		

Buradan B-C ya da b-c arasındaki uzaklığın (bağlantının) 3.37 sentimorgan ya da iki gen arasındaki krossing-over değerinin % 3.37 olduğu bulunur.

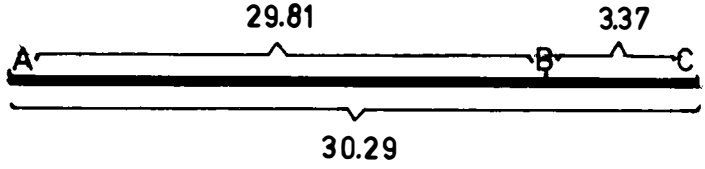
5. A-C ve a-c genleri arasındaki uzaklığı (bağlantı derecesini) saptamak için yine A ve C; ve a ve c'nin birbirinden ayrıldığı rekombinantları sayıca toplayıp tüm bireylere göre %'sini buluruz. Burada:

Abc/abc	: 32	208	63
aBC/abc	: 27	100	x
ABc/abc	: 2		
abC/abc	: 2	$x = \frac{6300}{208} = 30.29$ SM	
	63		

Buradan A-C ya da a-c genleri arasındaki uzaklığın (bağlantı derecesi) 30.39 SM ya da aralarındaki krossing-over değerinin % 30.29 olduğu bulunur.

Bulduğumuz krossing-over değerleri genler arasındaki mesafeyi göstermektedir. A-B = 29.81; B-C = 3.37; A-C = 30.29.

Üç genin ABC, BAC, BCA şeklinde dizilmeleri mümkündür. Elde ettiğimiz değerlere göre dizilimin ancak Şekil 10.33'deki gibi olması gerekir.



Şekil 10.33: ABC genlerinin dizilimi (açıklama metinde).

Fakat toplama göre A-B + B-C = A-C = 29.81 + 3.37 = 33.18 olması gerekirken burada A-C = 30.29 olarak çıkmıştır. Bu fark, ikili parça değişiminde iki yerde kopma olduğu için, iki tekli krossing-over varmış gibi düşünerek elde edilen değeri eklemekle giderilir. Çünkü, 3. ve 4. işlemlerde AbC/abc ve aBc/abc genotipi ve değerleri ayrı ayrı iki defa, hesaba katılmıştır.

6. Toplam birey sayısı içerisinde ikili parça değişimi gösterenlerin sayısı:

AbC/abc	: 2	208	3
aBc/abc	: 1	100	x
	3		

$$x = \frac{300}{208} = \% 1.44$$

olduğundan ve biz bu oranı iki tane tek krossing-over olarak düşünüp iki defa hesaba kattığımızdan (3. ve 4. işlemlerde) 1.44 × 2 = 2.88 olmuştur. O zaman A-C = A-B + B-C − 2 × çift krossing-over oranı = 29.81 + 3.37 − 2 × 1.44 = 30.30 olur. Bu durumda A-C arasındaki gerçek krossing-over yüzdesi 29.81 + 3.37 = 33.18'dir.

Genlerin bu şekilde yerleri bulunmak suretiyle kromozom haritaları yapılmaktadır. İlk defa MORGAN ve arkadaşları tarafından 1911 yılında *Drosophila*'nın kromozom haritası yapılmıştır. Bu çalışmaya göre I. Kromozom (X kromozomu) 66 SM, II. Kromozom 107.3 SM, III. Kromozom 106.2 SM ve IV. Kromozom 0.2 SM'dir. IV. kromozomun bağlantı grubu çok kısadır; ancak birkaç gen taşır. Y kromozomu da hemen hemen boştur; çok az gen taşır.

Krossing-overi düşünürken şu özellikleri unutmamamız gereklidir:

1. Kromozomlardaki parça değişimi mayozun tetrat (dörtlü iplik) evresinde meydana gelir. 2. Parça değişimi ya homolog kromozomların kromatitleri arasında olur (rekombinasyon meydana gelir) ya da aynı kromozomun kromatitleri arasında meydana gelebilir. O zaman açığa çıkan fenotipi normal bağımlı gen kalıtımından ayırmak olanaksızdır. 3. Parça değişimi kromatitler arasında tümüyle rastgele ve serbestçe meydana gelir. Kromatitlerin seçimi de rastlantıya bağlıdır. 4. Bir krossing-over kendine yakın bir bölgede ikinci bir krossing-overi önler. Örneğin, *Drosophila*'da bu ara 10 sentimorgandır.

10.11.3. KROSSİNG-OVERİN EVRİMSEL ÖNEMİ

Krossing-over tüm kromozom üzerinde genlerin tek tek seçilmesine olanak verir. Örneğin yeni bir mutasyon çok yararlı özellikler sağlasın; fakat aynı kromozom üzerinde bulunacak başka bir veya birkaç gen de yaşam için zararlı sonuçlar verirse, bu genlere bağlı olarak yararlı genler de ortadan kalkacaktır. Krossing-overle bu yararlı gen, bu kromozomdan ayrılarak başka bir kromozoma taşınabilecektir ve orada daha yararlı genlerle beraber bulunabilecektir. Bu şekilde, meydana gelen yararlı mutasyonların seçilmesi ve saklanması sağlanabilecektir.

Gen rekombinasyonu eşeyleri ayrılmış canlılarda meydana gelir. Eğer krossing-over olmasaydı ayrı eşeyliliğin de önemi olmayacaktı. Bu şekilde çeşitlilik sağlanmıştır. Dünyada ilk iki milyar yılda eşey ayrımı olmadığı için çeşitlenme çok azdı. Nitekim daha sonra ayrı eşeylilik ortaya çıkınca (bir milyar yıldan beri) krossing-overle çeşitlenme sağlandı ve bu kadar çok canlı türünün ortaya çıkması gerçekleşti.

10.12. GENLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER

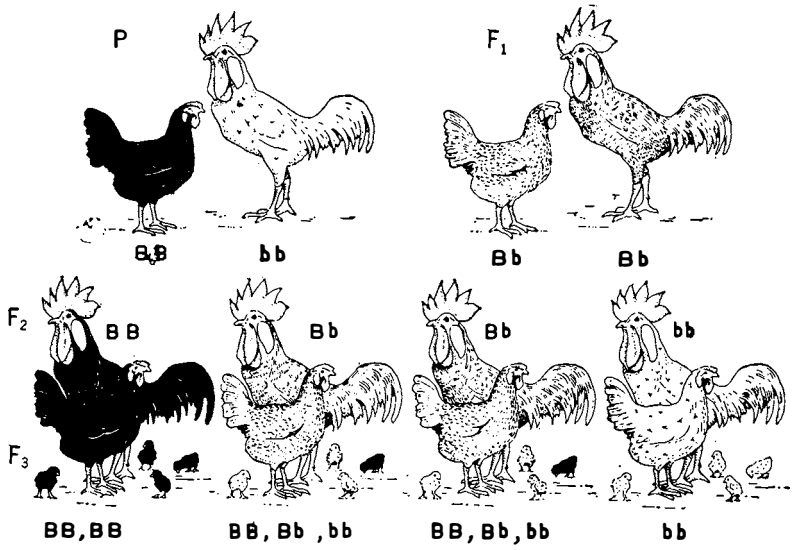
Başat bir gen hiçbir zaman bütün bireylerde aynı kuvvette etkisini gösteremez; fenotipte açığa çıkma oranına o genin **"Penetrans"**ı denir. Bir başat genin fenotipte açığa çıkması **"Manifastasyonu"** diğer başat genlerle, komşu genlerle **(Durum**

Etkisi) veya kromozom üzerindeki genlerin yer değiştirmesiyle ya da başat genin etkisini değiştirecek modifikatör genlerle ilgilidir. Son olarak çevre koşulları da genlerin etkisini göstermeye ya da onun derecesini belirlemeye önemli ölçüde katılır.

Yapılan gözlemler MENDEL yasalarına büyük ölçüde uyum gösterir. Fakat bazı durumlarda bu oranlardan önemli sapmalar gözlenir. MENDEL yasalarında genellikle bir gen bir özelliği kontrol etmektedir. Halbuki birçok genin bir özellik üzerinde etkin olduğu durumlar vardı ve bu durumlarda MENDEL yasaları geçersizdir.

10.12.1. EKİVALENTLİK = YARI DOMİNANTLIK = İNTERMEDİYER KALITIM

Bu kalıtımda allel genler arasında bir başatlık ve çekiniklik yoktur. Her gen kendi özelliğini eşit oranda gösterir. Örneğin, siyah Endülüs tavuğu (SS), beyaz Endülüs tavuğu (ss) ile çiftleştirilirse, çıkan yavru (Ss) mavi olur (Şekil 10.34). Çünkü her ikisi de kendi etkisini tam olarak gösterememiştir (daha önce anlatılan intermediyer kalıtıma bkz.).



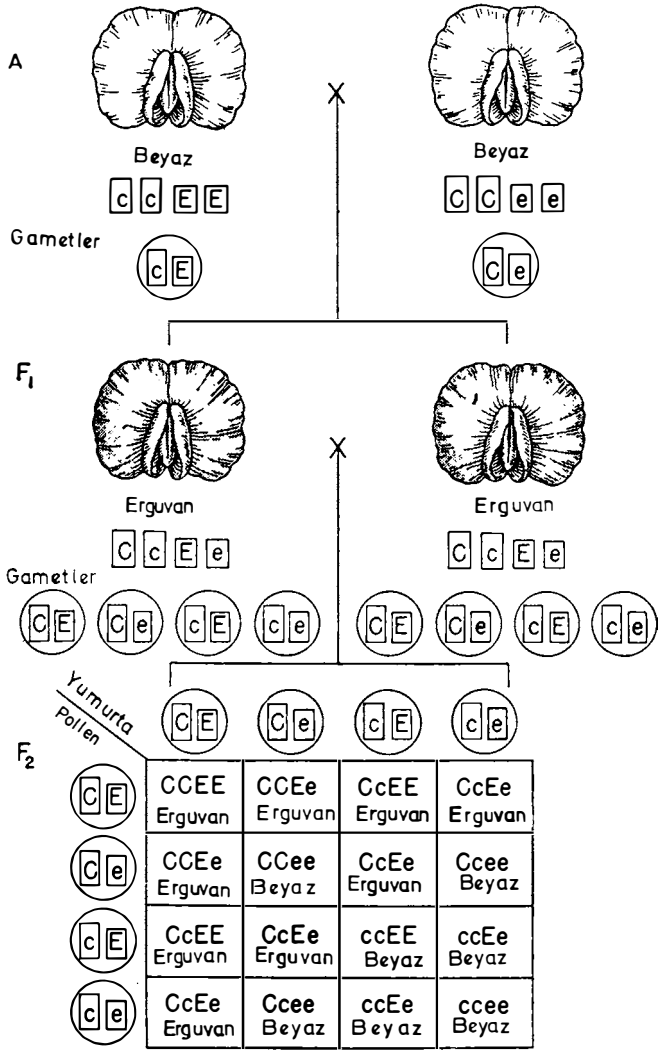
Şekil 10.34 : İntermediyer kalıtım gösteren Endülüs tavuklarında açılım. Siyah ve beyaz bireylerin çiftleşmesinden mavi F_1 dölü meydana gelir. F_1'in kendi arasında çiftleşmesiyle de 1 (siyah) : 2 (mavi) : 1 (beyaz) çıkar. B : Siyah, b : Beyaz, Bb : Mavi (Storer'den).

10.12.2. KOMPLEMENTER GENLER

Bu tip kalıtımda iki bağımsız genden biri, diğerinin başatı olmadan fenotipte etkisini gösteremez. İki gen çiftinden birinin ya da her ikisinin başatı olmazsa aynı sonucu verir. Bir tek başat gen hiçbir etki gösteremez.

Örneğin, tatlı bezelyenin bazılarında çiçeklerin bir kısmı beyazdır. İki beyaz çiçekli bezelyeyi birleştirdiğimizde (gen yapısı farklı) F_1'in tümünün erguvan renkli

olduğunu görebiliriz (Şekil 10.35). Homozigot çekinik bireylerle çaprazlandırıldığında çıkan bireylerin 9 (erguvan)/7 (beyaz) olduğu görülür. Bu oran komplementer genler için karekteristiktir. Yapılan analizler iki gen çiftinin farklı kromozomlar üzerine toplandığını göstermiştir. Bunlardan bir çifti (C gen çifti) rengi meydana getirecek bileşiğin ham maddesini yapar. İkinci çift ise (E çifti) bu ham maddeyi renk maddesine çevirecek enzimin yapımını kontrol eder. Homozigot cc ham maddeyi sentez ettiremez, homozigot ee enzimi sentez ettiremez. C-ee veya ccE- kalıtsal yapısı ham maddeden ya da enzimden birinin ortaya çıkmasına uygun olmadığından; bir başat gen olmasına karşılık renk oluşmayacaktır. CCee ve ccEE bireylerinin (her ikisi de beyaz) çaprazlandırılmasında, CcEe bireyleri çıkacağından ve bu bireyler iki başat geni de taşıdığından, hem madde hem enzim sentezlenebilecektir; dolayısıyla erguvani renk meydana gelecektir.



Şekil 10.35: Komplementer kalıtım (bezelye çiçeğinde rengin kalıtımı).

Fenotip: 9 Erguvan:7 Beyaz.

10.12.3. SUPPLEMENTER GENLER

Bağımsız iki genin aynı özellik üzerinde etkin olması (bir tanesi başat halde diğer genin başatı olsa da olmasa da etkisini göstermesine karşılık, diğeri yalnız birinci genin başat olması halinde etkisini gösterebilir) haline supplementer kalıtım ve genlere supplementer genler denir.

10.12.3.1. *Farelerde Supplementer Kalıtım*

Farelerde siyah rengi B, kahverengini b genlerinin meydana getirdiğini biliyoruz. Fakat ayrıca bir C geni melanin oluşumu için gerekli enzimi kontrol eder. Başat C geni bulunmazsa, B veya b geninin herhangi biri bulunsa dahi akşın (albino) olur. Bu durumda kürk veya deri akşın, gözler kırmızıdır (iriste renk maddesi oluşmaz; burada bulunan kılcal damarlar kırmızı renk verirler). Durum şudur, C geni öbür genin başatı bulunsun ya da bulunmasın etkisini göstermektedir. Fakat B veya b geni yalnız C geninin bulunması halinde etkisini gösterebilmektedir. ccBB (albino) bir bireyle CCbb (kahverengi) bir bireyi çaprazlarsak F_1'in hepsi siyah (CcBb) renkli olur. İki F_1 bireyi kendi aralarında çaprazlandırılırsa F_2, 9 siyah: 3 kahverengi: 4 albino (akşın)'dır.

10.12.3.2. *Mısırda Supplementer Kalıtım*

Bazen komplementerlikle supplementerlik yanyana olabilir. Örneğin, mısırda C ve R genleri yanyana olduğu zaman koçan kırmızı, herhangi birinin başat geni olmadığı zaman beyaz olur. Bu iki gen komplementerdir. Fakat diğer bir P geni, başat C ve R genleri olduğu zaman erguvan rengini vermektedir. Yani P geni ile C ve R genleri supplementerdir.

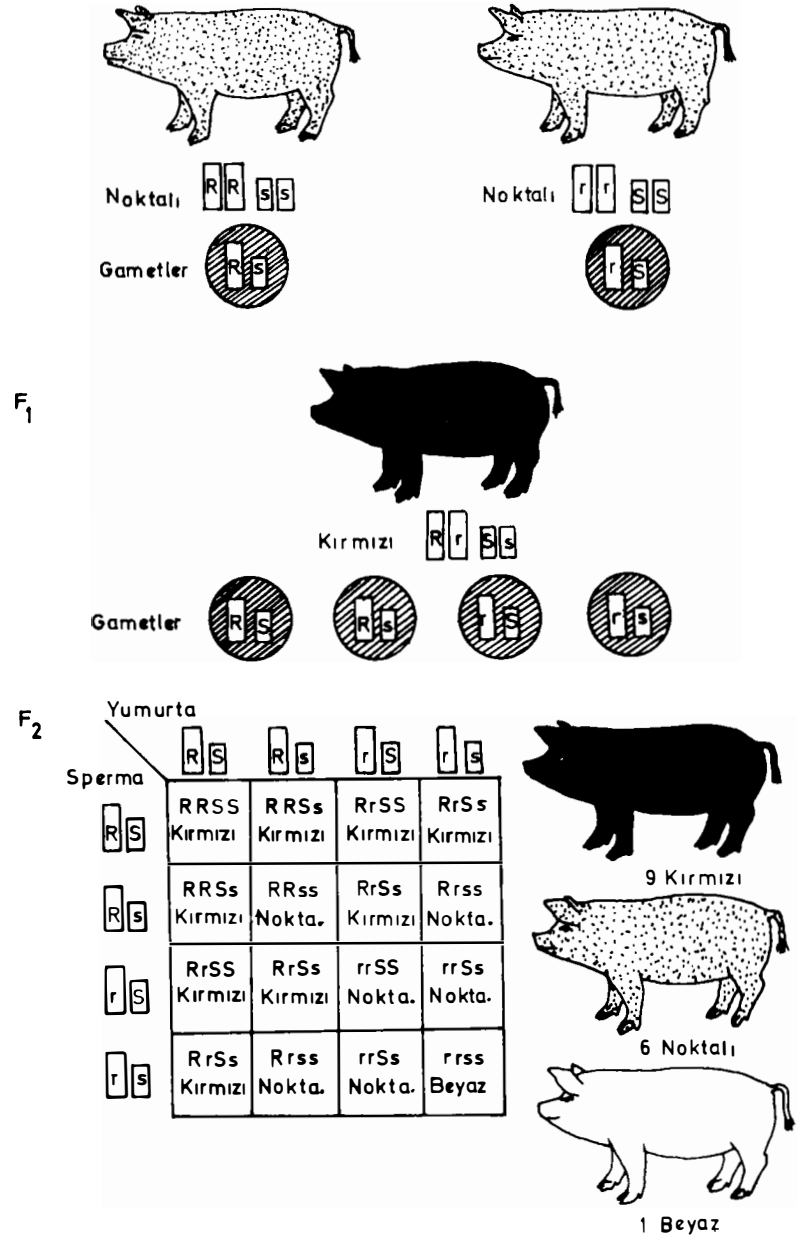
10.12.3.3. *Domuzlarda Supplementer Kalıtım*

Durok Jersey domuzlarında kürk rengini R-r ve S-s genleri kontrol eder (Şekil 10.36). Bu genlerden bir tanesinin başatı bulunduğu zaman kısmi kırmızı renk meydana gelir. Her ikisinin başatı bulunduğunda tamamen kırmızı renk açığa çıkar. Her ikisinin çekiniği bulunursa birey beyaz olur. RRss (noktalı, kısmi kırmızı renkli) bir bireyle rrSS (kısmi kırmızı renkli) bir birey birleştirilirse F_1 dölleri kırmızı olur; bunlar kendi aralarında çaprazlandırıldığında, F_2 dölünde, 9 kırmızı: 6 kısmi kırmızı: 1 beyaz birey açığa çıkar. Bu tip supplementerliğe "Karşılıklı Supplementerlik" denir.

10.12.3.4. *Tavuklarda Supplementer Kalıtım*

Bazı cins tavuklarda çeşitli ibik şekli ve bunların kalıtımını denetleyen ilginç bir supplementerlik görülür (Şekil 10.37).

R geni gül ibiği, P geni bezelye ibiği, RP genleri ceviz ibiği, rrpp çekinik genleri de balta ibiği meydana getirir.



Şekil 10.36 : Suplementer kalıtım (domuz renginde).

Eğer gül ibik (RRpp), bezelye ibikle (rrPP) çaprazlanırsa, bütün bireyler ceviz ibikli (RrPp) olur. F_1 ceviz ibikli bireyleri kendi aralarında çaprazlandığında 9 ceviz (R-P-) : 3 bezelye (rrP-) : 3 gül (R-pp) ve 1 tane balta (rrpp) ibikli çıkar.



Gül ibik
RRpp

×



Bezelye ibik
rrPP

F_1



Ceviz ibik
RrPp



9 Ceviz

F_2

	RP	Rp	rP	rp
RP	RRPP ceviz	RRPp ceviz	RrPP ceviz	RrPp ceviz
Rp	RRPp ceviz	RRpp gül	RrPp ceviz	Rrpp gül
rP	RrPP ceviz	RrPp ceviz	rrPP bezelye	rrPp bezelye
rp	RrPp ceviz	Rrpp gül	rrPp bezelye	rrpp balta



3 Gül



3 Bezelye



1 Balta

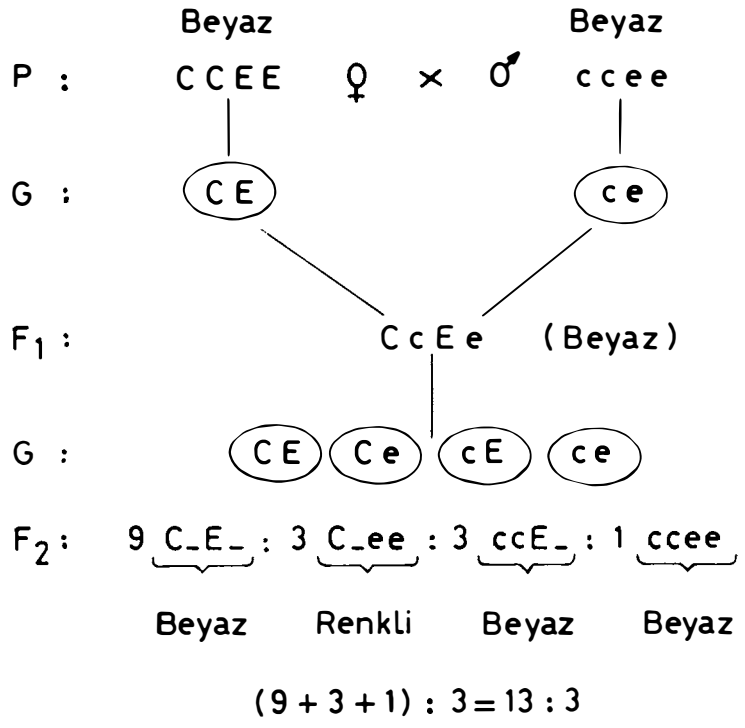
Şekil 10.37: Suplementer kalıtım (tavuk ibiklerinde).

10.12.4. ENGELLEYİCİ GENLER (Şekil 10.38)

Bazı başat genler diğer başat genlerin etkilerini fenotipte göstermesine engel olabilir.

Örneğin, beyaz renkli bir tavukla (legorn), beyaz renkli bir viyendot horozunu çiftleştirelim. F_1'in hepsi beyaz renkli olur. F_2'de ise beyaz ve renkli bireyler meydana gelir; 13 beyaz: 3 renkli.

C geni renk meydana getiren, E geni ise onu engelleyen gen olsun. F_2'de renkli genler bulunduğuna göre anada ya da babada C geninin bulunması gerekir; aynı zamanda beyaz olması için onu engelleyen E geninin de aynı bireyde bulunması gerekir. O halde atalardan birisi CCEE ya da (C-E-)'dir. Öbür ata da her iki geni çekinik olarak taşıdığından beyazdır. F_2'de C geni başat e geni çekinik olan bireylerin sayısı 3 olduğundan onlar renkli çıkarlar (Şekil 10.38). Diğerlerinde ya renk geni çekiniktir ya da engelleyici gen başat halde bulunur.



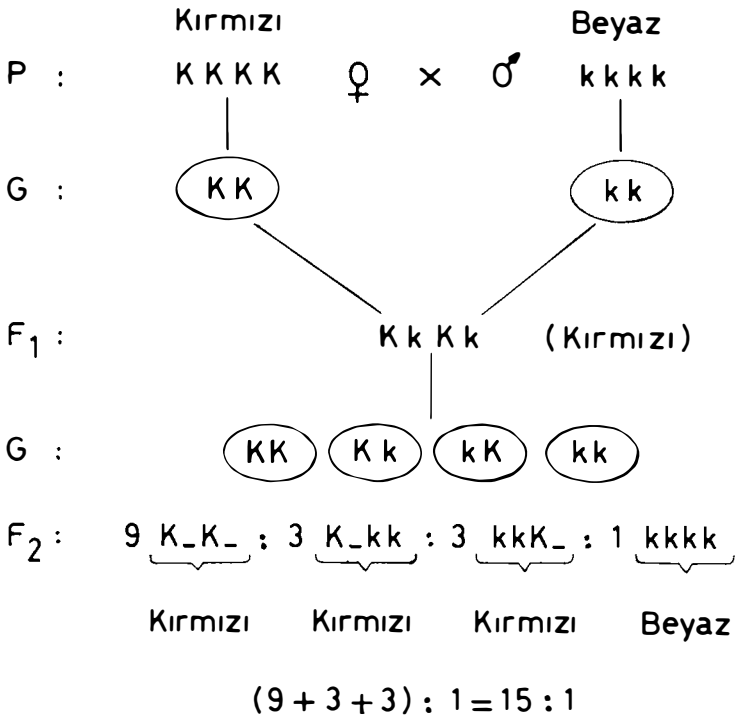
Şekil 10.38 : Engelleyici gen (E. Bilge'den).

10.13. ÇOK GENLİ (POLİGENİK) KALITIM

MENDEL yasaları tüm kalıtım şekilleri için geçerli değildir. Bazı özelliklerin kalıtımı bir uçtan diğerine adım adım değişebilir. Yani iki seçenek bunlarda yoktur. Bir özellik birçok gen tarafından kalıtılır.

10.13.1. ETKİSİ KÜMÜLATİF OLMAYAN (ÜST ÜSTE EKLENMEYEN) POLİMERİK GENLER (Şekil 10.39)

Bazı özellikler birbirinin alleli olmayan başat genler tarafından meydana getirilebilir. Örneğin, çiçeklerde kırmızı rengi meydana getiren K_1 ve K_2 genleridir. Bunlardan birisi başat halde bulunduğu zaman kırmızı renk meydana gelir. İki veya üç ya da dört başat genin olması renkte herhangi bir değişiklik meydana getirmez. Ancak K_1 ve K_2 çekinik homozigot ($k_1k_1k_2k_2$) olduğunda beyaz renk meydana gelir. $K_1K_1K_2K_2$ bireyi ile $k_1k_1k_2k_2$ bireyini birleştirdiğimizde F_1, $K_1k_1K_2k_2$ (kırmızı) olur. F_2'de yalnız bir birey homozigot çekinik olacağından, yalnız o beyaz renkli olur, yani oranı 1 : 15'dir.



Şekil 10.39 : Etkisi kumulatif olmayan polimerik kalıtım (E. Bilge'den).

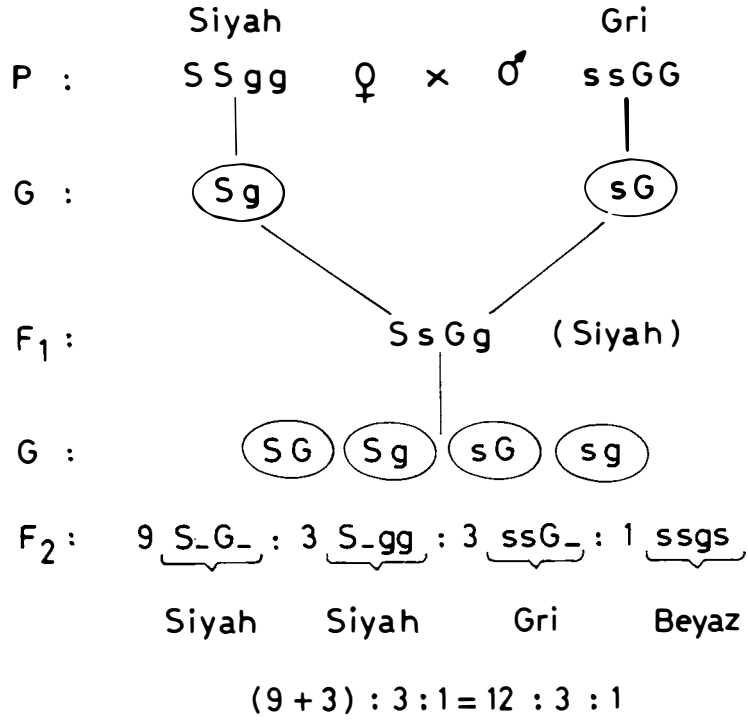
10.13.2. EPİSTASİ (Şekil 10.40)

Aynı özellik üzerine farklı şekilde etki eden; fakat allel olmayan, farklı başat genlerden birinin fenotipte kendini göstermesine ve diğer başat genin etkisini örtmesine **Epistasi**, etkisi görülen gene **Epistat**, etkisi gizli kalan gene de **Hipostat** denir. Yulaflarda siyah ve gri tohum veren varyeteler bilinmektedir. Bunlar S ve G genleri tarafından kontrol edilir. Eğer bir birey S-G ise her zaman S etkisini gösterecektir ve tohum siyah olacaktır. Gri renk S'nin başat olmadığı bireylerde açığa çıkacaktır.

10.13.3. ETKİSİ KÜMÜLATİF OLAN (ÜST ÜSTE EKLENEN) POLİMERİK GENLER

İnsanlara ait birçok özellik, uzunluk, vücut iriliği, vücut şekli, zekilik, deri rengi; bitki ve hayvanlarda birçok ticari özellikler, süt verimi, tavuklarda yumurta verimi, meyvelerde büyüklük vs. kümülatif genler tarafından kontrol edilir. Bütün bu özelliklerin geçişleri kesin sınırlarla birbirinden ayrılmaz; hiçbir zaman tek bir gen çiftiyle kalıtılmaz. En azından iki ya da daha fazla gen çiftinin olması gereklidir. Kural olarak aynı özellik üzerine iki ya da daha fazla gen çifti etki eder. Poligenik genler tarafından kontrol edilen farklı özellikli iki ırk çaprazlandığında F_1'deki bireyler hemen hemen birbirine benzer. Özellikler bakımından iki ata arasında sanki geçiş formuymuş gibi intermediyer kalıtıma benzer bir yapı gösterir. Fakat F_2'de çok geniş bir varyasyona

rastlanır. Büyük ataya benzer bireylerin sayısı pek azdır. Her iki ekstrem (uç) özellik arasında çok geniş bir geçiş formu vardır; her birey bu açılımın herhangi bir yerinde bulunur. İnsan derisinin rengi iki gen çiftiyle kalıtılır (A, a ve B, b). Renk pigmentlerinin fazlalığı, bulunan başat gen sayısıyla artar. Yani buradaki başatlık tam bir başatlık değildir. Her başat gen, özelliğin biraz daha kuvvetlenmesini sağlar.



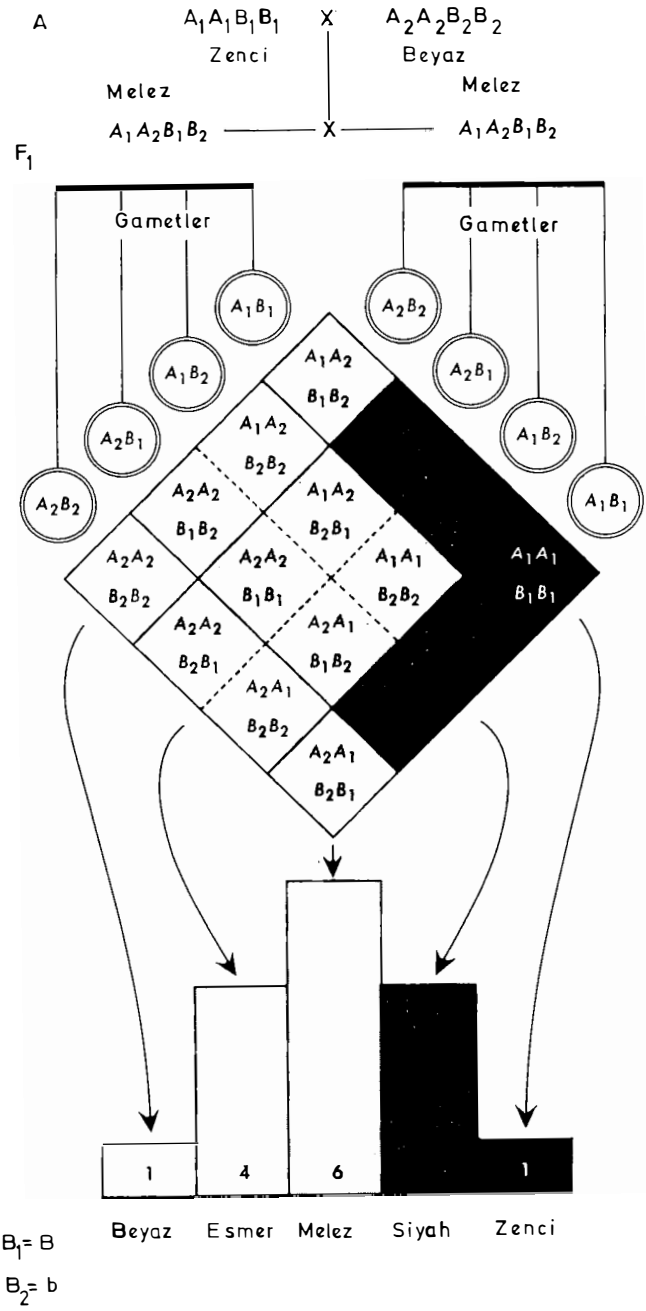
Şekil 10.40 : Epistasi (E. Bilge'den).

10.13.3.1. *İnsanda Rengin Kalıtımı*

Tam bir zenci AABB genotipindedir (Şekil 10.41); tam bir beyaz ise aabb'dir. Her ikisini çaprazladığımızda AaBb genotipli F_1, melez olacaktır. F_2'de ise tam siyah zenciden beyaza doğru geniş bir açılıma rastlanır. En az rastlanılan tip gerçek ataya benzeyen tiplerdir, yani tam siyah ve tam beyaz. Aabb esmer; AAbb, AaBb ve aaBB melez; AaBB siyah; AABB tam siyah zenci, aabb ise beyaz olacaktır. Bu oran, 1 (zenci), 4 (üç başatlı siyah) : 6 (iki başatlı melez) : 4 (bir başatlı esmer) : 1 (beyaz)'dır.

10.13.3.2. *İnsanda Boy Uzunluğunun Kalıtımı*

İnsanda boy uzunluğu ve irilik yine poligenik (ola ki 10 ya da daha fazla) genler tarafından kalıtılır. Kısalık uzunluğa, kabalık zarifliğe başattır. Fakat bu tip özellikler üzerine çevre koşullarının etkisi de çok fazladır. Normal sayılabilecek insan boyu 140-206 cm. arasında değişir. Binlerce insan ölçüldüğünde uç değerlerin en az, GAUS



Şekil 10.41: Etkisi kümülatif polimerik genler (insanda deri rengi).

eğrisine uygun olarak orta değerlerin en fazla olduğu görülür. Poligenik olarak kalıtılan bütün özelliklerde bu durum görülür. Örneğin, yumurta ve süt üretiminde ya da okul çocuklarında yapılan zeka testinde (zeka üzerine beş çift genin etki ettiği kabul edilir) oran yine aynıdır.

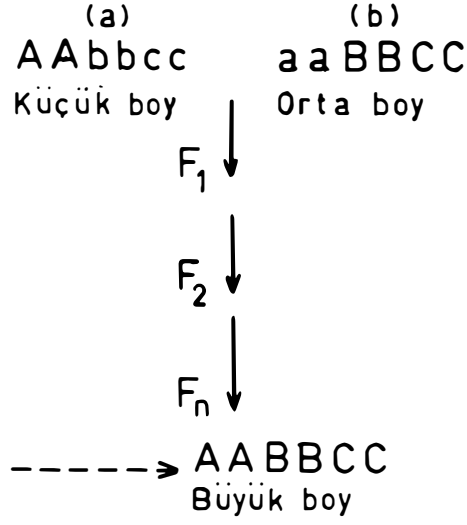
10.13.3.3. *Buğday Renginin Kalıtımı*

1909'da İsveçli NİLSON-EHLE buğday tohumu renginin kalıtımı üzerinde yaptığı çalışmada birkaç çift genin birbirine bağımlı olmadan etki ettiğini buldu. Koyu kırmızı renkli tohumları, beyaz tohumlularla çaprazladığında, yarı başat kalıtımda olduğu gibi bir karışım meydana gelmişti. F_1'i kendi arasında çaprazlayınca, F_2'de beş çeşit rengin ortaya çıktığını ve oranın 1:4:6:4:1 şeklinde olduğunu gördü. Bu şekildeki bir kalıtım iki çift gen ile mümkündü. Koyu kırmızılar dört başat, beyaz olanlarda dört çekinik gen taşıyordu.

10.13.3.4. *Kümes Hayvanlarının Büyüklüğünün Kalıtımı*

R.C. PUNNET, Golden Hamburg denen büyük tavuklarla Seabright Bantams denen küçük tavukları birleştirdiğinde F_1 bireyleri ikisinin arasındaki bir büyüklükteydi. Fakat F_2'nin bazı bireyleri Hamburg tavuklarından daha büyük olmuştu. PUNNET bu kalıtım şeklini şöyle açıklamıştı. Büyüklük dört çift genle kalıtılıyordu. Hamburg tavukları bunlardan 3 başat çifte sahipti, bir çifti de homozigot çekinikti, yani genotipleri AABBCCdd idi. Bantams tavukları ise yalnız bir çift başat gene sahipti ve bu da DD gen çifti idi; yani genotipleri aabbccDD'dir. F_1 AaBbCcDd şeklinde olmuştu. F_2'de bireylerden biri AABBCCDD olduğu için iri bir tavuk ortaya çıkmıştı.

Bu nedenle bitki ve hayvan ıslahcıları bazen güçlü ırkları zayıf ırklarla birleştirirler. Bu şekilde zayıf ırklarda bulunan bazı iyi özellikler güçlü ırklara nakledilebilir. Yani zayıf ırklarda bulunan; fakat güçlü ırklarda bulunmayan özellikler, bir çeşit güçlü ırkın gen hazinesine eklenmiş olur (interegressiyon = gen sokma konusuna bkz.!). Başlangıçta bu birleşme kaliteyi düşürür gibi görülürse de, sonuçta en yararlı genlerin bir araya toplanması olanak dahiline girer (Şekil 10 42).



Şekil 10.42 : a tavuk ırkında, büyüklüğü sağlayan yalnız A, b tavuk ırkında ise B ve C genleri vardır. Çiftleştirilmelerinde belirli bir generasyondan sonra AABBCC genleri bir araya toplanabileceğinden, en büyük tavuk ırkı elde edilmiş olur.

10.13.3.5. *Polimerik Islah*

Eğer kalıtsal olarak yeni ırklar elde etmek isteniyorsa F_2'de arzu edilen özellikleri en çok gösteren bireyler alınarak (örneğin en çok yumurta veren tavuğu ya da en çok et veren hindiyi, en iyi yün veren koyunu vs.) kendi aralarında çiftleştirilip bunlardan F_3 elde edilir ve tekrar seçilir. Bu seçilme arzu edilen özelliklerin homozigot hale geçmesine kadar sürdürülür. Bir zaman sonra artık daha fazla kalıtsal olarak ıslah etmeye olanak kalmaz. Çünkü bütün genler homozigot hale geçmişlerdir.

Bazı özelliklerin kalıtımında yalnızca bir özelliğin açığa çıkması, bir çift gene dayanmaz; aynı zamanda o özelliğin büyüklüğünü ve yaygınlığını kontrol eden bir poligenik gen dizisine de dayanabilir. Birçok memelinin postu üzerindeki lekeler bir çift gen tarafından meydana getirilir. Fakat onların büyüklüğü ve dağılımı bir seri poligenik gen tarafından kontrol edilir. Örneğin insanda gözün açık ya da koyu renkli olması çekinik ve başat bir gene dayanır. Fakat göz rengindeki tonların olması (açık ve koyu renklerde) başka kromozomlar üzerindeki polimerik genler tarafından (büyük bir olasılıkla üç çift gen, dolayısıyla 64 çeşit kombinasyon) kontrol edilir. Bu tip bir özelliğin gelişmesine ya da güdük kalmasına etki eden poligenik genlere "Modifiye Faktörler" denir.

10.13.3.6. *Poligenik Kalıtımda Genlerin Sayısının Saptanması*

Poligenlerin sayısı F_2'deki açılıma göre saptanabilir. Bir çift gen, deri renginin kalıtımında olduğu gibi, dört çeşit fenotip verir (1:4:6:4:1). Üçlü gen kalıtımında ekstrem bireylerin oranı 1/64 olacaktır. Dörtlü gen kalıtımında ekstrem bireylerin oranı 1/256 olacaktır. Dihibritte 5 çeşit fenotip olur (bunlardan 1/16'sı ekstrem değerlidir); diğerleri de buna göre açılım gösterirler. Örneğin trihibritte 3 gen çifti vardır. Yedi çeşit fenotip gösterirler. Biz fenotip çeşitlerini veya ekstrem değerlerin toplam birey sayısına oranını bulmak suretiyle gen çifti sayısını tahmin edebiliriz. Örneğin 1/1024 bireyden yalnız bir tanesi ekstrem fenotip gösteriyorsa, bu 5 çift gen tarafından kalıtılan poligenik bir kalıtım şeklidir.

10.14. PLEİOTROPİ

Şimdiye kadar anlatılanın aksine bir gen birden fazla özellik üzerine etkin ise bu olaya "Pleiotropi" denir. Örneğin, insanda kolların ve bacağın çok uzun olmasına neden olan gen, göz merceğinde de bir anormallik meydana getirir. A kan grubu insanlar mide kanserine, O kan grubu insanlar onikiparmak bağırsağı (duodenum) kanserine diğer gruplardan daha yatkındırlar. Demek ki kan grubu genlerinde pleiotropi vardır. Hatta bu grupların yaşam ve doğurganlık (fertilite) bakımından erkek ve dişilerde farklı etkilere sahip olduğu gözlenmiştir.

10.14.1. DROSOPHİLA'DA PLEİOTROPİ

Bir çekinik mutant gen, genel kırmızı gözün aksine bulunduğu bireye beyaz göz rengini kazandırır. Fakat bu gen aynı zamanda erkeklere farklı bir eşeysel organ

yapısını da kazandırır. Yani bir gen bağımsız iki vücut özelliğini aynı zamanda kontrol etmektedir.

10.14.2. İNSANLARDA FENİLKETONÜRİ (PKU)

Fenilalanini (bir amino asit) kanda tirozine çeviren karaciğer enzimlerine sahip her birey, en azından bir başat gen taşır. Homozigot çekinik bireylerde bu enzimler üretilmediği için fenilalanin kanda birikir. Bir kısmı yan ürün olarak fenil pirüvik aside parçalanabilir ve o şekilde kanda birikir. Kanda miktarı yükselen bu bileşikleri böbrekler süzerek sidiğe verirler. Fakat kandaki yüksek derişim beyin belişmesini önleyerek geri zekalılığa neden olur. Melaninin meydana gelmesi için gerekli olan tirozin oluşamadığı için, deri ve saçlar olması gerekenden daha açık olur (Şekil 10.26). Bir miktar melanin oluşur; çünkü besinlerden de belirli oranda tirozin alırız. Fakat bu yeterli olmaz. Tirozin bozukluğu normal kemik ve kas gelişimini de önler (özellikle bacakların); hasta yardım olmaksızın ayakta duramaz ve yürüyemez. Burada bir genin bir etkisi görülmekle beraber, sonuçta birçok bozukluk ortaya çıkmaktadır. Yani pleiotropik etkisi vardır. Zamanımızda özenli bir diyet ve bakımla bu çocukların sağlıklı yaşatılmaları mümkündür.

10.14.3. SİSTİK FİBROZİS (CYSTİC FİBROSİS)

Kalıtsal insan hastalığıdır. Pleiotropik etkisi olan çekinik bir gen tarafından meydana getirilir. Homozigot çekinik bireylerde, hücre çekirdeğinden elektrolitlerin geçişi aksar. Sodyum ve klor iyonlarının kandaki derişimi normal düzeyinin iki misline çıkar. Bu iyon dengesizliği hücrelerin yapışkan, tutkal gibi mukus çıkarmasına neden olur. Yapışkan mukus pankreas kanalını tıkar ve bağırsakta bu enzimlerin aksamasına neden olur. Yağ ve proteinlerin sindirimi büyük ölçüde yapılamadığı için, özel beslenme uygulansa da beslenme bozuklukları ortaya çıkar. Yağda eriyen vitaminler emilemez; böylece A ve D vitamini eksikliğinden doğan arazlar (semptomlar) ortaya çıkar. Safra kanalı mukusla tıkandığı için sarılık ve siroz hastalıkları ortaya çıkar. Mukusla bronşiyal boruların kapanması sonucunda kronik bronşit ve nefes darlıkları meydana gelir. Bu arazların hepsi bir bireyde aynı derecede görülmez. Fakat kombinasyonları erken ölüme neden olur. Kızlarda ortalama ölüm yaşı oniki; erkeklerde onsekizdir. Yoğun tıbbi bakım ve mukusu sıvılaştıran ilaçların kullanılması yaşam süresini uzatır.

10.14.4. MARFAN SİNDROMU (Şekil 10.43)

Tek bir nedenden meydana gelen özelliklerin tümüne "S i n d r o m" denir. Tek bir genin multipli etkisi sindrom olarak adlandırılır. Bundan önceki verdiğimiz iki örnek de çekinik genler tarafından kalıtılmıştı. Fakat bir başat gen bağ dokuda anormalliğe neden olur. Bağ doku, kemik, kıkırdak ve vücut parçalarını bir arada tutan dokuları kapsar. Marfan sindromunda uzun kemikler aşırı şekilde uzarlar. Bacaklar ve kollar vücuda göre, normal insanlardan çok daha uzundur. Parmaklar çok uzadığı için **"Örümcek Parmaklılık"** adını alır. Keza ayak parmakları da uzamıştır. Bu tip



Şekil 10.43 : Marfan sindromlu bir genç. Tek bir başat gen anormal bağ dokunun oluşmasına neden olur ve çok fazla kıvrılabilen eklemler meydana gelir. Resimde kolunu beline dolaması dikkati çekmektedir (Winchester'den).

şahıslar akıl alamayacak kadar esnek ve kıvrılabilir eklemlere ve krişlere sahiptirler. Diğer kemikler düzensiz büyümeden dolayı çarpık olabilir. Göğüsler öne doğru çıkıktır **"Güvercin Göğsü"** ve omurga bükülmüştür. İlaveten, kalp, zayıf kapaklara sahiptir ve kalpten çıkan aort tekdüze sağlamlaştırılmadığı için her kalp vuruşunda belirli yerlerde balonlar yapar. Göz merceğini yerinde tutan doku bağ doku olduğundan, mercekte kayma görülür. ABRAHAM LİNCOLN bu sindromu gösteriyordu.

10.14.5. PLEİOTROPİNİN EVRİMDEKİ ÖNEMİ

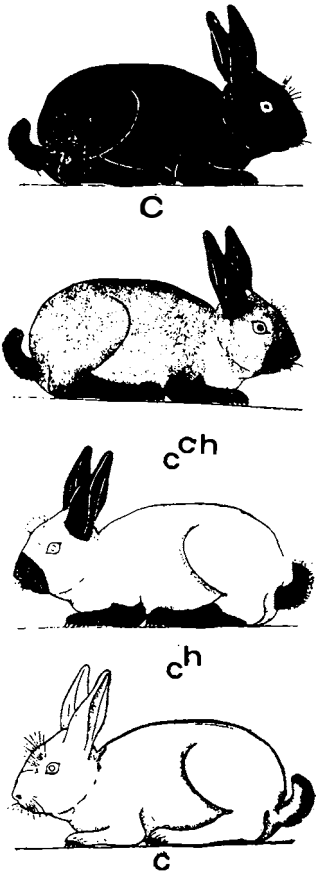
Doğal seçme fikri ortaya çıktığı zaman önemli bir soru yöneltilmişti. Bazı populasyonlarda zararlı etkisi olan genlerin frekansı neden yüksekti? Örneğin Amerika' daki her on zenciden biri orak hücreli anemi genini taşımaktadır. Homozigot bireyler arasında ölüm oranı çok yüksektir. Bütün bu zararlarına karşın doğal seçme ile neden elimine edilmediği veya azaltılmadığı merak edilmişti. Pleiotropi tüm bu soruların yanıtını verir. Eğer zararlı bir gen pleitropik özelliğe sahipse, başka bir yönden yararlı olabilir. Yararı, zararından fazla olduğu sürece bu genin frekansı populasyonda sürekli kalır. Örneğin orak hücreli aneminin malarya hastalığına karşın dayanıklı olması gibi. Malaryalı bölgelerde bu genin yararı, zararından fazla olduğu için populasyonda sürekliliği mümkün olmuştur.

10.15. MULTİPLİ ALLEL

Şimdiye kadar gördüğümüz konularda genellikle allel genlerden biri başat (büyük harfle gösterilen), diğeri çekinik (küçük harfle gösterilen) idi. Bu iki gen çeşidine ek olarak aynı lokusta bir özellik üzerine farklı şekilde etki eden 3 ya da daha fazla gen bulunabilir. Aynı lokusta bulunan bu genlerin herbiri ayrı ayrı fenotipe sahiptir. Bir populasyon içerisinde 3 veya daha fazla allel gen yayılmış olmasına karşın, bir bireyde ikiden fazla bulunamaz. Multipli allel genleri göstermek için aynı bir harf yazılır ve onların üzerine uygun işaretler, sayılar ya da harfler konur (kan gruplarına bkz.).

10.15.1. TAVŞANLARDA KÜRK RENGİ

Taşvanlarda kürk rengini kontrol eden bir seri allel gen vardır (Şekil 10.44). C geni normal kürk rengini "G ü m ü ş i", bunun çekiniği c homozigot olduğundan allbinoluğu, diğer iki alleli c^h "H i m a l a y a" homozigot olduğunda vücudun üzerinde beyaz lekeleri yapar; fakat burnun, kuyruğun ve kulağın uç kısımları siyah renklidir; ikinci allel c^{ch} homozigot olduğunda "Ç i n ç i l a" bütün vücudun üzerinde gri lekeler meydana gelir. C, c^{ch}, c^h, c gen dizisinde soldan sağa doğru başatlık vardır. Diğer multipli allel kalıtımda başatlık ve çekiniklik yoktur; her gen fenotipte kendi özelliğini gösterir. Heterozigot bir birey sanki ananın ve babanın özelliğini tam ve karışık olarak içerir. İntermediyer kalıtımda ana ve babanın özelliklerinin orta değeri meydana geliyordu. Halbuki bu çeşit kalıtımda ana ve babanın özellikleri yavruda tam olarak ortaya çıkmaktadır. Buna en iyi örnek insandaki kan gruplarıdır.



Şekil 10.44 :
Ada tavşanında birbirine allel olan dört gene ait (C, C^{ch}, c^h, c) fenotipler (Kosswig'den).

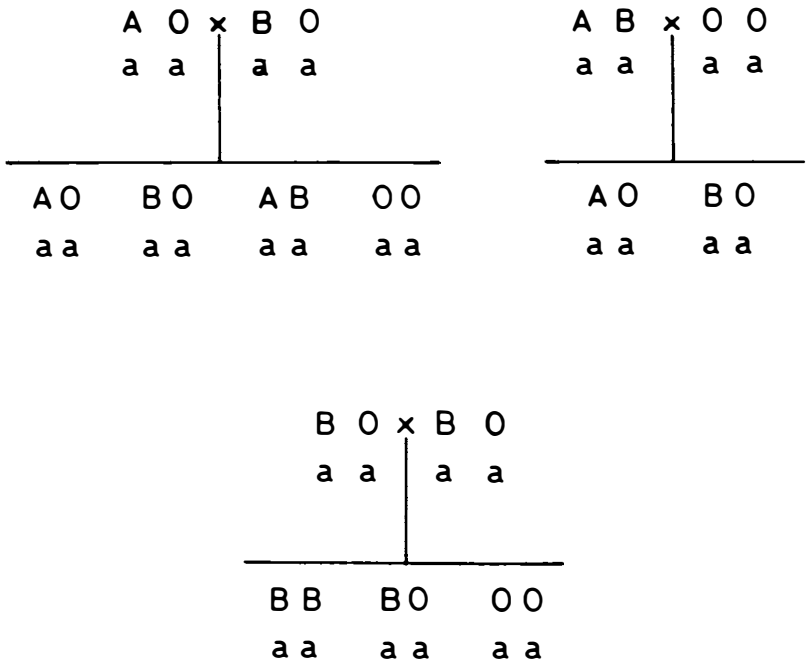
10.15.2. İNSANLARDA KAN GRUBU

İnsandaki kan gruplarının A, B, AB ve 0 grupları olduğunu biliyoruz. Diğer bütün allellerde olduğu gibi, aynı gen lokusunda meydana gelen mutasyonlarla, alleller, kan gruplarında da oluşmuştur.

a, a^A, a^B serisinin üç alleli insanda bulunan alyuvarlardaki agglutinojen maddesini düzenler. a^A geni A agglutinojenini, a^B geni B agglutinojenini meydana getirir. a geni ise agglutinojen meydana getirmez. a geni diğer ikisine göre çekiniktir. Fakat a^A, a^B genleri birbirine karşı ne başat ne de çekiniktir (Şekil 10.45).

Her biri diğerine bağlı olmadan kendi agglutionjenini meydana getirir. Kan transfüzyonu (nakli) yalnız alıcının ve vericinin agglutinojenleri aynı olduğu zaman gerçekleşebilir (daha geniş bilgi için 14.10'da kan konusuna bkz.!).

Kan grupları, babası veya anası bilinmeyen bebeklerin ya da hastahanelerde karıştırılan çocukların anasını saptamada kullanılır. Örneğin, çocuk A grubundan ana 0 grubundan ise baba B ve 0 grubundan olamaz. O zaman baba ya A ya da AB grubundandır. Bu tip saptamalarda kuşkulu şahsın, gayrimeşru çocuğun babası olmadığı kesinlikle söylenebilir; fakat hiçbir zaman kesinlikle babasıdır denemez.



Şekil 10.45 : Kan gruplarına ait bazı çaprazlamalar.

10.15.3. İNSANLARDA M - N FAKTÖRÜ

Biz farklı gen çiftleri tarafından kalıtılan 11 kadar kan faktörü biliyoruz. Bütün bu faktörler yavrunun babasını saptamada önemli rol oynayabilir. Kan grubunu kontrol eden genlerden başka önemli diğer iki faktör de M-N ve Rh kan gruplarıdır.

M-N sisteminde biri M diğeri N olmak üzere iki allel vardır. Kombinasyon MM, MN ve NN şeklinde olabilir.

10.15.4. İNSANLARDA Rh FAKTÖRÜ

Rh faktörü ilk defa *Rhesus* maymununda bulunduğu için bu isim verilmiştir. İnsanda farklı agglutinojenleri meydana getirir. Rh lokusunda gerçekten birçok allel vardır (R^z, R', R^y, r', R^2, R^o, r'', r, vs.). Fakat biz basit olarak iki gen çifti varmış gibi düşüneceğiz. Rh geni Rh pozitif antijeni meydana getirir, rh geni ise antijen meydana getirmez. RhRh ve Rhrh pozitif fenotipi, rhrh genotipi ise negatif fenotipi meydana getirir. Kan gruplarının yüzdesi ırklara göre değişiklik göstermektedir. Memleketimizde daha çok O grubu, en az da B grubu bulunur. İnsanların % 85'i Rh pozitif, % 15'i ise Rh negatiftir (daha geniş bilgi için kan konusuna 14.10'a bkz.).

10.16. IRK İÇİ VE IRK DIŞI ÇAPRAZLAMA

10.16.1. AKRABALAR ARASINDA ÇİFTLEŞME

Akraba bireyler arasında, özellikle kardeşler ve ana baba arasında evlenmenin, birçok zararlı sonuçlara götüreceğine eskiden beri inanılmaktadır. Bu nedenden dolayı birçok ülkede birinci dereceden (kardeşler arasında) ve hatta ikinci dereceden akrabalar (dayı-yeğen, kuzen) arasında evlenmeler kanunen yasaklanmıştır. Bitkiler ve hayvanlar arasıda yapılan dikkatli incelemelerde iç çaprazlamaların hiçbir zararlı sonucu görülmemiştir. Hatta sığırların, mısırların, kedilerin, köpeklerin, kavunların vs.'nin ıslahı, daha doğrusu ticari amaca uygun hale getirilmesi için bazı ırklar kullanılır ve iç döllenme bunlarda büyük önem kazanır. İnsanlarda yapılacak nesil ıslahı (eugenik önlemler) muhakkak ki kötü bir deneme olacaktır. Fakat bu birçok kalıtsal hastalığın ve insan populasyonunu tehdit edici kalıtsal değişikliklerin düzeltilmesini amaç edindiğinde değer kazanır. Fakat bazı özelliklerin düzeltilmesi için insan yaşantısını değiştirmek ve sınırlamak herhalde iyi sonuçlar vermeyecektir. Bütün hayvan ve bitkiler ırklarını homozigot özelliklere götürme eğilimindedirler. Fakat dünyadaki canlıların çoğu birçok özellik bakımından heterozigottur. Bu özelliklerden bir kısmı ticari bakımdan istenir ya da istenmez. İstenen birçok özellik çekinik olduğundan gizli kalır. İç döllenmelerle bu istenen özellikler homozigot hale geçirilerek ticari ırklar elde edilir (daha geniş bilgi için 24 - 27. bölümlere bkz.!).

10.16.2. MELEZLEME

Birbiriyle yakından akraba olmayan ırklar arasında yapılan çaprazlamalar birçok kalıtsal yararları beraberinde getirmektedir.

Bu tip çaprazlamalarda, yavru, atalarına göre daha uzun, daha güçlü ve sağlıklı olmaktadır.

Birçok gül, tahıl çeşidi; meyveler ve sebzeler birkaç ırkın çiftleştirilmesiyle "H i b r i t l e ş m e" en verimli ırk şekline sokulur. Eğer iki ırkın çiftleştirilmesiyle yeni bir çeşit elde edilirse buna "D i h i b r i t" üçse "T r i h i b r i t" vs. denilir. Buradaki dihibrit ya da trihibrit, genellikle gen düzeyindeki melezlemeler anlamında kullanılmaz.

Katır, atla eşeğin dihibritidir. Eğer baba eşek, ana kısrak olursa çıkan yavru katırdır. Bu karışım, attan ve eşekten daha çok çevre koşullarına uyar. Hibritlerin bu kuvvetlilik durumu "H e t e r o s i s" olarak bilinir. Esasında farklı ırkların birleştirilmesiyle değil, bazı özelliklerin heterozigot hale geçmesiyle bu güçlülük kazanılır. İstenen özelliklerin çoğunun başat genlerle kalıtıldığını biliyoruz. Özellikle poligenik kalıtımda başat genleri bir araya toplayabilirsek özellikler daha da kuvvetlenmiş olacaktır. İslah çalışmaları bu esasa dayanmaktadır.

10.17. ÇEVRE KOŞULLARININ ETKİSİ

Bir hücrenin içerdiği tüm kalıtsal değerlere onun genotipik yapısı denir. Fakat bu genotipik yapının çevre koşulları ile sınırlandırıldığını (reaksiyon normu) biliyoruz.

Örneğin, multipli allelde verdiğimiz tavşanlara ait renkte himalaya tipinin kuyruk, kulak, burun gibi sivri uçlu kısımları siyah renktedir (Şekil 10.44). Çünkü pigment birikimini meydana getiren enzim yalnız 30°C'nin altında aktiftir. Bu hayvanda ise vücudun ancak sivri kısımları 30°C'nin altına düşer. Eğer biz kulakları kapatarak sıcak tutarsak bir zaman sonra beyazlaştığını göreceğiz. Yani enzim etkisini kaybetmiştir. Beslenmenin, tuzluluğun, nemin, diğer iklim koşullarının canlıya nasıl etki ettiğini konunun başında kısmen anlatmıştık.

Aşırı ışınlandırma, sıcaklık, kimyasal maddeler ve bazı ilaçlar (enzimlerle antimetabolik bileşikler yapabilen) enzimlerin yapısını değiştirerek sanki bir mutasyon varmış gibi fenotipte anormal yapılar ortaya çıkarır. Bu fenotipik kopyayı gerçek gen mutasyonlarında ayırmak zordur. Bu fenotipik kopya, genellikle, canlının belirli bir gelişim evresinde etkinlenmesiyle meydana gelir. Örneğin, thalidomit ilacı gebeliğin 2. ve 3. ayları arasında alınırsa üyesiz yavrular meydana gelir. Aynı üyesizliği omurgalılarda gen mutasyonları ile görmek mümkündür. Fenotipin kopya edilmesi kalıtsal değildir; genin fenotipi meydana getirirken gen-enzim kademesinde ya da onun herhangi bir basamağında meydana gelen bozuklukla ilgilidir.

Meydana gelen ikizlerin (% 75 ayrı yumurta ikizi, % 25 aynı yumurta ikizidir) incelenmesiyle çevre koşullarının fenotipik özellikler üzerine yaptığı etkiler hakkında değerli gözlemler yapılmıştır. Çevre koşullarının aynı kalıtsal yapıya sahip bireyler üzerinde meydana getirdikleri reaksiyon normları saptanmıştır.

Ayrıca bütün başat genlerin etkilerini fenotipte % 100 göstermediklerini biliyoruz **(Gen Penetranzı)**. Çekinik genlerin de etkinliklerini fenotipte çıkarabildiklerini ya da belirli bir oranda etkilediklerini biliyoruz. İnsanlardaki tavşan dudağı, üye kötürümlüğü ve sara hastalıkları penetranzı az olan genler tarafından meydana getirilir. Bu anormaliklerin hafiften kuvvetliye doğru gitmesi büyük bir olasılıkla genotipik yapıyla beraber çevre koşullarına bağlıdır (daha geniş bilgi için 17. bölüme bkz.!).

10.18. X^2 TESTİ'NİN GENETİK PROBLEMLERİNDE KULLANILMASI

X^2 - testi'nin kuramsal dağılışlar ile örneklem dağılışlarının karşılaştırılmasında, sayımla belirtilen grupların karşılaştırılmasında, sayımla belirtilen gruplarda ilişki kontrolünde kullanıldığını biliyoruz. Burada kuramsal dağılışlar ile örneklem dağılışlarının karşılaştırılmasında uygulanacaktır. Biyolojik olaylarda bir özellik kuramsal olarak genetik kurallar içinde belirli oranlarda ortaya çıkar. Ancak gözlenen değerler ile beklenen değerler arasında sapma her zaman beklenir. Örneğin bir oran 1:1 olarak bekleniyor ise,gözlediğimiz oran bu olmayabilir.X^2 testi, bu farklılığın rastlantı sınırlarını belirler. Bu test örneklemin büyüklüğüne bağlıdır. Örneklemin büyüklüğü yükseldikçe raslantının önemi azalır.

Bir denemenin sonunda meydana gelen sayısal özelliklerin beklenen (hesaplanan) oranda ortaya çıkıp çıkmadığını yani örneklem büyüklüğü ile ilgili etkiyi anlamak

için her sınıftaki sapmanın karesi alınır ve beklenen sayıya bölünür. Tüm sınıflarda bu işlem yapılarak toplanır (tek bir değer olarak) ve X^2 bulunur. X^2 formülü,

$$X^2 = \Sigma\left(\frac{d^2}{e}\right) \text{ 'dir.}$$

Burada, d = Her sınıftaki sapma, e = Her sınıfta beklenen değer, Σ toplama işaretidir. Aşağıdaki iki örneğe bu formülü uygulayalım.

	40 bireyli örnek		200 bireyli örnek	
	I.	II.	I.	II.
Gözlenen	30	10	90	110
Beklenen (e)	20	20	100	100
Sapma (d)	10	10	10	10
d^2	100	100	100	100
$\frac{d^2}{e}$	5	5	1	1
$X^2 = \sum\left(\frac{d^2}{e}\right)$	$X^2 = 5+5 = 10$		$X^2 = 1+1 = 2$	

X^2'nin değeri küçük populasyonlarda çok daha büyük olmasına karşın, mutlak sapma değeri her iki populasyonda da aynıdır (örneğin 40'lık ve 200'lük populasyonda sapma sayısı 10'dur).

X^2, iki sınıftan (özellikten) daha fazla grupta toplanabilen bireylerin bulunduğu populasyonlara da uygulanabilir. Örneğin bir dihibrit çaprazlamada

	Yuvarlak sarı	Yuvarlak yeşil	Köşeli sarı	Köşeli yeşil
Gözlenen	77	62	72	73
Beklenen (e)	71	71	71	71
Sapma (d)	6	9	1	2
d^2	36	81	1	4
$\frac{d^2}{e}$	0.51	1.14	0.01	0.06
$X^2 = \sum\left(\frac{d^2}{e}\right)$	$X^2 = 0.51+1.14+0.01+0.06 = 1.72$			

İki sınıflı bir örneklemede X^2, iki sınıfın $\frac{d^2}{e}$ 'lerinin (sapmalarının) toplamına, yukarıda verilen örnekte olduğu gibi dörtlü bir sınıfta da X^2, dört sınıfın $\frac{d^2}{e}$ 'lerinin (sapmalarının) toplamına eşittir.

Birbirine bağımlı olmayan sınıf sayısı "Serbestlik Derecesi" olarak tanımlanır.

Genetik testlerdeki serbestlik derecesinin sayısı genellikle sınıf sayısının bir eksiğidir. Örneğin 1:1 ya da 3:1 oranı olan bir genetik açılımda serbestlik derecesi birdir. Çünkü sadece iki grup vardır. 1:2:1 oranlarındaki bir açılımda üç sınıf olduğundan serbestlik derecesi ikidir. 9:3:3:1 açılımında dört sınıf olduğundan serbestlik derecesi üç; 1:2:2:4:1:2:1:2:1 açılımında dokuz sınıf olduğundan serbestlik derecesi sekizdir. Bu çok klasik bir örnekle şöyle açıklanabilir: Küçük bir çocuk iki ayakkabıya sahip olmakla beraber yanılmadan (sağı sola, solu sağa) giyebilmesi ancak tek bir seçenektir, yani serbestlik derecesi birdir. Çünkü ayakkabının biri doğru ya da yanlış ayakla doldurulduğu zaman diğeri otomatik olarak yanlış ya da doğru ayakla doldurulmak durumundadır. Dört sınıflı bir durumda sınıfın biri sabittir, diğer üçü serbesttir, yani serbestlik derecesi üçtür.

Hesap ile bulduğumuz X^2 değerinin rastlantı sınırları içinde olup olmadığı X^2 tablosuna bakılarak söylenir. X^2 tablosundan alınmış kısa bir bilgi aşağıdaki tabloda verilmektedir. Bu tabloda yanda 1'den 6'a kadar serbestlik dereceleri, üstte % 0,01' den % 0,99'a kadar güven sınırları, diğer bir deyimle olasılık değerleri vardır. Tablo üzerinde de serbestlik derecesi ve güven sınırı ile birlikte ilgili Khi Kare değerleri bulunmaktadır.

Khi Kare Tablosu

Serbestlik Derecesi	P = 0.99	0.95	0.80	0.50	0.20	0.05	0.02
1	0.000157	0.00393	0.0642	0.455	1.642	3.841	6.635
2	0.0201	0.103	0.446	1.386	3.219	5.991	9.210
3	0.115	0.352	1.005	2.366	4.642	7.815	11.341
4	0.297	0.711	1.649	3.357	5.989	9.488	13.277
5	0.554	1.145	2.343	4.351	7.289	11.070	15.086
6	0.872	1.635	3.070	5.348	8.558	12.592	16.812

Bir serbestlik derecesi sırasında ve % 5 güven sınırı sütununda 3,841 değeri vardır. Bu demektir ki, rastgele örneklerin meydana getirdikleri farklılıkların Khi Kare cinsinden değerleri, örneklerin % 5'inde, 3,841 ve daha büyüktür. Diğer bir deyimle 3,841 ve daha büyük Khi Kare değeri gösteren rastgele örneklerin miktarı % 5'dir. 3,841'den daha küçük Khi Kare değeri gösteren rastgele örneklerin miktarı ise % 95'dir.

Khi Kare Dağılışının Özellikleri

Khi Kare dağılışı aşağıdaki özellikleri gösterir:

a) Örnek frekansı ile teorik frekans arasındaki farkın + olanı ile − olanı aynı derecede önemlidir. Bu sebepten dolayı farkın karesi alınır.

b) Farkın karesi teorik frekansa bölünmekle, küçük sayılardaki farklılık ile büyük sayılardaki farklılık gerçek ağırlıkları ile gösterilmiş olur.

c) Khi Kare değerleri hep artı işaretlidir ve dağılışları sıfırdan artı sonsuza kadar uzanır. Dağılış sağ tarafa doğru eğridir. Dağılışın şekli serbestlik derecesine bağlıdır. Serbestlik derecesi arttıkça eğrilik azalır.

d) Serbestlik derecesi, diğer bir deyimle grup sayısı Khi Kare değerini etkiler.

e) Örnekteki varyant sayısı, dağılışı etkilemez, ancak hiçbir sıra veya sütunda 5 hatta 10'dan (biyolojide emin olmak için bu sayı 20 olmalıdır) az varyant olmamalıdır.

f) X^2 testi uygulanırken gruplardaki gözlem sayısı 5'den az olmamalıdır, eğer 5'den küçük gözlemli sınıf var ise o zaman, ya o sütun veya o sıra veya hem o sıra hem o sütun silinmeli ya da yanındaki ile birleştirilmelidir (biyolojide bu işlem çok defa yapılamaz). Eğer iki satır iki sütunlu bir örnekte 5'den az gözlemli grup var ise Fisher'in özel formülünü uygulamak gerekir. Örneklem büyüklüğü 50 ve daha az olan iki grubun karşılaştırılmasında her grup için hesaplanan sapmadan 0,5 çıkartılıp sonra karesi alınır. Buna Yates düzeltmesi denir.

Khi Kare Testinin Uygulanması

Matematiksel açıklaması oldukça karmaşık olmasına karşın, daha önce hesaplanmış bir tabloyu kullanmak suretiyle bir saptamanın rastgeleliğe bağlı olarak meydana gelip gelmediğini çıkarabiliriz.

Tablonun sol başında serbestlik dereceleri, üstte ise X^2'nin yani sapmanın meydana geldiği şansın %'desi verilmektedir. Sınıfların sapma derecelerinin toplamıyla elde edilen X^2'nin değerine tabloda bakılır. Bu, ya üstten aşağı yazılmış sütunlardaki bir değerdir ya da iki sütun arasındaki bir değer. Ona göre bu sapmanın % kaç rastgele meydana geldiğine karar verilebilir. Hesaplayarak bulduğumuz X^2 değerine ait $P > 0,05$ ise hipotez kabul edilir. $P < 0,05$ ise hipotez red edilir.

Hesapla bulunan Khi Kare değerinin tablodaki değerden büyük olması, örneğimizin, rastgele örneklerin % 5'i arasında bulunması ve rastgele örneklerin % 95'i arasında bulunmaması demektir. Şu halde örneğimizin, teorik populasyondan çekilmiş rastgele örnek olma olasılığı azdır. Bundan dolayı hipotezi red ederiz.

Önem kontrolünde % 5 olasılık sınırı yerine diğer olasılık sınırları da kullanılabilir. Örneğin, % 3 olasılık sınırını kullanırsak, bu defa hesapla bulduğumuz Khi Kare değerini, tabloda aynı serbestlik derecesinde % 3 olasılık sınırındaki Khi Kare değeri ile karşılaştırırız. Hesapla bulduğumuz, tablodaki değerden büyük ise, bu defa örneğimizin, rastgele örneklerin % 3'ü arasında olduğunu, bu zayıf olasılığın da hipotezin reddine yeteceğini benimseriz.

Bazı araştırıcılar böyle sabit bir güven sınırı ile karşılaştırma yerine, güven sınırını bularak belirtme yolunu uygun görürler. Bunun için, hesapla bulunan Khi Kare değeri, tabloda aynı serbestlik derecesindeki sırada aranır ve en yakın değere rastlanınca, yukarıya bakılarak yüzdesi okunur. Örneğin bir serbestlik dereceli örneğimizin Khi Kare değeri 0,462 olsun. Tabloda bu değer % 50'nin altındaki 0,455'e çok yakındır. Buna göre örneğimiz için $P = \%\ 50$ deriz. Diğer bir deyimle, örneğimizin X^2

değerinin rastgele farklılıklar için hesaplanmış X^2 değerinin topluluğuna dahil olması % 50'dir.

Khi Kare'nin Kullanılma Durumları

Genetikte X^2'nin kullanılması çoğunluk iki şekilde olur.

1. Khi Kare yalnız sayısal frekanslara uygulanır. Hiçbir zaman frekanstan türemiş oran ya da yüzdelere doğrudan doğruya uygulanamaz. Örneğin bir denemede gözlemci her sınıftan eşit sayıda örnek ümit ediyor; fakat birinci sınıftan 8, ikinci sınıftan ancak 12 örnek gözlüyorsa, bu her sınıftan ümit edilen % 50 oranın % 40'lık ve % 60'lık oranının gözlenmesi olacaktır.

Bu yüzdelerden hesap edilen X^2'nin değeri P'nin (güvenlik derecesi) bulunması için doğrudan doğruya kullanılamaz. Eğer sınıflar büyük ve devamlılık için düzeltme gerekli değilse, yüzdeden hesap edilmiş bir X^2 değeri kullanılabilir, o zaman gözlenen bireylerin sayısı n ise, ilk olarak n/100 ile çarpılması gerekir.

2. Khi Kare, herhangi bir sınıfın frekansı beşten az olduğu dağılımlarda uygun olarak kullanılamaz. Gerçekte, birçok istatistikçi herhangi bir sınıfın frekansının 50'den az olduğu (biyolojik araştırmalarda bu rakamın en az 20 olmasına özen gösterilmelidir) durumlarda özel bir düzeltme işleminin uygulanması gerektiğini savunmaktadır. Nitekim birçok denemede her sınıf için beş örnekten fazlası X^2'nin yaklaşık değerinin ortaya çıkmasını sağlayabilir.

Daha önce 40 bireylik bir örnekte $X^2 = 10$ bulmuştuk. Bu, serbestlik derecesi bir olan bir olaydaki (örneğin mavi ve siyah göz gibi) sapma değeridir. Tabloya baktığımızda serbestlik derecesi bir olan X^2 değerleri 6.635'e kadar verilmiştir. Tablomuzda bu değer için verilen olasılık 0.01 (yani 1/100'dür). X^2'nin değerinin büyümesi, olasılığın azalmasını işaret ettiği açıkça görülmektedir. Bu durumda bu olayın meydana gelme ya da ortaya çıkma şansının 1/100'den daha küçük olduğu, dolayısıyla şanstan daha başka faktörlerin rol oynadığı yargısına varılabilir. Yani böyle bir açılımda ya da sonuçta yalnız başına tesadüfün etkisini benimsemek olanaksızdır. Çünkü bugün bir olayın ancak 1/20'den daha yüksek bir olasılıkla (% 5'den az) ortaya çıkması ancak şansa bağlı olarak değerlendirilmekte; bu değerin altındakiler şansın ötesinde bazı faktörlerin etkisiyle ortaya çıktığı varsayılmaktadır. % 5'den, yani 1/20'lik bir şanstan daha az değerlerin çok önemli faktörler dolayısıyla ortaya çıktığı ve bunların biyolojik olarak gözönüne alınması gerektiği anlaşılır.

Diğer taraftan 200 bireylik bir örnekte $X^2 = 2$ çıkmıştı. Tabloda bu değer 0.05 ile 0.20 arasına düşmektedir. Yani gözlenen ile beklenen arasındaki sapma % 5'den (P = 1/20'den) fazla % 20'den (P = 1/5'den) az bir olasılıkla ortaya çıkmıştır. Bu ise, bu sapmanın, yanılma, hata, şans ya da örnekleme hatasıyla meydana geldiğini, önemli bir faktörün etkisi olmadığını kanıtlar.

Dört sınıflık (dihibrit testinde) bir açılımda $X^2 = 1.72$ olduğunu bulmuştuk. Dört sınıfın serbestlik derecesi üç olduğu için, X^2'nin değeri % 80 - % 50 (0.8 - 0.5) arasına düşmektedir. Bu da bu sapmanın çok açık olarak şansla meydana geldiğini göstermektedir.

GENETİKTE BAZI PROBLEMLER

1. AaBbCc genotipindeki bir bireyin kaç çeşit gamet meydana getirebileceğini bulunuz.
2. AaBBCc genotipindeki bir bireyin kaç çeşit gamet meydana getirebileceğini bulunuz.
3. Normal bir erkekte 100 birincil spermatositten, 100 ikincil spermatositten ve 100 spermatitten kaç tane tam işleve sahip sperma oluşur?
4. Normal bir kadında 100 birincil oositten, 100 ikincil oositten ve 100 ootitten kaç tane normal işlev gören yumurta meydana gelebilir?
5. Bezelyelerde düz tohumluk pürtüklülere başattır. Aşağıdaki bireyleri birleştirirsek sonuç ne olur? Heterozigot düz x heterozigot düz; heterozigot düz x pürtüklü; heterozigot düz x homozigot düz; pürtüklü x pürtüklü.
6. Beyaz bir inek ile kırmızı bir boğanın F_1 dölü çeşitli zamanlarda çitleştirildiğinde 1 beyaz, 1 demirkırı, 4 tane kırmızı yavru elde edilmiştir.
   a) Ana, baba ve yavruların genotipi nedir?
   b) Bu, nasıl bir kalıtım şeklidir?
7. Sığırlarda uzun kuyrukluluğun çekinik olduğunu varsayalım. Beyaz, uzun kuyruklu bir inek ile, kırmızı, kısa kuyruklu bir boğayı çiftleştirdiğimizde F_1 ve F_2'nin fenotip ve genotipleri ne olabilir?
8. Bezelyelerde çiçeklerin kırmızı renkli olması beyaza başattır. Heterozigot kırmızı çiçekli, heterozigot düz tohumlu x beyaz çiçekli, pürtüklü tohumlu bezelyeler çaprazlanırsa sonuç ne olur?
9. İki siyah (siyah başat) kısa kıllı (kısa kıllılık başat) fare çiftleştiriliyor. Meydana gelen yavruların bir kısmı beyaz ve kısa kıllı, bir kısmı da siyah uzun kıllıdır. Acaba bu çiftleştirilen farelerin genotipleri nedir? Daha sonraki çiftleştirilmelerde siyah kısa kıllı bireylerin meydana gelme şansı ne olabilir?
10. Bir bitki AaBBccDdEEFf genotipine sahiptir.
    a) Bu bitki kaç çeşit gamet meydana getirir?
    b) Bütün genler için başatlık mevcut olduğu zaman bu bitkinin kendisiyle çaprazlanmasından hasıl olacak dölde:

    $\frac{ABcdEf}{aBcDeF}$ fenotipindeki bireylerin oranı ne olacaktır?

    c) A ile a ve F ile f arasında intermediyer bir kalıtım olduğuna göre:

    $\frac{ABcdEF}{aBcdEF}$ genotipindeki bireylerin oranı ne olacaktır?
11. Bezelyelerde aksiyal çiçeklilik geni A, terminal çiçeklilik onun çekinik alleli a tarafından meydana getirilir. Buna göre:
    a) Aksiyal çiçekli bir bezelye ile terminal çiçekli bir bezelye çaprazlanarak F_1'de yalnız çiçekleri aksiyal olan bireyler elde edilmiştir. F_2'de (F_1'in kendi kendisiyle çaprazlanması) 651 aksiyal ve 207terminal çiçekli birey meydana gelmiştir. Bu çaprazlamaları genetik formüllerle gösteriniz.
12. *Drosophila*'da vücut rengi normal (A) veya siyah renkli (a) olabilir.
    a) Normal renkli bir *Drosophila* ile siyah renkli bir *Drosophila* çaprazlanıyor. F_1'deki bütün bireyler normal renklidir. Daha sonra F_1'in bir erkeği ile bir dişisi çaprazlanıyor ve F_2'de 380 normal renkli ile 116 siyah renkli sinek meydana geliyor. Çaprazlamaları genetik formüllerle gösteriniz.
    b) Eğer F_1 sinekleri siyah renkli bir sinekle geri çaprazlanırsa nasıl bir sonuç meydana gelir? Genotipini bulunuz.
13. Tavuk ve horozlarda:
    a) Kısa bacaklı x kısa bacaklı çiftleşmesinden F_1'de 1972 kısa bacaklı, 955 normal bacaklı;
    b) Kısa bacaklı x normal bacaklı çiftleşmesinden, 1676 kısa bacaklı, 1661 normal bacaklı yavru elde edilmiştir. Durumu nasıl açıklayabilirsiniz?
14. İnsanda ela göz (B), mavi göze (b) başattır. Diğer taraftan solak olmamak (R), solaklığa (r) başattır.
    a) Solak olmayan ela gözlü bir erkek, solak ve mavi gözlü bir kadın ile evlenmiştir. Bunların solak ve mavi gözlü bir çocukları olmuştur. Buna göre ana babanın genotipleri nedir?

b) Anası mavi gözlü olan, solak ve ela gözlü bir erkek, babası solak olan, mavi gözlü ve solak olmayan bir kadınla evlenir. Buna göre karı kocanın genotipleri nedir? Bunların çocukları hangi genotip ve fenotipte olabilir?

15. İspanyol tavuklarında siyah renk başat (B) genine, kırmızı renk de bunun çekinik alleline (b) dayanır. Diğer taraftan rengin düz olmasını başat (S) geni, alacalı olmasını da bunun çekinik alleli (s) sağlar. Düz kırmızı renkli bir horoz, alacalı siyah bir tavukla çaprazlanarak bir düz siyah, bir düz kırmızı, bir alacalı siyah, bir alacalı kırmızı yavru elde edilmiştir. Buna göre atalarının genotipleri ne olabilir?

16. Domateslerde, Y kırmızı meyve, y sarı meyve, D uzun gövde, d cücelik, H tüysüzlük, h tüylülük genleridir. Homozigot kırmızı, uzun ve tüysüz bir domates bitkisi ile sarı, cüce ve tüylü bir domates bitkisi çaprazlanıyor.
   a) Ana ve babanın genotipleri nasıldır?
   b) F_1 dölünün genotipi ve fenotipi nasıldır?
   c) F_2 dölündeki fenotipler ve ayrışım oranları nasıldır?

17. İnsanda ela göz (B), mavi göze (b) başattır. Diğer taraftan kıvırcık saç (K), düz saça (k) başattır.
   a) Düz saçlı ela gözlü bir erkek, kıvırcık saçlı ve mavi gözlü bir kadın ile evlenmiştir. Bunların düz saçlı ve mavi gözlü bir çocukları olmuştur. Buna göre ana babanın genotipleri nedir?
   b) Anası mavi gözlü olan, düz saçlı ve ela gözlü bir erkek, babası düz saçlı olan, mavi gözlü ve kıvırcık saçlı bir kadınla evlenir. Buna göre karı kocanın genotipleri nelerdir? Bunların çocukları hangi genotip ve fenotipte olabilirler?

18. İnsanlarda koyu göz rengi, açık göz rengine başattır. İki koyu gözlü bireyin çiftleştirilmesinden, iki mavi ve bir siyah gözlü çocuk olmuştur.
   a) Ataların (ana ve babanın) genotipi nedir?
   b) Bu fenotipte yavruların meydana gelme olasılığı nedir?

19. Anası ve babası kahverengi gözlü olan bir adam, babası mavi, anası kahverengi gözlü olan bir kadınla evlenmiştir. İlk çocukları mavi gözlüdür. Bütün adı geçen bireylerin genotipini tahmin ediniz ve doğacak ikinci çocuğun mavi gözlü olma olasılığını bulunuz.

20. İnsanların kahverengi göz geni, mavi göze başattır. Heterozigot kahverengi gözlü bir adam ile yine heterozigot kahverengi gözlü bir kadın evleniyor. Bunların 5 çocukları dünyaya geliyor. Bu çocuklardan 3'ünün mavi gözlü, 2'sinin kahverengi gözlü olma olasılığı nedir?

21. İnsanlarda kahverengi göz rengi, mavi göz rengine başattır. Kahverengi gözlü bir bey ile kahverenkli gözlü bir bayan evleniyor ve 3 mavi gözlü çocukları oluyor.
   a) Anne ve babanın genotiplerini bulunuz.
   b) 3 çocuğun da mavi gözlü olma olasılığı nedir?
   c) 3 çocuktan 2'sinin mavi gözlü 1'nin kahverenkli gözlü olma olasılığı nedir?
   d) 3 çocuktan 1'sinin mavi 2'sinin kahverenkli gözlü olma olasılığı nedir?

22. İnsanlarda çilli cilt (S), çilsiz cilte (s) başattır. Kıvırcık saç (K), düz saça (k) başattır. Heterozigot durumdaki çilli ve kıvırcık saçlı bir erkek ile çilsiz ve heterozigot durumdaki kıvırcık saçlı bir bayanın evlenmesinden:
   a) Meydana gelecek çocukların genotip ve fenotipleri ne olacaktır?
   b) Meydana gelen çocuklardan 3'ünün çilli ciltli ve kıvırcık saçlı, 2'sinin çilsiz ciltli ve düz saçlı olma olasılığı nedir?
   c) Meydana gelen çocuklardan 2'sinin düz saçlı ve çilli ciltli, 2'sinin kıvırcık saçlı ve çilsiz ciltli olma olasılığı nedir?

23. Kırmızı renkli bir domuz, beyaz renkli bir domuzla çiftleştirildiğinde 1 kırmızı, 2 noktalı, 1 beyaz yavru; noktalı bir domuzla çiftleştirildiğinde 3 kırmızı, 4 noktalı, 1 beyaz yavru meydana getiriyor. Bu hayvan başka bir noktalı domuzla çiftleştirildiğinde yavruların yarısı kırmızı, yarısı noktalı renkte oluyor. Başlangıçtaki domuzun ve onunla çiftleşen diğer domuzların genotipini bulunuz?

24. Beyaz karanfillerde L ve H genleri beraber bulunursa, bitkide yüksek oranda siyanit oluşumuna, L ve H genlerinden biri yalnız başına bulunduğu zaman düşük oranda siyanit oluşumuna neden olmaktadır. Buna göre:

a) Düşük miktarda siyanit içeren iki karanfil çaprazlandırılmış ve F_1'de yüksek oranda siyanit içeren bireyler elde edilmiştir.

b) F_2'de ise 9 tane yüksek miktarda ve 7 tane düşük miktarda siyanit içeren birey elde edilmiştir. Bireylerin genotiplerini bulunuz.

25. Bir ceviz ibikli horoz, üç tavukla çiftleştiriliyor. A tavuğu (ceviz ibikli) 3 ceviz ibikli, bir gül ibikli; B tavuğu (bezelye ibikli) 3 ceviz ibikli, bir gül ibikli, 1 balta ibikli; C tavuğu (ceviz ibikli) yalnız ceviz ibikli yavruları meydana getiriyor. Horozun ve diğer üç tavuğun genotipleri nedir?

26. Farelerde S: benekliliği, s: beneksizliği, P: normal siyah gözü, p: pembe gözü, Y: sarı rengi, y: siyah rengi yapar. Sarı renk meydana getiren Y homozigot olduğu zaman öldürücüdür. Buna göre:

SsYyPp x SSYyPp bireylerinin çaprazlanmasıyla meydana gelecek dölde fenotip oranları nasıl olacaktır?

27. Tavşanların beyaz kan hücrelerinin bölünmesini durduran Pelger bozukluğu kalıtsaldır.

a) Yetiştirilmiş saf normal tavşanlarla, Pelger bozukluğu gösterenler çiftleştirilmiş, elde edilen yavrulardan 237'si normal çıkmış, 217'si Pelger bozukluğu göstermiştir. Bu bozukluğun kalıtsal yapısı nedir?

b) Pelger bozukluğu gösterenler kendi aralarında çiftleştirildiğinde 223 normal, 439 Pelger bozukluğu ve 39'da anormal yavru elde edilmiştir. Aşırı anormallerde kan bozukluğu yanında ciddi iskelet kusurları da görülmüş ve hemen hepsi doğumdan sonra derhal ölmüştür (lethal faktörü hatırlayın). 1. Bu anormallerin kalıtsal yapısı hakkında ne düşünürsünüz? 2. Sayılarını nasıl açıklarsınız? 3. Kararınızı sağlamlaştırmak için daha başka nasıl bir çiftleştirme yolu denersiniz?

c) İnsanlar arasında da Pelger anomalisi gösterenler vardır ve bu oran 0,001 kadardır. 1. Tavşanlardaki kalıtım mekanizması analoji yoluyla insanlara da uygulanabilir mi? 2. 0,001 gibi düşük bir oranı nasıl açıklarsınız?

28. Thalassemia, Akdeniz bölgesi halkında çok yaygın olan bir hastalıktır. Bu hastalık iki şekilde görülür. Bunlar küçük (minör) ve büyük (major) thalassemialardır.

Major thalassemialı bireyler bu hastalığın genleri bakımından homozigot, minor thalassemialı bireyler ise heterozigottur. Normal olan bireyler bu hastalık genini taşımazlar.

T = Thalassemia hastalık geni (TT erken evrelerde öldürücüdür)
t = Normal gen, olduğuna göre

a) Minor thalassemialı bir erkek, normal bir kadınla evlenirse, bu evlenmeden hangi tip thalassemialı çocuklar, hangi oranda meydana gelir?

b) Eğer bir ailede hem anne hem de baba thalassemia minör olursa, onların çocuklarının thalassemia major, thalassemia minör ve normal olma olasılıkları nedir?

c) Bir bebek thalassemia majorludur. Yukarıda verilen bilgilere dayanarak bu bebeğin atalarının genotiplerini bulunuz.

29. Tavuklarda heterozigot durumda fenotipte hiçbir arıza göstermeyen eşeye bağlı çekinik, lethal bir gen bilinmektedir. Bu bakımdan heterozigot olan bir horoz, normal bir tavuk ile çiftleştirildiği takdirde meydana gelecek yavru dölün eşey oranı ne olacaktır?

30. İki dişi siyah fare bir beyaz erkek fareyle çiftleştirilmiş, birinci farenin yavrularından 9'u siyah, 7'si beyaz olmuştur. İkinci fare ise 57 siyah yavru meydana getirmiştir.

a) Bu post rengi hangi tip kalıtıma girmektedir?

b) Çiftleştirilen farelerin genotipleri nedir?

31. Tavuklarda teleklerin aşırı kıvrık olması A geninin başat homozigot, kıvrık olması heterozigot, normal olması çekinik homozigot olmasıyla; bunun yanısıra siyah renkli olmaları B geninin başat homozigot, mavi renkli olmaları heterozigot, beyaz renkli olmaları çekinik homozigot olmalarıyla ortaya çıkar. Aşırı kıvrık telekli, siyah bir horozla X normal telekli beyaz bir tavuk çiftleştirildiğinde meydana gelen yavruların F_1 ve F_2'de genotip ve fenotipleri ne olacaktır?

32. Sarı ve beyaz fasulye varyetelerine ait bitkilerin çaprazlanmasından meydana gelen F_1 dölü mor tohumludur. F_2 dölünde, 9/16 mor, 3/16 sarı, 4/16 beyaz tohumlu fasulye bitkisi elde edilmektedir. Çaprazlamayı genetik formüllerle gösteriniz.

33. Albino (akşın) bir fareyle, siyah renkli bir fare çaprazlandırılıyor. Sonuçta 6 akşın, 3 siyah, 3 kahverengi yavru meydana geliyor. Ataların genotipi nedir? Siyah atanın, kendi genotipine aynen benze-

yen diğer bir hayvanla çaprazlandırılmasından meydana gelecek hayvanların çeşitleri ve oranları ne olabilir?

34. Beyaz üçgül *(Trifolium pratense)* yüksek ve düşük dozda siyanit içerir. Siyanit oranının yüksek olması için iki allel çiftinin başatlarının bir arada olması gerektiği anlaşılmıştır.
    a) Homozigot düşük siyanitli iki varyeteden yüksek siyanitli varyeteler elde edilmiştir. Ataların genotiplerini gösteriniz.
    b) Düşük siyanitli varyetelerden elde edilen bireylerin kendilenmesiyle ortaya çıkacak bireylerdeki açılımları oranını tahmin ediniz.
    c) Yukarıdaki açılımları veren genler nasıl bir etkiye sahiptir?

35. Soğanda kırmızı rengi başat bir gen belirler ve çekiniği sarı rengi yapar. Ancak her iki rengin ortaya çıkması için ayrıca bir başat gene gereksinme vardır. Bu gen bulunmazsa (çekinikse) renk beyazdır. Ayrıca başat bir inhibitörün bulunması da bütün renkleri örter.
    a) Renk geni ile rengi belirleyen geni bir arada alarak F_2'deki açılma oranlarını bulunuz.
    b) Renk geni ile rengi örten (inhibitör) geni bir arada ele alarak F_2 oranlarını bulunuz.
    c) İnhibitörle, renk belirleyen genleri bir arada alarak F_2 açılmalarını bulunuz.
    d) Renk genini, renk belirleyen geni ve inhibitörü bir arada alarak F_2 açılmasını bulunuz.
    e) Yukarıdaki şıklarda, renge etki eden genler arasındaki bağıntıların interaksiyon (genler arasındaki ilişki yönünden) olarak özelliklerini belirtiniz.

36. Tavşanlarda rengin oluşumu için başat A genine gereksinim vardır. Bunun çekinik alleli a albinizme yol açar. Diğer taraftan B geni kahverengini, bunun çekinik alleli b geni de siyah rengi meydana getirir.

    Tam homozigot kahverenkli bir tavşan, genotipinde siyah renk genini homozigot olarak taşıyan albino bir tavşanla çiftleştirilmiş ve F_1 dölü elde edilmiştir. Bu F_1 dölü bireylerinin geri çaprazlamaya tabi tululması ile 34 siyah renkli, 66 kahverenkli, 100 tane de albino yavru elde edilmiştir. Buna göre:
    a) Genler birbirine bağlı genler midir?
    b) Eğer öyle ise krossing-over %'si nedir?
    c) Burada ne tip bir kalıtım vardır?

37. İnsanlarda bir çeşit sağırlık, (d) ve (e) çekinik genlerinin birinin veya her ikisinin homozigot halde bulunmasından ileri gelir. Normal olabilmesi için bunların başat allelleri (D) ve (E) genlerinin bir arada bulunması gerekir.
    a) Burada nasıl bir kalıtım olayı mevcuttur?
    b) Genotipleri DdEe olan ana ve babadan meydana gelecek dört çocuktan 3'nün normal, birisinin sağır olma olasılığı nedir?

38. Tavuklarda nadiren yumurtalık işlev göremez ve onun yerine testis gelişir. Fakat kromozom yapısı dişininki gibi kalır. Buna eşey değişimi denir.
    a) Kuşlarda eşey kromozomlarının yapısını göz önüne alarak, bu eşey değişimi yapmış tavuğun meydana getireceği spermaların genetik yapısını tahmin ediniz.
    b) Normal bir tavukla, eşey değişimi yapmış bir tavuğun çiftleşmesinden ortaya çıkacak yuvruların eşey oranını tahmin ediniz.
    c) Bu bireylerin çiftleştirilmesinde ortaya çıkacak ibik şekillerinin yorumunu yapınız.

39. X kromozomuna bağlı çekinik bazı lethal genler bilinmektedir.
    a) Heterozigot bir dişinin (XX'li) meydana getirdiği yavruların durumu ne olur?
    b) Aynı durumu kuşlar ve balıklar için nasıl değerlendirebiliriz?

40. İnsanda renk körlüğü eşeye bağlı çekinik bir gen tarafından meydana getirilir. Normal bir kadınla, renk körü bir erkek evlenirse, erkek çocuğunun ya da kız çocuğunun renk körü olma olasılığı nedir? Babası renk körü olan bir kadının normal erkekle birleştiğinde, renk körü olan bir erkek veya kız çocuğu meydana getirme olasılığı nedir?

41. *Melandrium* (bir bitki)'da XY erkeği, XX dişiyi yapar. X kromozomu üzerinde çekinik özellikli lethal bir gen vardır. Heterozigot bir dişinin çekinik genli X kromozomu bir erkeği yaparsa, bu bitkinin yaprakları düzgün olmayan sarı-yeşil bir renk alır. Normal erkek, normal dişi ve heterozigot dişi koyu yeşil

renklidir. Heterozigot dişi ile sarı-yeşil erkek çiftleştirildiğinde meydana gelen bitkilerin fenotipi ne olur?

42. Kanama hastalığı (hemophilia) eşeye bağlı çekinik bir genle kalıtılır.
    a) Babası hemofilik normal bir erkek, soyunda hemofili görülmeyen, normal bir kadınla evlendiğinde çocukların hemofili olma olasılığı nedir?
    b) Babası hemofilik bir kadın, normal bir erkekle evlenirse çocuklarının hemofili olma olasılığı nedir? Bu evlenmeden olacak kız, normal bir erkekle evlenirse doğacak erkek çocuğun hemofili olma olasılığı nedir?

43. Tavuklarda çubuklu renk eşeye bağlı başat bir genle kalıtılır. Balta ibiğin başatları gül (R) ve bezelye (P) ibiktir. Bu iki başat bir arada olunca ceviz ibik meydana gelir. İbik şekli eşeye bağlı değildir.
    a) Çubuklu bir tavuğun, düz renkli horozdan olma tavukları horozlarıyla; horozları da tavuklarıyla çiftleştirilmiştir. Meydana gelecek piliçlerin renk bakımından dağılışını bulunuz?
    b) Çubuklu tavuğun düz renkli horozdan olan yavruları ile bunlardan türeyecek yavruları kendi aralarında çiftleştirilirse F_2, F_3, F_4 ve F_5'deki açılmalarının nasıl olacağını gösteriniz.
    c) Balta ibikli ve çubuklu bir horozla ceviz ibikli ve çubuklu bir tavuktan
    4 Gül ibikli, çubuklu erkek
    5 Ceviz ibikli, çubuklu erkek
    2 Gül ibikli, çubuklu dişi
    3 Gül ibikli, düz dişi
    2 Ceviz ibikli, çubuklu dişi
    2 Ceviz ibikli, düz dişi
    piliç elde edilmiştir. Ataların genotiplerini bulunuz.

44. *Drosophila*'da kırmızı göz geni ve onun mutasyonla meydana gelmiş olan bütün çekinik alleleri X kromozomuyla taşınır:
    Beyaz gözlü bir dişi *Drosophila*, yabani tipte (kırmızı gözlü) bir erkek *Drosophila* ile çaprazlandırılıyor.
    a) F_1'in erkek ve dişilerinin fenotipi ne olacaktır?
    b) F_2'deki ayırım oranı ne olacaktır?

45. Tavuklarda k geni X'e bağlı kalıtım göstermektedir. k bakımından homozigot bireyler yumurtadan çıkamadan elenirler. Bu gen bakımından heterozigot olan bir horoz ile normal tavuklar çaprazlandırılıyor; 60 birey meydana geliyor; bunun ne kadarı erkek ne kadarı dişidir?

46. Babası renk körü olan normal görünüşlü bir bay, yine babası renk körü olan normal görünüşlü bir bayan ile evleniyor. Onların çocukları bu özellik bakımından nasıl olabilir?

47. Bir hemofilik bay, bir bayan ile evleniyor ve bunların ikiz çocukları meydana geliyor. İkiz çocuklardan biri kız, diğeri erkektir. Bu ikizlerden, kız, hemofiliden hemen ölüyor, erkek ise sağlamdır. Hemofili bakımından ana, baba ve çocukların genotipini yazınız.

48. Tavuklarda çizgili desen eşeye bağlı başat bir gen (B) tarafından, düz renk de onun çekinik alleli (b) tarafından meydana getirilir. Çizgili bir tavukla yine çizgili bir horoz çiftleştiriliyor ve birinci dölde çizgili ve düz renkli bireyler meydana geliyor.
    a) Ana ve babanın genotiplerini yazınız?
    b) F_1'deki bireylerin eşeylere göre fenotipi nasıl olacaktır?

49. Kedilerde post rengi eşey kromozomlarına bağlı genlerle kalıtılır (dişilerde X kromozomlarından ancak birinin işlev gördüğünü anımsayınız).
    a) Karışık renkli bir dişinin sekiz yavrusu olmuştur. Bunların biri sarı erkek, ikisi sarı dişi ve üçü karışık renkli dişidir. Yavruların tek bir babadan olduğunu varsayarak post rengini bulunuz.
    b) Siyah bir anadan yedi yavru olmuştur. Bunlardan üçü siyah erkek, biri siyah dişi ve üçü karışık renkli dişidir. Bu yavruların babası hakkında yorumunuz ne olabilir?
    c) Sarı bir anadan dört yavru olmuştur. Bir tanesi sarı, üç tanesi karışık renklidir. Yavruların tek bir babadan olduğunu varsayarak yavruların erkek dişi oranlarını tahmin ediniz?

50. Huntington Hastalığı insanlarda ortaya çıkan bir sinir hastalığıdır. Amaçsızlık, kontrol edilemeyen titremeler ve ilerleyen zeka geriliğiyle kendini belli eder. Gençlerde pek görülmez, ancak 30-40 yaşından

sonra ortaya çıkmaya başlar.

a) Huntington-Hastalığı gösteren insanların bir atası kural olarak aynı hastalığa sahiptir ve çocuklarının yarısına bu hastalığı verir. Kalıtsal mekanizması ne olabilir?

b) Eğer a şıkkında soruya doğru yanıt vermişseniz, babası bu hastalığa sahip bir çocuğun hangi şansla hasta olduğunu bulunuz? Eğer bu çocuk evlenmek ve çocuk yapmak için fikrinizi sorarsa, ne önerirsiniz?

c) Son zamanlarda yapılan çalışmalar, yaşamının ileri evrelerinde bu hastalığa sahip olacak kişilerin, genç yaşlarında, beyin dalgalarındaki (elektroensefalografi) anormalliklerle tanınabileceğini göstermiştir. Bu durumda bundan önceki soruya nasıl bir yanıt verirsiniz?

51. Bazı sığırlarda, boynuzsuzluk P, boynuzluluk (p) üzerine başattır. Boynuzsuz bir boğa üç inek ile çaprazlandırılıyor.

a) Boynuzlu olan bir inekten boynuzsuz bir dana,

b) Boynuzlu olan bir inekten boynuzlu bir dana,

c) Boynuzsuz olan bir inekten boynuzlu bir dana meydana geliyor.

Bu dört atanın genotipini bulunuz.

52. Koyunlarda boynuzluluk eşeyselliğin etkisi altında bulunan bir özelliktir. Boynuz geni (H), erkekte başat, dişide çekiniktir. Bunun alleli (h) geni boynuzsuzluğu sağlar. Diğer taraftan beyaz renk başat (B) genine, siyah renk de bunun çekinik alleli (b) genine dayanır.

Homozigot boynuzlu beyaz bir koç, homozigot boynuzsuz siyah bir koyunla çiftleştirilmiştir. Bu çiftleştirilmenin F_1 ve F_2 döllerinde erkeklerin ve dişilerin fenotipleri nasıl olacaktır?

53. Tavukların bir varyetesinin yumurta büyüklüğü üç çift gen tarafından kontrol edilmektedir. AABBCC genotipine sahip tavuk 90 gr.'lık yumurta; aabbcc genotipine sahip tavuk 30 gr.'lık yumurta meydana getirmektedir. Her başat gen yumurta ağırlığına 10 gr. eklemektedir. 90 gr.'lık cinsten bir horoz, 30 gr.'lık cinsten bir tavukla çiftleştirilince yumurta ağırlıkları 60 gr. olan yavrular meydana gelecektir. Bu F_1 generasyonundan bir horoz bir tavukla çiftleştirilince F_2 generasyonunun tavuklarının yumurta ağırlıkları ne olacaktır?

54. Aynı türden boyu 20 cm. gelen bir bitki soyu, boyu 32 cm. gelen diğer bir soy ile birleştirildiğinde meydana gelen F_1 dölü bireylerinin boyları hep 26 cm. olmuştur. Fakat F_2'de büyük bir boy varyasyonu görülmüştür. Şöyleki 500 bireyden çoğu orta değer olan 26 cm. boy etrafında toplanmış, diğer boy sınıfları gittikçe azalan frekanslarla uç değerler olan 20 ve 32 cm.'lik boylara doğru dağılmışlardır. Uç değerlerin ancak 2'şer bireyle temsil edildikleri tesbit edilmiştir. Buna göre:

a) Burada nasıl bir kalıtım olayı düşünürsünüz?

b) Bu kalıtım olayında kaç gen çifti rol oynamıştır?

c) Boy üzerinde olumlu etki yapan her gen kaç cm.'lik bir artışa neden olmuştur?

55. Balkabağı bitkisinin meyva ağırlıklarının 2 ile 4 kilo arasında değiştiğini varsayalım. Dört kiloluk meyve, eşit etkide iki çift (AABB) polimerik gene dayandığına göre: iki kg.'lık bir kabak tipi ile dört kg.'lık bir kabak tipinin çaprazlanmasından meydana gelecek F_1 ve F_2 döllerinin fenotipleri nasıl ve hangi oranlarda olacaktır?

56. 75 cm. boyunda iki bitki çaprazlandırılmış, meydana gelen oğul bireyler arasında 1 tane 45 cm., 6 tane 55 cm., 15 tane 65 cm., 20 tane 75 cm., 15 tane 85 cm., 6 tane 95 cm., 1 tane 105 cm. boyunda birey çıkmıştır.

a) Bu kalıtımda kaç gen çifti rol oynamıştır ve her genin boy üzerindeki etkisi kaç cm.'dir? Ataların genotipleri nasıldır?

b) Aynı bitkinin 75 cm.lik iki bireyi birleştirilmiş, bu defa oğul bireylerin bir tanesi 85 cm. iki tanesi 75 cm. ve bir tanesi de 65 cm. olmuştur. Buna göre ataların genotipleri nasıldır?

57. Kabak bitkisinde ağırlık, etkisi kümülatif olan polimerik kalıtıma dayanır. 4050 gr. ağırlığındaki iki kabak bitkisinin çaprazlandırılması sonucunda: 2 tane 4000 gr., 10 tane 4010 gr., 93 tane 4020 gr., 241 tane 4030 gr., 416 tane 4040 gr., 500 tane 4050 gr., 422 tane 4060 gr., 238 tane 4070 gr., 88 tane 4080 gr., 24 tane 4090 gr., 2 tane 4100 gr. ağırlığında kabak taşıyan bitki elde edilmiştir. Buna göre:

a) Bu kalıtımda kaç gen çifti rol oynamıştır?

b) Her bir gen kaç gr.'lık bir ağırlık meydana getirir?

c) Ataların ve yavru kabak bitkilerinin genotipleri nasıl olacaktır?

58. İnsanlarda "aabbcc" genotipi 150 cm.'lik bir boy meydana getirmekte ve bunların alleli her bir başat gen bu boya 5 cm. ilave etmektedir. Buna göre:

a) 165 cm. boyunda olan bireylerin mümkün olan bütün genotiplerini yazınız?

b) 165 cm. boyunda bir kadınla bir erkek evlenirse bu duruma göre dünyaya getirecekleri çocukların boyları nasıl olur?

59. Bayan Zeynep ve Bayan Gülsüm aynı hastahanede ve aynı zamanda doğum yapıyorlar. Zeynep'e bir kızı olduğu, Gülsüm'e de bir oğlu olduğu söyleniyor. Zeynep, oğlan çocuğunun kendisine ait olduğunu ve bebeklerin karıştırıldığını iddia ediyor. Yapılan kan testlerinde Zeynep'in kocasının 0, Gülsüm'ün kocasının B, Zeynep'in AB, Gülsüm'ün B grubundan olduğu, erkek çocuğun 0, kız çocuğunun da A grubundan olduğu saptanıyor. Bu durumda herhangi bir karıştırma olmuş mudur?

60. 0 grubundan Rh negatif bir kadın, AB grubundan Rh pozitif bir erkekle evleniyor. Erkeğin babası AB grubundan ve Rh negatifdir. Kadın ve erkeğin genotipleri nedir? Çocuklarının kan grupları ne olabilir? Eritroblastosis fetalis (kan uyuşmazlığı) olabilir mi?

61. Chinchila tavşanı ile Himalaya tavşanı birleştirilmiş, bir Himalaya; iki Chinchila ve bir albino yavru tavşan ortaya çıkmıştır.

a) Ataların genotipleri nasıldır?

b) Aşağıdaki tavşan çaprazlamalarında meydana gelen bireylerin fenotipleri nasıl olur?

$Cc^{ch} \times Cc^{a}$, $c^{ch}c^{ch} \times c^{H}c^{H}$, $c^{H}c^{a} \times c^{ch}c^{ch}$

62. Ana-babadan biri AB, diğeri B kan grubundandır; fakat çocuklardan 1/4'ü A grubundan, 1/4'ü AB kan grubundan, 1/2'si B kan grubundandır. Ana-babanın genotipini yazınız.

63. B, Rh, MN, kan grubundan olan bir kadının:

a) Bu genler bakımından formülünü yazınız.

b) Bu kadın kaç çeşit yumurta meydana getirebilir?

64. Bir hastahanede aynı gecede 4 çocuk dünyaya geliyor ve bu 4 çocuğun kan grupları: 0, A, B ve AB'dir. Bu dört bebeğin atalarının kan grupları da

0x0	AxB
ABx0	BxB'dir.

Her bebek kesinlikle kendi ana ve babalarına verilebilir mi? Nasıl?

65. Hangi dihibrit kalıtım tiplerinde F_2 aşağıdaki açılımı gösterir?

9:7, 13:3, 9:3:4, 12:3:1, 15:1, 9:6:1, 1:2:2:4:1:2:1:2:1, 3:6:3:1:2:1, 9:3:3:1.

66. Mısır bitkisinde çekinik "gl" geni tohumların parlak, bunun başat alleli "+" geni ise danelerin normal olmasını, yine çekinik "va" geni bitkinin steril, bunun başat alleli "+" geni ise normal olmasını, diğer taraftan çekinik "v" geni danelerin yeşilimsi renkte, bunun başat alleli "+" geni ise normal renkte olmasını sağlar.

Yukarıda belirtilen özellikler bakımından normal olan bir bitki, parlak, steril ve yeşil bir bitki ile çaprazlandırılıyor.

$$\frac{+\ +\ +}{+\ +\ +} \times \frac{v\ gl\ va}{v\ gl\ va}$$

$\underline{+\ +\ +} \times \underline{v\ gl\ va}$ gametleri F_1'de $\frac{+\ +\ +}{v\ gl\ va}$ genotipindeki bireyleri meydana getirir.

Bu mısır bitkisini geri çaprazlandırırsak

$$\frac{+\ +\ +}{v\ gl\ va} \times \frac{v\ gl\ va}{v\ gl\ va}$$

aşağıdaki fenotipleri ve sayıları verilen miktarda birey elde ediliyor :

+ + + / v gl va	235 270	Ata tipler
+ gl + / v + va	7 4	Çift krossing overler
v + + / + gl va	60 62	Tek krossing overler
+ + va / v gl +	40 48	Tek krossing overler
	726	

buna göre v-gl genleri ile gl-va genleri arasındaki aralığı bulunuz.

67. Tavşanlarda siyah (B) renk boz (b)'a, kısa tüy (K) uzun (k)'a, alacalılık (S) düz reng (s)'e başattır. Albino geni çekinik homozigot olduğunda (aa) hiçbir renk oluşmaz.

a) Homozigot siyah ve kısa tüylü tavşanın geri çaprazlanmasıyla
Siyah - kısa = 29
Boz - uzun = 33
Siyah - uzun = 35
Boz - kısa = 27
birey ortaya çıkmıştır. Buna göre bu iki özelliği belirleyen genler aynı kromozom üzerinde midir? Neden?

b) Heterozigot alacalı ve kısa tüylü tavşanla, düz renkli ve uzun tüylü tavşandan olan yavruların sayıları
Alaca - kısa = 48
Alaca - uzun = 5
Düz - kısa = 7
Düz - uzun = 40
bulunmuştur. Krossing-over oranı ve genlerin kromozom üzerindeki aralıklarını bulunuz.

c) Homozigot siyah bir tavşanla bir albinodan olma melezin tekrar albino ile çiftleştirilmesinden
66 Siyah
100 Albino
34 Boz
yavru meydana gelmiştir. Buna göre genlerde bağlılık var mıdır? Derecesi nedir?

68. Domateslerde yuvarlak meyve şekli (Y) uzun (y)'a, düz meyve yüzü (D) tüylü (d)'ye başattır. Bu gen çiftleri bakımından heterozigot bir F_1'in geri çaprazlanmasıyla:
Düz - yuvarlak = 12
Düz - uzun = 123
Tüylü - yuvarlak = 133
Tüylü - uzun = 12 örnek elde edilmiştir.

a) Genler arasında bağlılık var mıdır? Neden?

b) Gen bağlantısının şekli nasıldır?

c) Çözülme (krossing-over) oranı nedir?

69. Tavuklarda gümüşi (S) renk altın sarısı (s)'na, yavaş tüylenme (T) hızlı tüylenme (t)'ye başattır ve iki gen de eşey kromozomuna (X'e) bağlıdır. Hızlı tüylenen sarı leghorn horozu ile yavaş tüylenen çubuklu rock tavuğundan elde edilen horoz her iki gen bakımından da çekinik özellikli tavukla çiftleştirilmiş, çıkan tavuk ve horozlar aşağıda gösterilmiştir.

Yapı	Tavuk	Horoz
Sarı - hızlı =	156	127
Gümüşi - hızlı =	28	40
Sarı - yavaş =	7	7
Gümüşi - yavaş =	117	94

a) Çiftleşmeleri ve dölleri genotipleriyle gösteriniz.

b) Bağlılık gösterenlerle, çözülenlerin (krossing-over) oranlarını bulunuz.

c) Çubukluluk, (b) şıkkında eşey kromozomu üzerinde bulunduğuna ve t ile % 20 çözülme gösterdiğine göre, heterozigot gümüşi, yavaş tüylenen ve çubuklu horoz ile sarı, hızlı tüylenen, düz renkli tavuklardan elde edilecek dişi ve erkek döllerin dağılışlarını bulunuz.

70. *Drosophila*'da kıvrık kanat (cu) ve çatalsız kıl (ss) mutantları 3. kromozom üzerindedir. Yabani (+ +) dişi ile mutant erkek çiftleştiriliyor:

a) Erkekte gen çözülmesi (krossing-over) olmadığına göre F_2'de meydana gelebilecek bireyleri gösteriniz.

b) F_2'de elde edilen birey sayıları

Yabani = 292
Kıvrık = 9
Kıvrık, çatalsız = 92
Çatallı = 7

olduğuna göre çözülme oranlarını bulunuz.

71. Tavuklarda C geni renk için gereklidir; bunun çekinik alleli c beyaz renge neden olur; diğer taraftan I geni renk oluşumunu engeller; bunun çekinik alleli ı geni ise büyük C geninin varlığında rengin oluşumuna izin verir. Homozigot renkli bir tavuk, formülü ccII olan beyaz bir horozla çiftleştirilmiştir. Bu çiftleştirmeden meydana gelen F_1 dölü bireyleri her iki gen çifti bakımından homozigot çekinik olan bir bireyle çiftleştirildiğinde: 138 renkli, 415 beyaz yavru elde edilir; buna göre bu genler birbirine bağlı genler midir? Bağlı iseler krossing-over yüzdesi ne olur?

72. Tatlı bezelyelerde, mavi çiçek başat B genine dayanır, bunun çekinik alleli küçük b geni kırmızı çiçeği meydana getirir. Diğer taraftan polenlerin uzun olması R genine, yuvarlak olması da r genine dayanır. Homozigot mavi çiçekli ve yuvarlak polenli bir bitki, kırmızı çiçekli uzun polenli homozigot diğer bir bitki ile çaprazlandırılmış ve meydana gelen F_1 dölünün geri çaprazlandırılmasıyla 23 mavi uzun, 153 mavi yuvarlak, 155 kırmızı uzun, 21 kırmızı yuvarlak bitki elde edilmiştir. Buna göre bu iki gen birbirine bağlı mıdır? Bağlı ise krossing-over yüzdesi ne olur?

73. İki gen arasındaki gerçek ve zahiri mesafe ne demektir?

74. MENDEL, bodur bezelye çeşidinden (çekinik bir genle saptanır) aldığı çiçek tozları ile homozigot normal (veya uzun) bezelye çiçeğini tozlamış ve elde ettiği tohumları ekmiştir. Tohumlardan çıkan bitkilerin hepsi normal olmuştur (F_1). Bu normal bitkilerin çiçeklerini tekrar bodurların polenleri ile tozlayarak 87'si normal, 79'u bodur bitki veren tohumlar elde etmiştir.

a) Çaprazlamaları genotiplerle açıklayınız.

b) F_1'in kendilenmesiyle ortaya çıkan tohumlardan 787'si normal, 277'si bodurdur. Bu sonuçların F_2 açılma oranına uygunluğunu kontrol ediniz.

75. Domateslerde anthosiyanin gövdeye mor renk vermekte; anthosiyanin yoksa gövde yeşil olmaktadır. Homozigot mor gövdeli domates ile homozigot yeşil gövdeli domates melezlendiğinde F_1 hep mor gövdeli olmaktadır.

a) F_1 yeşil gövdelilerle geriye melezlenmiş, elde edilen tohumlardan 482 mor, 526 yeşil gövdeli bitki çıkmıştır. Bu sonuca göre gövde rengini belirleyen kalıtsal yapıları bulunuz.

b) F_1, kendilenince 3084 mor gövdeli, 1093 yeşil gövdeli bitki elde edilmiştir. Bu sonuç hangi kalıtım şekline uygundur? Uygunluğunu kontrol ediniz?

c) Homozigot mor gövdeli, oyuk yapraklı domates ile homozigot yeşil gövdeli, patates yapraklı domates melezleniyor. Gövde rengi ve yaprak şeklini belirleyen genlerin bağımsız açılım gösterdiğini varsayarsak, F_1'in çekinik bireylerle melezlenmesi sonucunda elde edilecek bireylerin genotip ve fenotip oranlarını bulunuz (oyuk yaprak başattır).

d) Bir araştırıcı mor gövdeli, oyuk yapraklı F_1'i kendi arasında tozlaştırarak aşağıdaki F_2 açılımını bulmuştur:

Mor - oyuk = 1790
Mor - patates = 620
Yeşil - oyuk = 623
Yeşil-patates = 222

Bu sayılarla F_1'in açılma hipotezini kontrol ediniz ve sonuçları her iki atayı geriye melezleme ile karşılaştırınız.

e) Aşağıdaki cetvelde gövde rengi ve yaprak şekli bakımından ata fenotipleri ile bireylerin fenotip dağılışları gösterilmiştir. Buna göre ata genotiplerini tahmin ediniz.

	birey Sayısı			
Ata fenotipi	Mor-Oyuk	Mor-Patates	Yeşil-Oyuk	Yeşil-Patates
Mor-oyuk × yeşil-oyuk	321	101	310	107
Mor-oyuk × mor-patates	219	207	64	71
Mor-oyuk × yeşil-oyuk	722	231	0	0
Mor-oyuk × yeşil patates	404	0	387	0
Mor-patates × yeşil-oyuk	70	91	86	77

f) Homozigot uzun, mor gövdeli ve oyuk yapraklı bir domates ile homozigot bodur, yeşil gövdeli ve patates yapraklı domates melezlendiğinde elde edilen F_1 dölleri, genlerin gametlere şansa göre dağıldığı varsayılırsa 1. Hangi tip gametleri, hangi olasılıklarla meydana getirir? 2. F_2'de ne kadarı fenotip ve genotip olarak çekinik ve başat ataya benzer?

76. Domateslerde pembe renkli yapraklılık (P), yeşil renkli yapraklılığa (p) başattır. Kesik yapraklılık (C) ise uzun yapraklılığa (c) başattır. Aşağıda beş değişik çaprazlamada meydana gelen yavruların fenotipleri sayısal olarak verilmiştir. Buna göre:

a) Her bir çaprazlama için ataların mümkün olan genotiplerini bulunuz.

b) Her bir çaprazlamada elde edilen neticeyi X^2 yöntemi ile kontrol ediniz.

	Yavru Sayısı			
Ata fenotipi	Pembe yaprak Kesik yaprak	Pembe yaprak Uzun yaprak	Yeşil yaprak Kesik yaprak	Yeşil yaprak Uzun yaprak
PpCc × ppCc 1. Pembe, kesik × Yeşil, kesik	321	101	310	107
PpCc × Ppcc 2. Pembe, kesik × Pembe, uzun	219	207	64	71
PPCc × ppCc 3. Pembe, kesik × Yeşil, kesik	722	231	0	0
PpCC × ppcc 4. Pembe, kesik × Yeşil, uzun	404	0	387	0
Ppcc × ppCc 5. Pembe, uzun × Yeşil, kesik	70	91	86	77

77. Bezelyelerde uzun gövdelilik (U), cüce gövdeliliğe (u); sarı danelilik (S), yeşil daneliliğe (s) ve düzgün danelilik (D) ise buruşuk daneliliğe (d) başattır. Uzun gövdeli, yeşil ve düzgün daneli bir bezelye ile cüce, sarı ve düzgün daneli bir bezelye bitkisi çaprazlanıyor.

a) F_1: 58 uzun gövdeli, yeşil ve düzgün daneli — 19 uzun gövdeli, yeşil ve buruşuk daneli
61 uzun gövdeli, sarı ve düzgün daneli — 20 uzun gövdeli, sarı ve buruşuk daneli
62 cüce gövdeli, yeşil ve düzgün daneli — 21 cüce gövdeli, yeşil ve buruşuk daneli
59 cüce gövdeli, sarı ve düzgün daneli — 22 cüce gövdeli, sarı ve buruşuk daneli

birey meydana geliyor. Ana-babanın genotipini bulunuz. F_1 dölündeki kombinasyonları gösteriniz.

b) Sonucun (meydana gelen bitki sayılarının) 3:3:3:3:1:1:1:1 orantısına uyup uymadığını X^2 yöntemini kullanarak inceleyiniz.

78. Mendel'in bezelyelerde yaptığı çaprazlamalarda çeşitli özellikler bakımından elde ettiği sonuçlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Özellik	Başatların sayısı	Çekiniklerin sayısı	Toplam
Tohumların şekli	5474	1850	7324
Kotiledon rengi	6022	2001	8023
Meyve kabuğu şekli	882	299	1181
Testa ve çiçek rengi	705	224	929
Çiçek durumu	651	207	858
Meyve kabuğu rengi	428	152	580
Gövde yüksekliği	787	277	1064

Khi kare (X^2) yöntemini kullanarak burada her bir durum için 3:1 oranının doğru olup olmadığını kontrol ediniz.

79. 69 ailenin çocukları üzerinde yapılan araştırmada, 71'nin MM, 141'nin MN ve 63'ünün de NN kan grubu sistemine sahip oldukları görülüyor, bu dağılım Khi-kare yöntemine göre doğru kabul edilebilir mi?

80. Heterozigot gri renkli ve düz kanatlı (GgDd) bir dişi *Drosophila*, bu özellikler bakımından çekinik olan (ggdd) siyah renkli ve kıvrık kanatlı erkekleriyle çiftleştirilmiş

    281: Gri ve düz kanatlı
    335: Gri ve kıvrık kanatlı
    330: Siyah ve düz kanatlı
    240: Siyah ve kıvrık kanatlı birey elde edilmiştir.

    Sonucu X^2 yöntemi ile kontrol ediniz.

81. Bir bitki çeşidi kendi poleni ile tozlaştırıldığında 317'si beyaz, 83'ü de renkli çiçek açan 400 yavru meydana getirmiştir. Khi kare yöntemini kullanarak buradaki fenotipik açılımın (3:1) veya (13:3) oranlarından hangisine daha iyi uygunluk gösterdiğini bulunuz.

82. Domateslerde gövde genellikle morumsu renktedir (A); fakat bazı varyetelerinde anthosiyanin (morluk pigmenti) oluşmaz ve gövde yeşil olur (a). Ayrıca domatesin yenen etli kısmının kırmızı rengi bir K geni ile bunun alleli sarı renk ise k geni ile saptanır. Ayrıca kesik yaprak, patates yaprağa; uzunluk, kısalığa (bodurluğa) başattır.

    a) Mor gövdeli domates, yeşil gövdeli domatesle tozlaştırıldığında F_1'in hepsi mor gövdeli olmaktadır. Eğer F_1 yeşil gövdeli bitkiyle geri çaprazlanırsa, meydana gelen yavrular 482 mor gövdeli, 526 yeşil gövdeli olmuştur. Tüm bitkilerin genotip ve fenotipini, keza gametleri simgelerle yazınız.

    b) Bundan önceki şıkta geri çaprazlamada $X^2 = 1.92$ ise, p (yanılma olasılığı) 0.05'den büyüktür. Bu sapma bir örnekleme hatası olabilir mi?

    c) Birinci şıkta F_2'nin 3084 mor gövdeli ve 1093 yeşil gövdeli bitki meydana getirdiğini varsayarsak, bu oranın beklenen orana istatistiksel olarak uygunluk gösterdiğini söyleyebilir miyiz? (yeterli olabilmesi için p'nin 0.05'den büyük olması gereklidir).

    d) Mor gövdeli, kesik yapraklı bir bitki ile yeşil gövdeli, patates yapraklı bitki tozlaştırılıyor. F_1'de hangi genotip ve fenotipte bitkiler meydana gelir? F_1'ler yeşil gövdeli, patates yapraklı ata ile geri çaprazlanırsa oran ne olur (özelliklerin bağımsız kalıtıldığını varsayarak).

    e) d şıkkındaki F_1'in kendi arasında tozlaşmasıyla meydana getirdiği F_2'de 1790 mor-kesik, 620 mor-patates, 623 yeşil-kesik, 222 yeşil-patates bitkisi elde edilmiştir. Bu, iki allel çiftinin bağımsız olarak kalıtıldığını kanıtlar mı? p (yanılma olasılığı)'nın 0.05'den daha az olduğunu söyleyebilir misiniz?

    f) Homozigot mor-gövdeli, patates yapraklı bir domates, homozigot yeşil gövdeli, kesik yapraklı bir ırkla tozlaştırılmış ve F_2'de 247 mor-kesik, 90 mor-patates, 83 yeşil-kesik, 34 yeşil-patates bitki elde edilmiştir. Bu çaprazlamada F_2'de beklenen mor-kesik bitkilerin sayısını hesaplayınız (F_2'de toplam 454 bitki olduğunu düşünün).

    g) Bir önceki şıkta F_1'in mor-patates ata ve yeşil-kesik ata ile geri çaprazlanmasında ve keza resiprokt çaprazlanmasında fenotipler hangi oranlarda olacaktır?

    h) Aşağıdaki tabloda birbirinden ayrı altı çaprazlamanın fenotipik sonuçları verilmiştir. Her durum için ataların muhtemel genotiplerini bulunuz.

	Mor-kesik	Mor-patates	Yeşil-kesik	Yeşil-patates
a) Mor-kesik × yeşil-kesik	321	101	310	107
b) Mor-kesik × mor-patates	219	207	64	71
c) Mor-kesik × yeşil-kesik	722	231	0	0
d) Mor-kesik × yeşil-patates	404	0	387	0
e) Mor-patates × yeşil-kesik	70	91	86	77

    ı) Uzun-bodur özelliğinin mor-yeşil özellikten bağımsız olarak kalıtıldığını nasıl anlayabiliriz?

    j) Homozigot uzun, mor gövdeli, kesik yapraklı bir bitkiyle, homozigot bodur, yeşil gövdeli, patates yapraklı bir bitki çaprazlanıyor. Gametlerin tiplerini ve F_1'in özelliklerini bulunuz (üç allel çiftin de bağımsız kalıtıldığını düşünerek).

    k) F_2'nin genotip ve fenotipini bulunuz.

    l) j şıkkındaki F_1'in meyvesi heterozigot kırmızı ise F_2'deki açılım ne olur? (dört çift alleli düşünün).

11. BÖLÜM

KALITIMIN MOLEKÜLER AÇIKLANMASI

11.1. GENEL TANITIM

Kalıtımın çekirdek asitlerine bağımlı olduğunu açıklayan fikirlerin genel gelişimi aşağıdaki gibidir.

11.1.1. ÇEKİRDEK ASİTLERİNİN BULUNUŞU

1869 yılında FRIEDRICH MIESCHER, cerahatte (irinde) ve som balığında fosforca zengin yeni bir organik bileşik olan **'Çekirdek Asitlerini'** buldu. Biyologlar bu yeni maddenin kalıtsal şifrenin temeli olduğunu ancak, bu buluştan 80 yıl sonra anlayabildiler. Genlerin yapı taşları 'N u k l e o t i d' olarak adlandırıldı. Asrımızın ilk yarısında proteinler üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen verilere göre genlerin de muhakkak bir protein olacağı varsayıldı. Fakat böyle karmaşık bir molekülün hücre bölünmesinde dublikatını (eşini) nasıl meydana getirdiğini açıklamak oldukça güçtü.

11.1.2. SENTRAL DOGMA

Bugün bildiğimiz kadarıyla çekirdek asitleri DNA ve RNA'dan ibarettir. 1953'te JAMES WATSON ve FRANCIS CRICK, DNA'nın modelini tahmin ederek, kalıtsal bilginin taşınmasını ve replikasyonun açıklamasını yaptılar. Bu varsayılan model biyologları yeni bir araştırma alanına yöneltti ve biyolojide 'S e n t r a l D o g m a'nın ortaya çıkmasına neden oldu. Bu, tüm biyolojik olayların, DNA'dan RNA aracılığı ile, dönüşsüz olarak proteine bilgi aktarımı şeklinde ortaya çıkmasını ifade eder.

11.1.3. DNA'NIN KALITIM FAKTÖRÜ OLDUĞUNU DESTEKLEYEN KANITLAR

Neden DNA bir kalıtım faktörü olarak kabul edilmiştir? Öncelikle bütün hücrelerin çekirdeğinde bulunur; keza kromozomların yapısının büyük bir kısmını oluşturur; tüm vücut hücrelerinde (soma hücrelerinde) aynı miktarda bulunur; bu da bizi

aynı canlının bütün hücrelerindeki DNA'nın (poliploit hücrelerde hariç) aynı olduğu varsayımına götürür; gametlerde DNA miktarı soma hücrelerindekinin yarısı kadardır; diğer organik bileşikler gibi yıkılıp yeniden sentezlenmez. Mor ötesi ışınlar mutasyon meydana getirir. Özellikle 2600A° dalga boyundaki ışınlar en çok mutasyon meydana getirir; bu dalga boyu da saf DNA çözeltisinin maksimum ışık absorbe ettiği dalga boyudur. Virüsler hücre içerisine girerken vücut kapsülü dışarıda kalır ve yalnız DNA molekülü içeriye girer; daha sonra bu DNA'dan kendine özgü kapsül yeniden yaptırılır (Şekil 2.18). Bu da kalıtsal bilginin DNA'ya bağımlı olarak kalıtıldığını göstermektedir. Belirli bakteri soylarından alınan DNA özütleri diğer bakteri kültürlerine katıldığında her ne kadar klon bunları kendi kalıtsal özelliğine göre yeniden organize ederse de, çok defa bazı özellikler, yani genler doğrudan doğruya yeni klonun kalıtsal materyaline katılır. Örneğin, penisiline dayanıklılık, yeni kapsül yapma ve bazı metabolik değişiklikler. Yukarıda anlatılan kısa örnekler kalıtımın DNA ile yapıldığını kanıtlamaktadır. Ayrıca RNA içeren bazı virüslerde, RNA'nın kalıtsal madde olarak görev yaptığı bilinmektedir.

11.1.4. KOD

Genler DNA'dan oluşmuştur ve kromozomların içinde bulunurlar. Her gen DNA molekülü içerisinde belirli bir düzene —k o d— a göre dizilmiş pürin ve pirimidin nukleotitlerinden yapılmıştır. Bu durumda kalıtsal bilginin birimine 'K o d o n' denir. Bu kodon, üç ilişkili nukleotit grubundan meydana gelmiştir ve bir polipeptit zinciri içerisinde belirli bir amino aside karşı özelleşmiştir. Bu durumda bir kodon 'T r i p l e t'tir.

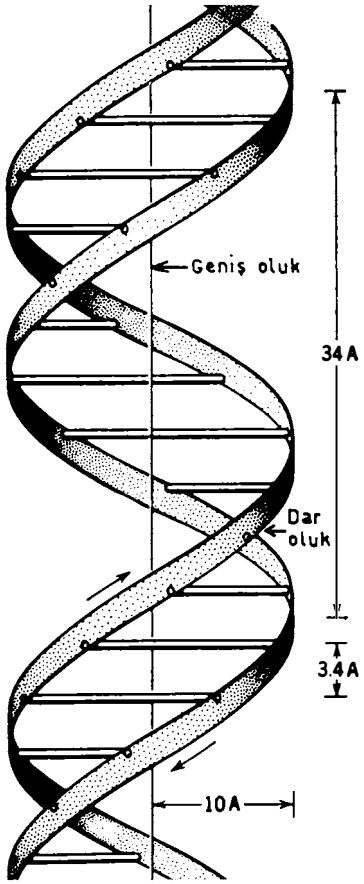
11.1.5. DNA MOLEKÜLÜNÜN ŞEKLİ

DNA molekülü iki zincirli heliks (yay ve sarmal) şeklinde kıvrılmış bir moleküldür. Zinciri, şeker (deoksiriboz) ve fosfat molekülleri meydana getirir; bu iki zincirin arasında merdiven basamağı şeklinde organik bazlar dizilmiştir. Burada gelişigüzel bir sıralanma yoktur; her zaman G-C ve A-T karşı karşıya gelir. Hem pürin ile pirimidin arasındaki hidrojen bağları, hem de heliksin belirli yerlerinde birbirine bağlanması, meydana gelen heliksin düzgün olmasını sağlar. Replikasyon sırasında bu iki zincir birbirinden ayrılır. Her zincir, karşısında, eşini oluşturarak iki yavru kromozomun meydana gelmesini sağlar.

11.1.6. DNA'NIN BÜYÜKLÜĞÜ

Kendini oluşturan nukleotitlerin sayısına bağlı olarak büyüklüğü değişen uzun iplik şeklinde bir yapı gösterir. Oldukça katı yapısından dolayı mekanik darbelerde kolayca kırılabilir. Tüm bir DNA zincirinin elde edilmesi, bu nedenle oldukça zordur; çoğunluk çok ince yöntemleri gerektirir. Mikroorganizmalardan elde edilen DNA molekülleri 10^9 dalton gibi büyük bir moleküler ağırlığa sahiptir. 10 bazın (moleküler ağırlığı yaklaşık 10×660 dalton'dur) oluşturduğu bir DNA büklümünün boyu 34.6

A°'dur (Şekil 11.1). Boyuna çekildiğinde (heliks açıldığında) 0,5 mm. olur. İnsanda her kromozom ortalama $3,8 \times 10^{10}$ dalton moleküler ağırlığındadır; yani çekildiğinde 20 mm. kadar uzun DNA zincirine sahiptir. 46 kromozomun toplam DNA uzunluğu 92 cm. kadardır.



Şekil 11.1:
İki zincirli DNA molekülünün duruşu ve angstrom mertebesinde boyutları.

11.1.7. DNA'NIN HÜCREDE BULUNDUĞU YERLER

Çekirdeksiz hücrelerde, özellikle bakterilerde, DNA içeren bölge "N u k l e o i d" olarak adlandırılır. Bu bölgede DNA yumak şeklinde sarılmış iplikçikler halinde ya da sabun köpüğü şeklinde görülür. Nukleoidler sitoplazmadan bir zarla ayrılmaz. Dolayısıyla bakteri genomu kural olarak düz (açık) ya da siklik (çember şeklinde) DNA heliksi şeklinde bir zincirden oluşmuştur (Şekil 2.18 ve 4.1). *Escherichia coli* hücresi $2,5.10^{-13}$ gr. DNA içerir. Bu ise toplam kuru ağırlığının % 3-4'dür. Siklik bir molekül formu içerisindeki ağırlığı 3.10^9 daltondur. Gerilerek açıldığında 1,5 mm. uzunluğunda düz bir zincir meydana getirir ve bu da her biri 1000 bazdan oluşmuş 6000 kadar gene denktir. Normalde *E. coli* nukleoidinin uzunluğu 0,2 μ'dür. Yani çember şeklinde bakteri DNA'sı çok sıkı bir şekilde bükülerek kısalmış ve paketlenmiştir. Genellikle fiziksel yapısı gerçek bir çözeltiye uygunluk göstermez. Mikroorga-

nizmalarda kural olarak, yüksek organizmalarda görülen tipik kromozom yapısı görülmediği için, bakteri hücrelerinin genomu "L i n e o m" olarak adlandırılır.

Bazı bakteriyofajlarda, DNA, komplementler ipliği olmayan siklik (çember) formda, bazılarında çift iplikçikli olarak bulunur. Bunun nedeni bilinmemektedir. Ayrıca λ bakteriyofajının DNA'sı hücre dışında çubuk şeklinde, hücre içinde çember şeklinde bulunur. Bazı fajlarda da siklik DNA super kıvrımlı olarak bulunmaktadır. Bunun nedeni siklik genomun her iki ipliğinden bir tanesinin diğerinin etrafında büklüm meydana getirmesidir. Böylece yapı daha da sağlamlaştırılmıştır. Dolayısıyla özgül ağırlığı da açık forma göre daha fazlalaşmıştır.

Bakteri hücreleri belirli durumlarda yabancı DNA ya da "yabancı DNA parçaları" içerebilir. Bunlardan ilk olarak rezistans faktörü "R-faktörü" ve eşey faktörü "F-faktörü" dikkati çeker. Bunlar "E p i s o m"lar ya da "P l a s m i d"ler olarak tanımlanırlar. Epizomlar bakteri kromozomunun belirli bölgelerini seks faktörleriyle (F-faktörü) birlikte taşırlar. Seks faktörü tek başına, bağımsız olarak da bakteri sitoplazmasında bulunabilir ya da bakteri kromozomuna integre (katılabilir) olabilir. R-faktörü epizom olmayan plasmitlerdir. Yani R-faktörü, epizomlar ya da bağımsız seks faktörleri gibi bakteri kromozomuna integre olamazlar (katılamazlar). Epizomal DNA'ların toplam DNA içerisindeki miktarı % 5'e kadar çıkabilir. Ana DNA içerisine integre olan (giren) bu parçalar, özellikle F-faktörü tekrar çözülerek ayrılabilir. Bakteriyel konjugasyonda bu çözülme sırasında ana DNA'dan bazı parçalar da diğer bir bakteriye aktarılabilir.

Epizomal DNA, hücre bölünmesi sırasında, genel olarak esas DNA'dan bağımsız olarak çoğalır.

Çekirdekli hücrelerde (eukaryotlarda) esas DNA, çekirdeğin içerisindeki farklı kromozomlarda tek tek DNA molekülleri şeklinde bulunur. Bununla beraber DNA, tüm kromozomlara ve kromozomlarda aynı şekilde dağılmamıştır. Kromozom boyunca, tespih taneleri şeklinde, kromomer denen şişkinliklerin içinde bulunur. Dev kromozomlarda bu kromomerlerin yan yana gelmesi bantlar oluşturur. Bir kromozom bu kromomerlerden binlercesini taşır. 50 μ uzunluğundaki bir DNA segmentinde yaklaşık 1000 kadar bağımsız genin replikasyonu gösterildiği için, büyük bir olasılıkla kromozomların DNA'sı tek bir DNA-heliksinden oluşmuş iplikten meydana gelmemiştir.

Sitoplazmik DNA (Satellit-DNA), eukaryotik hücrelerde, mitokondrilerde; ayrıca bitkisel hücrelerde kloroplastlarda bulunmaktadır. Fiziksel ve kimyasal özellikleri çekirdekteki DNA'dan farklıdır. Kural olarak özgül ağırlıkları çekirdek DNA'sından daha küçüktür. Biyosentezleri ve biyolojik işlevleri çekirdek DNA'sından bağımsızdır.

Mitokondriyal DNA'nın iki grubu vardır. Bir tanesinin moleküler ağırlığı 1×10^7 daltondur ve çember şeklindedir. Diğeri ise 4×10^7 daltondur ve iplik şeklindedir. Çember şeklindeki (siklik) varyantları yaklaşık 5 μ'lük daireler halinde bulunur. Bu

yapıya "C a t e n a Y a p ı l a r ı" denir (Şekil 11.2). Bu şekildeki birçok çember, zincir şeklinde birbirine bağlanmıştır. Birçok çemberden oluşmuş bu bantlar incelendiğinde, tüm çemberlerin benzer DNA moleküllerini taşıdığı görülmüştür.

11.1.8. DNA'NIN DENATURASYONU

CsCl ve Cs_2SO_4 çözeltilerinin yüksek yoğunluğunda santrifüjle DNA'nın çift heliksi çözülebilir. Buna DNA'nın "D e n a t u r a s y o n"u denir. Bu ayrılma doğal olarak bazların hidrojen atomlarında meydana gelir ve sonuçta düzensiz, tek zincirden oluşmuş bir heliks yığını ortaya çıkar. Asit ile denaturasyonda, çift (dopel) heliksin dış tarafındaki fosfatın elektriksel nötralitesi bozulduğu için, heliksin bozulmasına neden olur. Keza iyon derişiminin çok etkili değişiminde (örneğin 10^{-3}M Na^+ ya da 10^{-5} Mg^{++} dan daha düşük değerlerde) yine heliks yığını meydana gelir. Belirli pH ve iyon derişimlerinde ısıtmak suretiyle DNA'yı çözmek mümkündür. Bu sıcaklık aralığı oldukça dardır. Belirli bir sıcaklığın üzerinde Tm (erime noktası) = 69,3∓0,41 (G + C) (°C) eriyen DNA daha dayanıklı ve stabil bir makro molekül meydana getirir. Guanin ile sitozin arasında üç hidrojen köprüsü olduğundan, iki bağlı adenin ve timine göre; çift heliksin sağlamlaşmasına daha büyük katkısı olmaktadır. Bu nedenle yukarıda verilen erime noktasında G + C'in için yeterlidir ve bu yöntemle DNA içerisindeki G + C miktarı saptanabilir.

Erime noktası civarında ısıtılan DNA çözeltisi, yavaş yavaş soğutulup 20°C'de uzun süre tutulursa DNA yeniden eski haline döner yani "R e n a t ü r e" olur. Hidrojen bağları yeniden oluşur. Bakteri DNA'sı memeli DNA'sından daha kolay renatüre olur. Bununla beraber optik aktivitesi tam eski durumuna dönmez. Termik olarak denatüre edilmiş DNA hızla 0°C'ye kadar soğutulursa, her iki DNA zinciri de ayrı olarak kalır. Bu ayrı zincirler birçok deneyde başarı ile kullanılır. Değişik ayrık zincirlerden homozigot ya da heterozigot çift zincirler yapılır. Hatta farklı DNA zincirlerinin çift yapma eğilimlerine göre evrimsel bir yorum getirmekte mümkündür. İşaretlenmiş timin taşıyan DNA parçaları ile yapılan bu deneylerde ilgili parçaların bu yolla izlenmesi büyük kolaylıklar sağlar. Bakteriden insana doğru DNA hibritleşmesi yapıldığında, homolog dizilimlerin gittikçe farklılaştığı ve akrabalık benzerliği ölçüsünde homolog nukleotit dizilimi taşıdığı saptanmıştır. En büyük dizilim farkı insan ile bakteri arasında görülmektedir. Tek zincirli DNA ile yine tek zincirli olan RNA hibritleşme meydana getirebilir, hatta ürettiği RNA ile hibrit yapan DNA tek zincirlerinin bu yapısal ilişkinin açıklanmasında büyük yararları olmuştur. Buradaki kullanılan hibrit kavramı çift yapma anlamına kullanılmıştır.

11.2. KROMOZOMLARIN KİMYASI

Kromozomların DNA, RNA, histonlar ve proteinlerden oluştuğu gösterilmiştir. İlk olarak hücrelerin homojenleştirilmesi ve santrifüjle izolasyonu, daha sonra çekirdeklerin ve kromozomların homojenleştirilmesi ve santrifüje edilmesiyle, A.E. MIRSKY, saf kromozomal materyali elde etmiştir. Yapılan analizlerde her soma hücresinde 6×10^{-9}, her sperma ve yumurta çekirdeğinde ise 3×10^{-9} miligram DNA olduğu

saptanmıştır. Poliploit dokularda DNA miktarı poliploidinin derecesine uygun olarak daha fazla bulunur. Örneğin tetraploit hücrelerde DNA miktarı 12×10^{-9} mg/çekirdek başına bulunmuştur. Belirli bir organizmadaki DNA ve histon miktarı esas olarak bütün hücrelerde aynıdır. Buna karşılık DNA miktarı ve bazı proteinler hücreden hücreye değişiklik gösterir. DNA'nın miktarı gen sayısına da uygunluk gösterir ve diploit hücrelerde çift, haploit hücrelerde bununla ilişkin olarak gametlerde yarısı oranında bulunur. DNA miktarından her hücrede bulunan nukleotit sayısı ve dolayısıyla gen sayısı tahmin edilebilir.

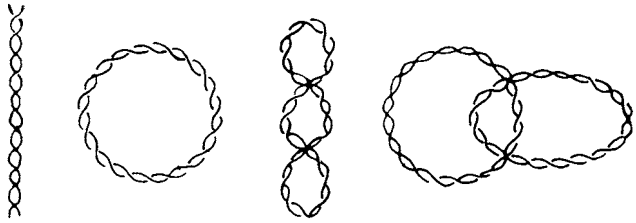
Kromozomlar deoksiribonukleaz enzimiyle muamele edildiğinde DNA parçalanır ve ortadan kalkar; yalnız kromozomların gölgeleri daha doğrusu taslakları kalır. Buna karşılık kromozomlar proteolitik enzimlerle muamele edildiğinde dıştaki matriks kısmı ortadan kalkar ve parçalanmalar görülür. Bu, bize, kromozomların proteinden yapıldığını ve bunların içerisindeki DNA'nın lokuslarda (içerisinde) yer aldığını gösterir. EDTA (etilen diamin tetra asetik asit) ile muamele edilen kromozomlarda parçalanmalar görülür. Çünkü EDTA iki değerlikli katyonları (kalsiyum gibi) bağlar ve kromozomları serbest hale geçirir. Buradan, DNA ile kromozom proteinlerinin Ca ve Mg gibi iki değerlikli katyonlarla birbirine bağlandığını çıkarırız. Bu katyonlar EDTA ile kromozomlardan dışarıya alınırsa çekirdek asitleriyle proteinler birbirinden ayrılır.

11.2.1. PROKARYOTİK ORGANİZMALARDA KROMOZOMLAR

Prokaryotik (çekirdeksiz) organizmaların kromozomları tek bir moleküldür ve oldukça büyüktür (Şekil 4.1). Örneğin bakteriyofajlarda (1.2×10^8), *Escherichia coli*'de (2×10^9) dalton'dur. Bu organizmalarda DNA molekülü serbest ucu olmayan bir çember şeklindedir. Bu çemberimsi yapının replikasyonu önleyeceği ileri sürülmüş ve replikasyon olacağı zaman çemberin açılarak kısa bir süre düz hale geçtiği kabul edilmiştir. Belki yüksek organizmalarda DNA kromozomlar içerisinde tek tek olarak çemberimsi durumda bulunur. Nitekim 1966 yılında MARGIT NASS, fare fibroblastlarında DNA'nın 10-15 mikron uzunluğunda ve çizgi şeklinde olduğunu göstermiştir. Buna karşılık mitokondrilerin bir çoğunda, belki hepsinde bulunan bir miktar DNA'nın (toplam DNA'nın % 1-2 kadarı) 5 mikron boyunda çember şeklinde olduğu elektron mikroskobuyla gösterilmiştir.

11.3. WATSON-CRICK MODELİ

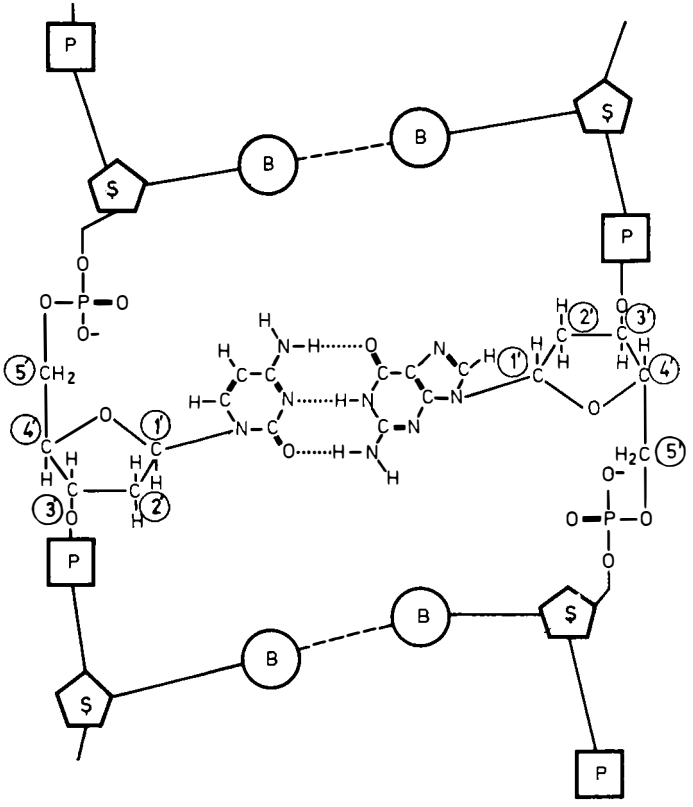
Bitki ve hayvanların büyük kısmında DNA tam olarak izole edilmiştir. Hepsinde, deoksiriboz (şeker), fosforik asit ve azotlu bazlardan meydana geldiği bulunmuştur (Şekil 2.8, 2.9 ve 11.2). DNA'da 4 baz da bulunur, bunlardan ikisi **'Pürin'** yani **'Adenin** ve **Guanin'** diğer ikisi de **'Pirimidin'** yani **'Sitozin'** ve **'Timin'**dir. Pürin ve pirimidin oranları belirli bir türün bütün hücrelerindeki DNA'larda aynıdır; fakat farklı türlerden alınan DNA örneklerinde bu oran değişir. Bütün DNA örneklerinde toplam pürin miktarı toplam pirimidin miktarına eşittir (A + G = T + C). Adenin miktarı timine (A = T), guanin miktarı sitozine (G = C) eşittir. Memelilerde adenin



Şekil 11.2: Mitokondriyal DNA'nın olası konfigirasyonları. Soldan sağa; açık çift heliks, çember çift heliks, üçüncül kıvrımlı çember çift heliks, catena (katena) yapısı.

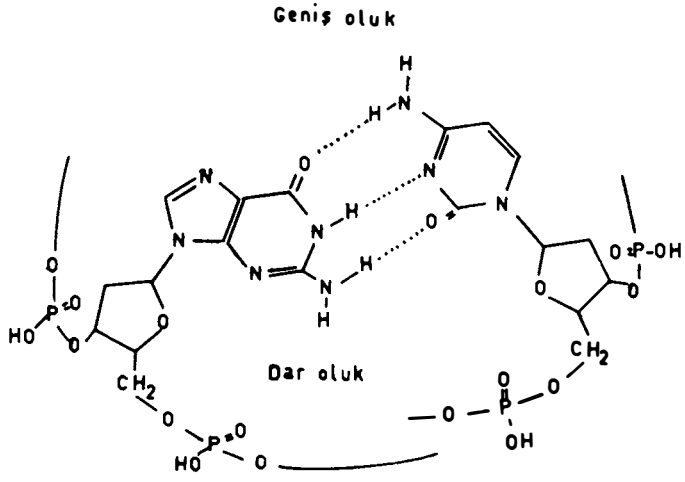
ve timin miktarı zengin olmasına karşılık, bakterilerde guanin ve sitozin daha zengindir. Bu analizlere ve X ışınlarının kırılmasına dayanarak 1953 yılında WATSON ve CRICK bir DNA modeli yapmayı başardılar. Bu model birçok kimyasal açıklamayı yapabildiğinden 1962 yılında bu iki ilim adamına nobel ödülü verildi.

DNA'da bazlar bir merdiven basamağı şeklinde bağlanır. Öyleki birinci nukleotitin deoksiribozunun 5'karbonu ikinci nukleotitin deoksiribozunun 3'karbonuna bir fosfodiester bağı ile bağlanır (Şekil 11.3). WATSON ve CRICK, çift polinukleotit zin-

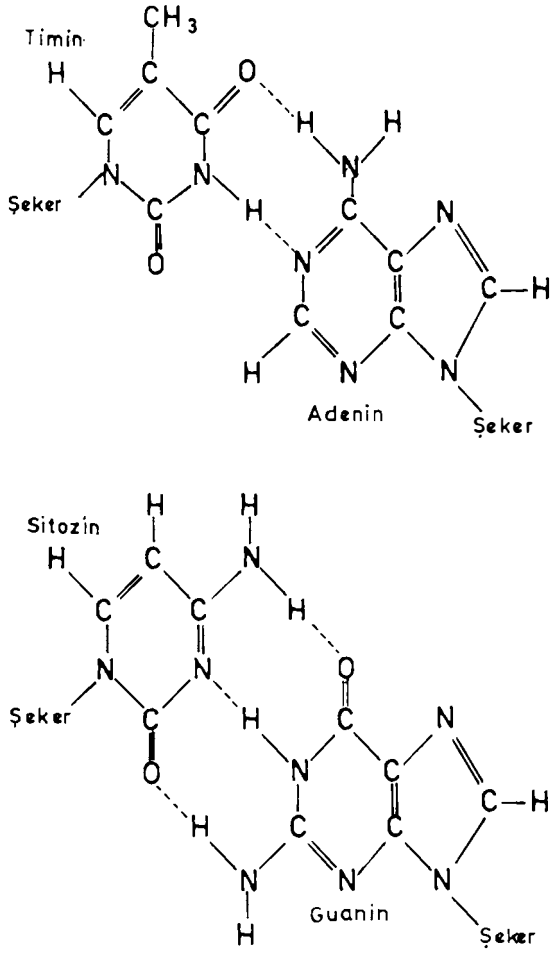


Şekil 11.3: DNA'nın yapısı. Sitozin ve guaninden oluşmuş bir nukleotit çifti gösterilmiştir. P. Fosfor, Ş. Şeker (deoksiriboz), B. Baz; hidrojen bağları noktalı olarak gösterilmiştir (Kühn'den).

cirlerin birbiri etrafında bir büyük bir küçük oluk oluşturan bir heliks meydana getirecek şekilde yelkovan yönünde kıvrıldığını (Şekil 11.4) ve zincirin daha doğrusu heliksin dış tarafında şeker-fosfat, iç tarafında ise merdiven basamağı gibi iki zinciri birbirine bağlayan pürin ve pirimidin bazlarının (heliksin aksine dik bağlanırlar) bulunduğunu önerdiler (Şekil 11.1 ve 11.4). Yandaki zincir, pürin ve pirimidin arasındaki özel hidrojen bağlarıyla birbirine yaklaşarak, belirli bir açı altında döner merdiven gibi kıvrılmıştır. On baz çifti tam bir heliks kıvrımı meydana getirir. Pürin ve primidin arasındaki hidrojen bağları öyledir ki, yalnız adenin timine ve guanin sitozine bağlanabilir. Bu bazlar düzlem içerisinde karşılıklı değil bir açı altında birleşmiştir. Bu birleşme içerisinde dar ve geniş oluklar kolayca tanınabilir (Şekil 11.1 ve 11.4). Diğer bir kombinasyon olanaksızdır. Adenin ve guanin aralarında hidrojen bağı oluşturamayacaklardır; çünkü her iki molekül de büyüktür ve zincir içerisinde yer bulamayacaklardır. Timin sitozinle birleşemeyecektir. Çünkü her ikisi de küçük moleküldür ve biri zincirin bir tarafında diğeri öbür tarafında olduğundan arada büyük aralık kalacaktır. Adenin ve timin arasında 2, guanin ve sitozin arasında 3 hidrojen bağı meydana gelir (Şekil 11.5). Hidrojen bağ çeşitlerinin özelleşmesi bir zincirde bulunan her adeninin karşı zincirde bir timin bulmasını ve keza bir zincirdeki sitozinin karşıdaki zincirde bir guanin bulmasını sağlar. Böylece iki zincir birbirini tamamlar. Zincirin bir kolundaki nukleotitlerin dizilişi özellikle karşısındaki öbür kolda bulunan nukleotitlerin dizilişini bir çeşit dikte ve kontrol eder. Zincirlerin yönleri birbirine zıttır; şöyleki bir dizide fosfat şeker bağları 5'-3' şeklinde olduğu halde, karşısındaki dizide 3'-5' şeklindedir. Zincirin iki kolu karşılıklı olarak uzanır ve en dış kısımlarında fosfat grupları bulunur (Şekil 2.9). Eğer bütün bu elemanları elimizdeki modele göre düzenlersek, ancak o zaman adenin-timin, sitozin-guanin çiftinin mekân olarak uyabileceği ve diğer kombinasyonların şimdilik olanaksızlığı görülecektir.



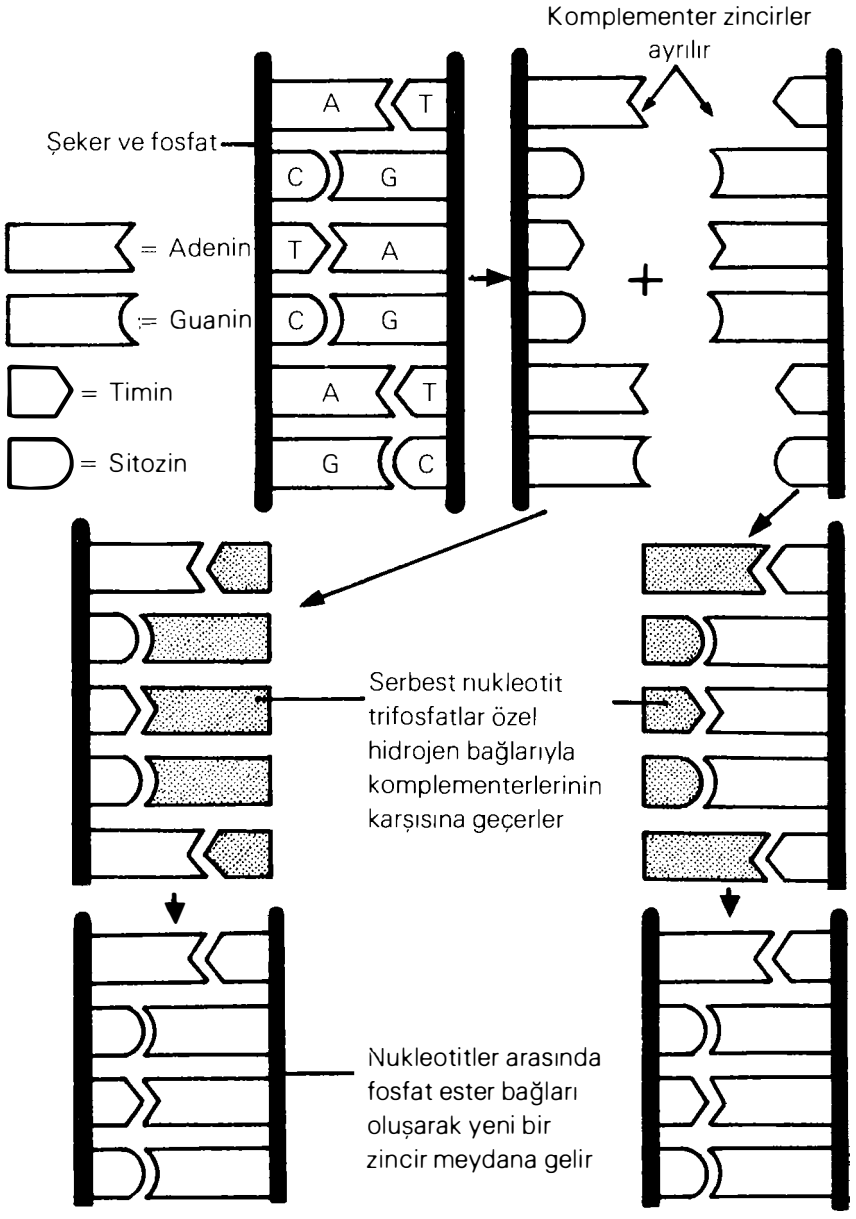
Şekil 11.4: DNA heliksinden enine bir kesit.



Şekil 11.5:
Adenin-timin, sitozin-guanin arasındaki H-bağları.

11.3.1. KALITSAL MATERYALİN REPLİKASYON ÖZELLİĞİ

Kalıtsal materyalin en önemli özelliği kalıtsal bilgi taşıması ve replikasyon yapabilmesidir. Bu model, DNA'nın her iki işlevi de nasıl yürüttüğünü açıklar. Eğer DNA replikasyon yapacaksa merdivenin her iki kolu birbirinden ayrılır ve her kol yeni bir zincir meydana getirir, daha doğrusu kendini tamamlar. Bu şekilde iki yeni heliks ortaya çıkmış olur (Şekil 11.6). Yeni zincir üzerindeki nukleotitler, eski zincirdekine benzer. Çünkü eski zincir üzerinde bulunan pirimidin ya da pürin bazlarından bir tanesini almıştır. Bu baz karşısında kendine eş olacak diğer bazı seçeceğinden nukleotitlerin dizilişi ve özelliği değişmeyecektir. Dış ortamdan alınan fosfatlar, DNA polimeraz enziminin etkisi altında, ester halinde zincirdeki ilişkili nukleotitlere bağlanılır ve yeni polinukleotit zinciri bu şekilde ortaya çıkmış olur. Eski ve yeni zincirler birbiri etrafına dolanırlar ve iki yeni DNA molekülü meydana gelmiş olur. Bu iki yeni molekül birbirinin tamamen aynısıdır.



Şekil 11.6: DNA'daki bazların şematik dizilimi ve DNA polimeraz enzimi ile replikasyonu (V.-W.-Barnes'den).

11.3.2. DNA'NIN BİLGİ TAŞIMASI

DNA'nın ikinci büyük önemi, kalıtsal bilgi taşımasıdır. Bu, nukleotitlerin belirli şekilde sıralanmasıyla olur ve iki hücre bölünmesi arasında bu diziliş bir çeşit deşifre edilerek canlının kendine özgü işlevleri yürütülür. Bu iş için meydana getirilen mRNA

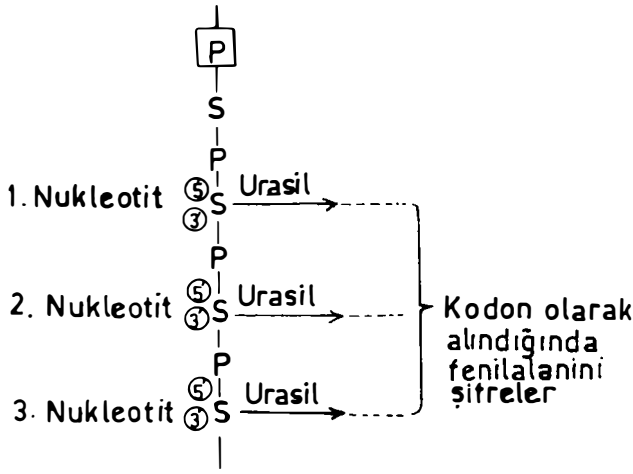
(haberci RNA) ribozomlarla birlikte enzimlerin ve canlının kendine özgü proteinlerini sentezlenmesini sağlar. Daha sonra bu konuda geniş bilgi verilecektir.

11.4. GENETİK KOD

11.4.1. GENETİK KODUN EVRİMİ

WATSON-CRICK modeli, kalıtsal bilginin, nukleotitlerin türe özgü bir şekilde belirli bir düzen içerisinde sıralanmasıyla belirlendiğini ve dölden döle bu şekilde kalıtıldığını açıklar. Sözkonusu türün kendine özgü özellikleri ise, kendi kalıtsal yapısı ile belirlenen protein ve enzim moleküllerinin sentez edilmesiyle açığa çıkar. DNA üzerindeki genler, gerekli emri ancak bir aracı molekül aracılığıyla protein sentezleme

1. Nükleotit (5'uçta)	2. Nükleotit	3. Nükleotit (3'uçta)		
	U	C	A	G
U	U — Fenilalanin	Fenilalanin	Lösin	Lösin
	C — Serin	Serin	Serin	Serin
	A — Tirozin	Tirozin	Sonlandırıcı	Sonlandırıcı
	G — Sistein	Sistein	Sonlandırıcı	Triptofan
C	U — Lösin	Lösin	Lösin	Lösin
	C — Prolin	Prolin	Prolin	Prolin
	A — Histidin	Histidin	Glutamin	Glutamin
	G — Arginin	Arginin	Arginin	Arginin
A	U — İzölösin	İzölösin	İzölösin	Metionin (Başlatıcı)
	C — Threonin	Threonin	Threonin	Threonin
	A — Asparagin	Asparagin	Lisin	Lisin
	G — Serin	Serin	Arginin	Arginin
G	U — Valin	Valin	Valin	Valin
	C — Alanin	Alanin	Alanin	Alanin
	A — Aspartik Asit	Aspartik Asit	Glutamik Asit (Glutamat)	Glutamik Asit
	G — Glisin	Glisin	Glisin	Glisin (Başlatıcı)



Şekil 11.7: Nukleotitlerin dizilişi ile amino asitler arasındaki ilişki.

düzeneğine iletirler. Bu aracı molekül RNA'dır. Protein zincirindeki yerine konmak üzere her amino asit RNA üzerindeki 3'lü bir baz grubuyla şifrelenir. Bu 3'lü yapıya kodon diyoruz. Yalnız 4 çeşit nukleotit (A,C, G,T) olduğundan 20 ya da daha fazla amino asidi düzenleyebilmek için, bir ya da iki nukleotitten meydana gelmiş kodonlar = kalıplar yeterli olmayacaktır. Çünkü iki nukleotitten meydana gelseydi 4 çeşit olduğuna göre 16 çeşit kombinasyon verebilirdi, bu da 16 çeşit amino asidi protein zincirindeki yerine yöneltebilirdi. Halbuki canlılarda 16'dan fazla amino asit çeşidi vardır. Her amino asit için 3 nukleotitten meydana gelmiş 'TRİPLET' = üçlü bazlar, 4 nukleotidi gözönüne alırsak 64 çeşit kombinasyon verir (Şekil 11.7). Bu bize hücre gereksiniminden fazla bir kod serisi sunar. Gerçekte bazı kodlar dejenere olmuştur ve 6 farklı triplet aynı amino aside özelleşmiştir (Şekil 11.7). Örneğin lösinde durum bu şekildedir. Fakat sinonim her kodonun protein içerisine amino asit yerleştirme aktivitesi farklıdır. Esasında canlılığın başlangıcında üçlü harf olmasına karşın ikili kod kullanılması olasıdır ve bu durumda, o zaman, yalnız 16 çeşit amino asit kullanılıyordu (Tabloya bkz.).

	2. Baz			
1. Baz	**U**	**C**	**A**	**G**
U	Fen (Phe)	Ser.	Term.	Sis. (Cys)
C	Lös. (Leu)	Pro.	His.	Arg.
A	İz. lös. (İle)	Thr.	Lis. (Lys)	Asp.
G	Val.	Ala.	Glu.	Glis. (Gly)

İkili harften üçlü harfe geçme öldürücü olabilir. Bu nedenle başlangıçta üç harf; fakat birli ve ikili kodon kullanılıyordu. Başlangıçta iki harfle kodlanan amino

asitler bugün de yine iki harfle kodlanmaya devam etmektedir. Sadece asparaginin yerinde kod değişikliği olmuştur. Geçmişte asparagini saptayan AGX (X herhangi bir baz) bugün serini ve keza arginini saptamaktadır.

Büyük bir olasılıkla trp ya da met gibi bazı amino asitler ilk (prebiyotik) canlı ortamlarında mevcut değildirler. Toplam beş amino asit bir evrimsel basamakla diğer amino asitlerden metabolize edilmişlerdir. Bunlar:

Asp ⟶ Asn (= Asp N)
Glu ⟶ Gln (= GluN)
Sis (= Cys) ⟶ Met.
Ser ⟶ Trp.
Fen (= Phe) ⟶ Tir (= Tyr)

Geri kalan 15 amino asit ise o ortamda mevcuttu ve dolayısıyla iki harfli kod yeterliydi.

Daha sonra amino asit çeşitleri artınca üçlü kodona gitmek zorunluluğu doğdu. Bu kalıtsal yapıda bir evrimdi. Fakat birçok amino asit çeşidi için (genellikle bu evrimden önce bulunan amino asit çeşitleri) triplet kodun baştan iki harfi yeterlidir ve son harf ne olursa olsun amino aside özelleşmesi değişmez. Bu, bize eskiden iki harfli kodonların kullanıldığını göstermektedir. Bazı kodonlar da şifre vermek için değil, sadece protein sentezinde başlama ve bitirme işaretini vermek için kullanılır (Şekil 11.7). Kalıtsal kodların evrensel olduğu görülmüştür. Virüslerden insana kadar yapılan araştırmalarda aynı bazları aynı düzen içerisinde içeren (DNA ve RNA olarak), yani aynı kodona sahip olan tüm canlılarda aynı amino aside özelleşme görülür.

Kod büyüklüğü ve kalıtsal materyalin uzunluğundan bir canlının taşıdığı bilgi miktarı tahmin edilebilir. Örneğin insanın tüm genom uzunluğu yaklaşık 92 cm. olduğunu daha önce öğrenmiştik. Bu, yaklaşık 3×10^9 nukleotit çiftine ve dolayısıyla 10^9 kodona denktir. Orta büyüklükteki bir protein 150 amino asitten oluştuğuna göre, normal bir insan hücresi yaklaşık 6×10^6 farklı proteini kodlayabilecek kapasiteye sahiptir.

11.4.2. KODLARIN SAPTANMASI

1961 yılının başlangıcında, CRICK, mRNA zinciri içerisinde birbirini izleyen üç nükleotidin polipeptit zinciri içerisinde bir tek amino asidi belirlediğini varsaymıştır. Daha sonra NIRENBERG ve MATTHAEI'nin yaptıkları denemelerde bu varsayım doğrulandı. Yapısı bilinen yapma mRNA'nın idaresinde, saflaştırılmış enzimlerle proteinlerin içerisine işaretlenmiş amino asitler sokulmuştur. NIRENBERG polinükleotit fosforilaz enzimi kullanarak yaptığı sentetik poliuridilik asidi (UUUUU...) mesenger RNA olarak kullandı ve fenilalanini proteinin içerisine bu kanalla soktu. Poli-U eklenmesiyle ribozomal protein sistemini yalnız içerisinde fenilalenin bulunan polipeptit üretimine yöneltti. Buradan UUU'nın fenilaleninin kodu olduğu ortaya çıktı (Şekil 11.7b).

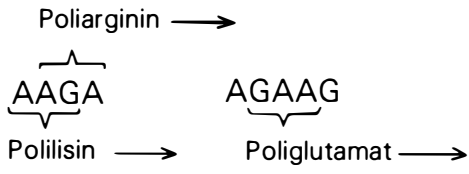
NIRENBERG tarafından yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda poliadenilik asidin, lisin; polisitidilik asidin, prolin için kod olduğu bulundu. Daha sonra karışık nukleotitlerle (örneğin, poli-AC gibi) yapılan messengerlerle amino asitlere özelleşmiş diğer birçok nukleotit kombinasyonunun öğrenilmesi sağlanmıştır.

11.4.3. KODLARIN DİZİLİMİ

Yapılan bu denemelerde nukleotitlerin düzeni anlaşılmaz. Bunun için diğer tip denemeler yapılmıştır. Ortamda mRNA olduğu zaman tRNA ribozoma bağlanabilir ve ancak o zaman protein sentezi gerçekleşebilir. Büyük bir şans eseri olarak mRNA uzun bir molekül değildir (o zaman sentezlenmesi zor olacaktı); trinukleotit kadar kısa olan sentetik mRNA, tRNA'yı ribozoma bağlamak için yeterlidir. Sırası bilinen trinukleotitleri sentezlemek mümkün olduğundan 64 çeşit tripleti de kod olarak saptamak mümkündür. GUU (fakat UGU ya da UUG değil) valin-tRNA'yı ribozoma bağlar; UUG lösin-tRNA bağını meydana getirir. GUU ve UUG kodlarında amino asitlerin yerleri farklıdır ve **mRNA zinciri içerisinde kodların okunması yalnız bir yöndedir.**

11.4.4. KODLARIN BAŞLANGIÇ NOKTASI

KHORANA ve meslektaşları poli-UC messengerini sentezlemişlerdir (burada UCUCUC... alternatif olarak uzamaktadır). Eğer bu madde protein sentezleme düzeneğinde kullanılsa idi, serin (UCU) ve lösinin (CUC) meydana geldiği görülecekti. Yapılan matematiksel analizlerde kod biriminin tek sayılı bazlardan meydana gelmiş olduğu anlaşılmıştır. KHORANA daha sonra AAGAAGAAGAAG nukleotit serisini sentezlemiştir (Şekil 11.8). Bu nukleotit polimeri, protein sentezleme sisteminde kullanılsa, sonuçta ya polilisin (AAG) ya da poliglutamat (GAA) ya da poliarginin (AGA) meydana getirecekti. Sentezlenen peptit tipi, polinukleotit içerisinde bulunan nukleotit dizilerinin başlangıç noktasına bağlı olarak meydana gelir.



Şekil 11.8: Bir mRNA'da okunmanın başlangıç noktasına göre meydana getirdiği protein zincirinin değişmesi.

11.4.5. İKİLİ KODLARDAKİ ETKİNLİK

Daha önce de anlattığımız gibi tripletin ilk iki nukleotidi üçüncüsüne oranla çok daha büyük bir özelleşmeye ve afiniteye sahiptir. AUU ve AUC izolösini kodlar ve izolösin-tRNA'yı ribozoma bağlar. CCX prolin, CGX arginin için koddur; fakat her ikisinde de son X nukleotidinin yerinde diğer 4 nukleotidin herhangi birisi bulunsa dahi sonuç değişmez.

11.4.6. KODLARIN NOKTA VE VİRGÜL YERLERİ

Kodların herhangi bir virgüle ya da noktaya sahip olmadığına inanılmaktadır. Sabit bir noktadan okunmaya başlanılır ve üçlü nukleotitler halinde okunarak zincirin sonuna, daha doğrusu özel bir kodun 'S o n V e r' mesajını vereceği yere kadar okumaya devam edilir. Özellikle bakterilerde başlama noktasını saptayan 'B u r a d a n B a ş l a' sinyalini veren kodun özel bir baz dizilişine sahip olduğu görülür.

11.4.7 ÖZDEŞ ZİNCİRLER

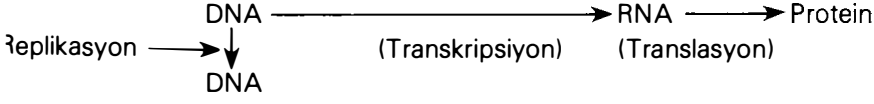
Proteinlerin özellikleri, onları oluşturan peptit zinciri içerisindeki amino asitlerin dizilişine bağlıdır. Genetik kodun esası DNA molekülünün bir ya da iki polinukleotit zincirine göre peptit zinciri içerisinde amino asitlerin yerini dikte ettirmektir. Dolayısıyla DNA molekülü ve sonuçta meydana gelen peptit zincirine 'C o l i n e a r = Özdeş Zincirler' denir.

Bu özdeş zincirlerin durumu WATSON-CRICK modelinde anlaşılır. Daha açık kanıtlar CHARLES YANOFSKY'nin bakterilerde gösterdiği triptofan enziminin senteziyle ortaya çıkmıştır. YANOFSKY, mutantların genetik analiziyle saptanmış cistron içerisindeki mutasyonların göresel yerinin, kimyasal analizlerle saptanmış enzim molekülü içerisindeki amino asitlerin değişikliğiyle ilişkisini ve uygunluğunu göstermiştir.

11.4.8. DNA'NIN İŞLERLİK DERECESİ

DNA'nın polipeptit üretiminde amino asitlerle doğrudan doğruya temasa gelmediği açıktır. Bunu yapabilmesi için ara modeller meydana getirir; bunlar RNA'dır ve doğrudan protein sentezine katılırlar. DNA, ana modeldir, çekirdeğin içerisinde özenle saklanır ve ikincil modellere kalıplık eder. İkincil modeller ribozomun içerisine girer ve oraya uyar; dolayısıyla aktif olarak protein sentezine katılır.

DNA, RNA ve protein arasındaki ilgili kodlama şu çeşitleri içerir: 1 - REPLİKASYON = DNA'nın yeni DNA meydana getirmesi, 2 - TRANSKRİPSİYON = DNA'nın messenger RNA meydana getirmesi, 3 - TRANSLASYON = mRNA'nın protein zinciri içerisindeki amino asitlerin sırasını saptaması. Bütün bu olaylar aşağıdaki sıraya göre meydana gelir. Fakat geriye bir sentezleme, yani proteinden DNA sentezlenmesi olanaksızdır. Buna sentral dogma denir.

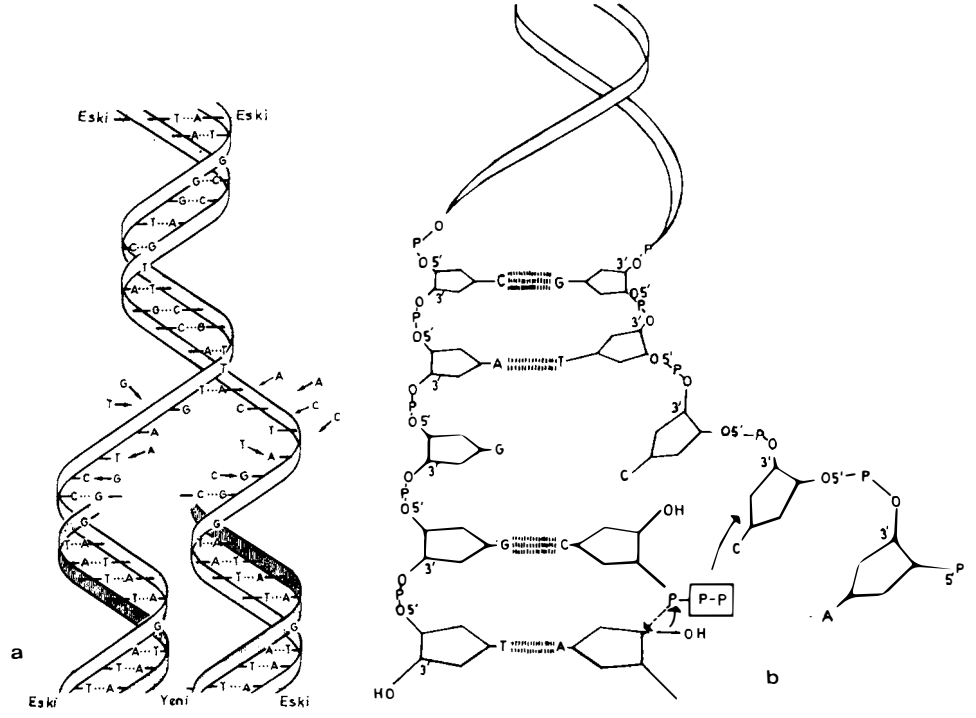


11.5. DNA'NIN SENTEZİ: REPLİKASYON

Dikkatli ölçmeler sonucu elde edilen değerlerden aynı tip hücrelerde DNA'nın hem kimyasal özelliğinin hem de toplam miktarının, dölden döle sabit kaldığını biliyoruz. Demek ki DNA'nın hem niceliği ve hem de niteliği,aynı ana hücreden meydana

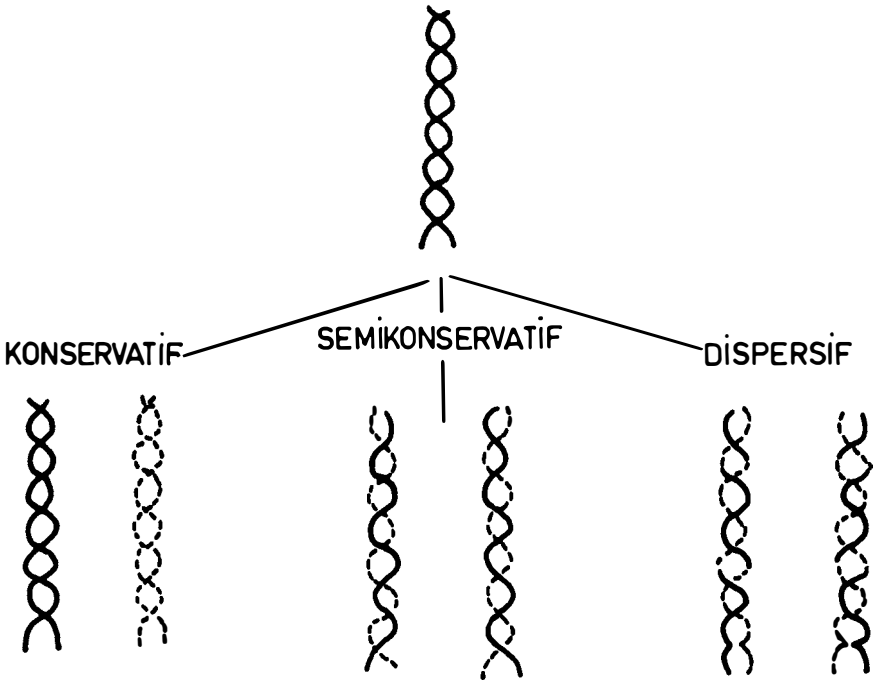
gelen benzer hücrelerde aynı kalmak zorundadır. Bu nedenle hücre mitoz bölünmeye hazırlanırken DNA bütün uzunluğu boyunca, bütün kromozomlarda bir ucundan diğer ucuna doğru kendini ikiler. Bir DNA molekülü replikasyon (ikileşme) yapacağı zaman DNA molekülünün ikili sarmal dizilerini birbirine bağlayan zayıf hidrojen bağları bir fermuar gibi açılır. Eğer molekülün bir ucundan başlarsak teker teker her pürini, pirimidin eşinden fermuarı açar gibi ayırabiliriz. Bu açılma her iki dizide eşlerinden ayrılan pürin ve pirimidinin uçlarını açıkta bırakır.

Hücrenin hammadde deposunda çeşitli nükleotitler vardır. Bu nükleotitler yüksek enerjili fosfat bağları taşırlar (ATP molekülünde olduğu gibi). DNA'nın iki dizisi birbirinden ayrıldığı zaman, depodan gönderilen nükleotitlerin uygun olanları denenerek yerlerini alırlar. Diğerleri uymadıkları için geri çevrilirler. Bir adenin grubu yalnız bir timin grubu ile birleşir. Diğer dizideki eski timin ise ikili sırayı tamamlamak için yeni bir adenin nükleotitle birleşir (Şekil 11.9). İkili sarmal, bir uçtan diğer uca doğru boylu boyunca bir fermuar gibi azar azar açıldıkça uygun tipteki nükleotitler Şekil 11.9'daki gibi zincirdeki yerlerini alırlar. İkili sarmal dizinin sonuna ulaşıldığında,



Şekil 11.9: DNA replikasyonu. a) DNA replikasyonunda zincirin eski kolu açık, yeni kolu koyu renkli; şeker-fosforasidi zinciri bant şeklinde gösterilmiş. A. Adenin, T. Timin, C. Sitozin, G. Guanin; serbest nukleotitler oklarla gösterilmiştir. b) Replikasyonun moleküler açıklanması: DNA'nın iki kolu birbirinden ayrılıyor. Sol taraftaki (5' fosfattan 3'—OH'ya doğru uzanan) kol, alt taraftan yukarıya doğru kopya edilmeye başlanıyor. Yeni zincirde, eskisinde olduğu gibi, adenin timinle; sitozin guanin ile baz çiftleri oluşturur. Yanyana duran nukleotitler arasında, deoksiribozun 3'—OH grubunun çekmesi ile, nukleotit (nukleozit)'lerin dıştaki 2 fosfat grubu serbest hale geçer (Kühn'den).

DNA'nın ilk iki dizisi ayrılmış olur. Ayrılan dizilerin her biri kaybettiği nükleotit eşlerinin yerine tamamen aynı çeşitten eşler alıp, yeni birer ikili dizi oluştururlar (Şekil 11.9). Böylece meydana gelen ikinci dizi birincinin komplementeri (tamamlayıcısı) olur. Bunun sonucu olarak DNA şeridi hiçbir bilgi kaybetmeden ikileşir. Bu şekilde DNA'nın kendini yenilemesi semikonservatif mekanizma ile olur. Bu tip çoğalmaya (ikileşmeye) semikonservatif çoğalma denir. DNA replikasyon mekanizması konusunda daha başka görüşler de ileri sürülmüştür. Bu görüşlerden konservatif mekanizmaya göre eski heliksin aynı kalması şartıyla yepyeni bir çift sarmal yapılmakta, dispersif mekanizmada ise, yeni sarmalda hem eski zincirden parçalar, hem de bunları bütüne tamamlayan yeni sentez edilmiş kısımlar bulunmaktadır (Şekil 11.10).



Şekil 11.10: Çeşitli replikasyon (ikileşme) mekanizmalarını gösteren şematik DNA sarmalları. Konservatif (DNA'nın her iki kolu da yeniden oluşmuştur); semikonservatif (DNA'nın bir kolu eski, bir kolu yeni oluşmuştur), dispersif (DNA'nın her iki kolunda da bazı bölgeleri eski bazı bölgeleri yenidir). Sarmalların eski parçaları düz, yeni parçaları noktalı olarak gösterilmiştir.

Şimdiye kadar yapılan araştırmalar, semikonservatif çoğalma mekanizmasını kesin denecek şekilde doğrular niteliktedir (daha geniş bilgi için 11.5.8'e bkz.).

Replikasyon (ikileşme) konusundaki çalışmalarda hâlâ tam açıklanamayan bir nokta, sarmalın iki zincirinin çözülme şeklidir. Sarmalın iki dizisi birbirinden iki ipliğin ayrılması biçiminde ayrılsalar, burada bir dönme olayı ortaya çıkar. Oysa çok uzun olan makromolekülün mitozun oldukça kısa süresi içinde tamamen birbirinden ayrılması için büyük devirle dönmesi gerekecektir. Yoğunluğu az olmayan bir ortamda (plazma) bu hızla bir dönme, proteinleri denatüre etmeye yetecek kadar sürtünme

ısısının ortaya çıkmasına neden olacağından bu açılmanın (dönmenin) nasıl yapılabileceği henüz bilinmemektedir. Bununla beraber bazı proteinlerin replikasyonu başlattığı, bazılarının DNA iplikçiklerinin çözülmesini ve dönmesini teşvik ettiği ve hücrede DNA sentezinin tamamlanmasını takiben iki yavru DNA molekülünün ayrılmasını kolaylaştırdığı bilinmektedir.

11.5.1. DNA SENTEZİNDEKİ KATALİZÖRLER

İlk defa KORNBERG ve arkadaşları tarafından 1957 yılında DNA'nın, *Escherichia coli*'den izole edilen 'DNA p o l i m e r a z' denen bir enzim sistemi tarafından katalizlendiği bulunmuştur. Bu enzim, yapı taşları olan deoksinukleotitleri 3'-5' yönünde okuyarak 3'-5' fosfodiester bağlarıyla birbirine bağlar. Dolayısıyla yeni oluşan polideoksinukleotit dizisi 5'-3' yönünde gelişir. DNA polimeraz kendi başına yalnız nukleotitlerin düzenli şeker ve fosfat gruplarını tanıyabilir. Bazların ne sırada dizilmeleri gerektiğini bilemez. DNA polimeraz, substrat olarak her dört çeşit deoksinukleozidin trifosfatına (dATP, dGTP, dCTP ve dTTP), magnezyum iyonlarına ve tepkimeler için kalıp ve alfabe görevi yapacak molekül ağırlığı büyük DNA polimerinin bir kısmına gereksinimi vardır. Tepkimenin sonunda DNA polimeri ve tepkimeye katılan her deoksiribonukleotit için bir molekül pirofosfat meydana gelir. Mitokondriyal DNA'nın replikasyonunun çekirdekteki DNA replikasyonundan farklar gösterdiği varsayılmaktadır.

dATP
dGTP
n ⟶ DNA + n PP
dCTP
dTTP

DNA
Mg^{++}
DNA polimeraz

Bakteriyofaj (T_2) DNA'sının replikasyonu yaklaşık her üç dakikada bir olmaktadır. Bu durumda faj DNA'sındaki 8×10^4 kıvrım 3 dakika içerisinde çözülmektedir. Bu ise mekaniksel ve enerji yönünden çok zor görülmektedir. Bu nedenle çeşitli modeller ya da modellere ilave yeni görüşler ileri sürülmektedir. Oldukça büyük bir molekülün bu şekilde düzenli olarak açılması hâlâ gizini korumaktadır. Büyük bir olasılıkla DNA zincirleri bir fermuarın açılması gibi bir uçtan, ya da replikatör denen birkaç yerden birbirinden ayrılmakta ve ayrılan kollar kendini replike ederek statik durumunu sürdürebilmektedir (Şekil 11.9). İyon derişiminin değişimi ile DNA zincirinin belirli bölgelerinde açılım sağlanabilmektedir. Replikatör DNA üzerinde metilleştirilmiş dizilim ile işaretlenebilmektedir. Bu replikatörden itibaren DNA zincirinin kolları açılmaktadır. Bu nokta replikasyon merkezi olarak bilinmektedir. Bakterilerde replikasyon merkezi mesosom denen belirli bir zar bölgesi ile, memeli hayvanlarda ise çekirdeğin bir zar bölgesiyle kontak halindedir.

Yavaş çoğalan bakterilerde kural olarak DNA üzerinde ancak bir replikasyon merkezi, hızlı çoğalanlarda ise hıza bağlı olarak daha fazla replikasyon merkezi bulunur. Bu ise DNA replikasyon hızının değişmediğini, ancak çoğalan zincir sayısının

değiştiğini gösterir. Eskiden DNA çoğalması ile bölünmenin aynı fazlarda yürütüldüğüne inanılmakta idiyse de, gerçekte DNA sentezinin zaman olarak hücre bölünme süresini aştığı gözlenmiştir ve birçok replikasyon merkezi gösterilmiştir. Hızlı çoğalan bakterilerde belirli bir zamandan sonra birçok çoğalan genom ve buna uygun olarak nukleoid gözlenir. Replikasyon merkezi sayısı evrelere bağlı olarak hücre başına 2, 3 ve 6'ya ulaşır.

11.5.2. VİRÜS DNA'SININ SENTEZLENMESİ

Escherichia coli'den elde edilen DNA polimeraz birçok canlıdan elde edilen (bakteri, virüs, memeli ve bitkilerden) DNA modelleri ile kullanılabilir; sonuçta hangi DNA modeli kullanılmışsa o tipe uygun nukleotit sıralanması meydana gelir. Burada meydana gelen son ürün içerisindeki nukleotitlerin sırasını ne polimeraz enziminin özellikleri ne de ortamda bulunan substrat moleküllerinin oranı saptamıştır; dikte ettiren faktör, kullanılan DNA modelinin alfabetik sırasıdır. 1968 yılında KORNBERG alfabe olarak virüs DNA'sı kullanarak, biyolojik olarak aktif virüs DNA'sını sentezledi (bu araştırmada oldukça saflaştırılmış enzimler kullanılmıştır). Üretilmiş DNA, bakterilerde canlı virüs enfeksiyonlarının aynını meydana getirmiştir.

11.5.3. DENEY TÜPÜNDE DNA'NIN KENDİNİ EŞLEMESİ

WATSON ve CRICK'in ileri sürmüş oldukları yapının önemi, canlı hücre içinde DNA'nın kendisini nasıl tam ve doğru bir şekilde eşlediğini açıkça ortaya koyuşundadır. DNA heliksinin çift moleküllerini birleştiren hidrojen bağlarının kopmasıyla birbirinden ayrılmış olduğunu ve hücrede bu olayın meydana geldiği bölgede dört nukleotitten her birinin veya bunlarla sıkı ilgisi olan moleküllerin çözeltide bulunduğunu düşünelim. Bu serbest nukleotitler ayrılmış iki DNA molekülünün nukleotitlerine hidrojen bağları ile bağlanmaya çalışırlar. Adenin kapsayan serbest nukleotit DNA'daki timin kapsayan nukleotite bağlanacak ve böylece devam edecektir. Serbest nukleotitlerin birbirine bağlanmasını katalizleyen bir enzim olsaydı, hidrojen tek bir DNA molekülüne bağlandığı zaman birincinin yanında tam dizilişli yeni bir DNA molekülü meydana gelirdi. DNA'nın eşlenmesi, her molekülün bir kopyanın oluşmasını yönetmesiyle meydana gelir. Kopyalanan molekül o molekülün kendisi değil; fakat ondan ayrılmış olan ortak moleküldür. Her DNA molekülü ortağına bir simbiyoz ilişkisi ile bağlıdır. Çünkü ortak moleküllerin dizilişini, daha sonraki hücre döllerine taşıyacaktır.

DNA gerçekten WATSON ve CRICK tarafından öne sürülen mekanizmaya göre eşlerini yapabilirmi? Son zamanlarda A. KORNBERG ve arkadaşlarının sağladığı çok kuvvetli kanıtlar DNA'nın gerçekten kendini eşlediğini göstermektedir. Bu araştırma grubunun deneyleri Washington ve Stanford Üniversitelerinde yapılmıştır. KORNBERG'e elde ettiği bu başarıdan ötürü 1959 nobel ödülü verilmiştir. Bu deneyler DNA'nın deney tüpünde kendini eşlemesini katalizleyen bir enzimin canlı hücreden elde edilmesini sağlamak üzere hazırlanmıştır. KORNBERG, bu amaçla, bu enzimi en

fazla taşıdığını varsaydığı *E. coli* bakterisini seçmiştir. *E. coli* bakterisi her 20 dakikada bir bölünür ve böylece hızla DNA meydana getirir. KORNBERG bu bakterileri bir tampon çözeltisinde parçalamış ve bu şekilde DNA'nın sentezlenmesinde rol oynayan enzim veya enzimlerin meydana çıkacağını ümit etmiştir. Bundan sonra DNA'nın yapılmasında hücre tarafından kullanılması çok muhtemel olan bileşikleri buna katmıştır. Bu bileşikler nukleotitlerin kendileri değil; fakat nukleotidin fosfatına bağlanmış iki ek fosfat gruplu bileşiklerdir (nukleotit trifosfat). KORNBERG canlı hücredeki benzer tepkimelerle karşılaştırma yaparak bu ek fosfat gruplarının nukleotitleri aktifleştirmesini beklemiştir. Böylece nükleotitler, tepkime sırasında enzimin etkisi altında ek fosfatlarını atarak birleşirler ve çok miktarda DNA meydana getirirler.

Bu bileşikler parçalanmış bakteriler tarafından DNA'ya dönüştürülseler bile, KORNBERG, DNA miktarında ölçülebilen bir artış olamayacağı gerçeğini anlamıştı. Çünkü bu bakterilerin DNA'sı diğer enzimler tarafından hızla parçalanır. Bu nedenle KORNBERG bu bileşikleri radyoaktif karbonla işaretlemiş ve etüvde bıraktıktan sonra, parçalanan bakterilerin DNA'sını ayırmış ve herhangi bir radyoaktivite kazanıp kazanmadığını anlamak istemiştir. Böylece parçalanan DNA'ya karşılık herhangi bir sentez artışının olup olmadığını öğrenmeye çalışmıştır. Bakterilerin proteinlerini bir çok kısımlara ayırarak yüksek radyoaktiviteli DNA'nın oluşmasını katalizleyen bir kısım elde etmiştir. Bu kısımda DNA'nın parçalanmasına sebep olan enzimlerden çok farklı sentezleyici bir enzim de bulunur. Sonra KORNBERG saflaştırılmış olan bu enzimin özelliklerini incelemiş ve bu enzime DNA polimeraz adını vermiştir. KORNBERG bu enzimin diğer enzimlerden farklı bir özelliğe sahip olduğunu bulmuştur. Bu enzim dört nukleotidin difosfatları ile birlikte etüve konduğu zaman, eğer primer (öncü) olarak küçük bir miktar DNA'da buna katılırsa, DNA'nın hızla sentezlenmesini katalizler. Primer DNA'nın *E. coli*'den alınmış olması şart değildir. KORNBERG meydana gelen DNA'nın, primer DNA'nın 20 katından fazla olabileceği ve bu DNA'nın aynı boy ve aynı dizilişte olan çift moleküllerden oluştuğu konusunda kuvvetli kanıtlar elde etmiştir. Yani, bu enzim, primer DNA'nın kendini eşlemesini katalizleyen bir özelliğe sahiptir.

Primer DNA ile, meydana gelen DNA'nın yapılarının daima aynı olduğu konusunda KORNBERG'in ileri sürdüğü kanıtlar vardır. Bunlardan bir tanesi her iki DNA'da da dört nukleotidin bağıl sayılarının eşit oluşudur. Örneğin, primer olarak kullanılan bir bakteri DNA'sı adenin, timin, guanin ve sitozin nukleotitlerini sırasıyla 0,65 - 0,66 - 1,35 - 1,34 oranında kapsadığı zaman, meydana gelen DNA'da bu nukleotitler sırasıyla 0,66 - 0,65 - 1,34 - 1,35 oranında bulunur. Primer DNA sığırlardan alındığı zaman nukleotitlerin oranları 1,14 - 1,05 - 0,90 - 0,85 olan DNA'ya karşılık, meydana gelen DNA'da bu oranlar 1,12 - 1,08 - 0,85 - 0,85 olmuştur. Primer ve sonradan eşlenen DNA'ların oranları arasındaki fark deney hatası olabilir, yani adenin ile timin ve sitozin ile guanin nukleotitleri arasındaki 1:1 oranında sapmalar olabilir.

KORNBERG, enzimin etkilediği nukleotit fosfatlar arasındaki moleküler oranlar oldukça değişse bile, primer ve sonradan eşlenen DNA'lar arasındaki oranların yine değişmediğini göstermiştir. Fosfatlardan bir tanesi ortama konmazsa DNA sentez-

lenmesi olmaz. Aynı zamanda enzimle meydana gelen DNA'nın primer DNA ile aynı molekül ağırlığında ve aynı kıvamda olduğu ve her iki DNA deoksiribonükleaz ile birlikte etüve konduğu zaman, kıvam düşmesinde aynı gecikmeyi gösterdiği açıklanmıştır. Meydana gelen DNA'daki çift moleküllerin karşıt yönde dizildiğini ve primer DNA ile meydana gelen DNA moleküllerinin dizilişinin aynı olduğunu gösteren diğer kanıtlar da elde edilmiştir.

Bir nukleotit fosfat ile kısmen tamamlanmış bir DNA molekülü arasındaki tepkime Şekil 11.9'da gösterilmiştir. Bu tepkime sonunda DNA molekülünün boyu bir nukleotit kadar uzar. Bu şekilde bir seri tepkimeyle tam bir molekül meydana getirilir.

11.5.4. DNA POLİMERAZIN KALIBI

KHORANA ve arkadaşları adenilik ve sitidilik asit, diğer taraftan bir ara bir sıra dizilmiş timidilik ve guanilik asit içeren iki deoksiribonukleotit polimerlerini sentetik olarak yaptılar. Fakat bunlardan hiçbiri yalnız başına (yani adenilik-sitidilik ve timidilik-guanilik zinciri) DNA için model olarak iş göremedi. Her iki polimer birbirine karıştırıldığında sentetik olarak çift zincirli heliks (alışılagelmiş bazların birbirine bağlanmasıyla) meydana gelir ve bu yapı DNA polimeraza kalıplık yapar.

DNA-polimeraz enzimine, bulucusunun ismine izafeten KORNBERG-Enzimi de denir. Bu enzim birçok birbirine benzer alt birimden meydana gelmiştir. Moleküler ağırlığı 100.000 dalton kadardır. Kalıp olarak DNA kullanılan tepkimelerde, doğru bazların seçilmesinde ve substratın polimerizasyonunda önemli rol oynar. Bu nedenle DNA replikasyonunda biyolojik olarak çok büyük bir işleve sahiptir. Hatalı dizilimi meydana getirme olasılığı çok zayıftır. Bu enzim,baz seçiminin dışında, tek zincirli DNA ipliği üzerinde polariteyi, yani fosfo-diester-bağının yönünü tanıyacak ve yavru iplik üzerinde aynısını ters yönde paralel olarak dizilimini sağlayacak durumdadır. Her iki özellik enzimin allosterik yapısıyla sağlanır.

DNA polimeraz hayvansal ve bitkisel hücrelerde benzer değildir. Hatta bağırsak bakterilerinden olan *Escherichia coli*'de bile iki (ya da üç) farklı DNA-polimeraz vardır. Bakteriyel DNA-polimeraz in vitro (hücresiz ortamda) olarak hem tek zincirli, hem iki zincirli DNA'yı kalıp olarak kabul eder. Buna karşılık memeli hayvanlardan elde edilen DNA-polimeraz tercihan in vitro olarak denatüre edilmiş (tek zincirli) DNA ile biyolojik aktivite gösterir. Eğer enzim kalıp olarak kullanılacak DNA ile birlikte yalnız üç (gerekli olan dört bazdır) deoksinukleozittrifosfat ile inkübe edilirse, örneğin, dATP, dCTP, ve dGTP ile, DNA sentezinin olmadığı gözlenecektir. Bu sentez ancak eksik olan dördüncü nukleotidin eklenmesiyle başlar.

WATSON ve CRICK varsayımında, birbirinden ayrılmış olan primer DNA'nın çiftinden birinin üzerinde bu yeni molekül meydana gelir. Her basamakta eklenen nukleotit ancak primer DNA'nın özel bir nukleotidine hidrojen bağı ile bağlanabilen nukleotittir. Primer DNA kısmen tamamlanmış olan molekülün bir ucunda bulunur. Öne sürülen bu mekanizmanın temel olarak doğru olduğu kesinlikle kabul edilmektedir. KORNBERG'in bütün buluşları buna tam olarak uymaktadır. Bununla beraber,

DNA'nın kendini eşlemesinin tam ve doğru ayrıntıları henüz bilinmemektedir. Özellikle, canlı hücrede primer DNA'nın kendini eşlemeye başlamadan önce ne dereceye kadar birbirinden ayrıldığı ve bu ayrılmanın nasıl yapıldığı açık değildir.

11.5.5. DNA'NIN KALIP ÖZELLİĞİ

DNA kalıbı, DNA polimeraz sistemi içerisinde iki işleve sahiptir. Birincisi polimerin alfabesi ya da büyüme sonu olarak görev yapan 3'-OH gruplarını, ikincisi bilgi kodlarını sağlar. Çift zincirli bir molekülün, her bir kolu karşısındaki büyüyen kol için kalıp ve aynı zamanda kendi büyümesi için de alfabetik ödev görür. DNA polimeraz enzimi ile çift zincirli bir kalıbın bulunduğu yerde DNA'ya benzer çift zincirli bir yapı meydana getirilmiştir. Bu yapıdaki baz oranları aynen DNA'daki gibidir.

Bir kalıbın olmadığı ortamda, belirli bir gecikmeden sonra (lag time) doğrudan doğruya DNA'ya benzer çift zincir sentezlenir. Bu zincirin bileşimi sunulan deoksinukleozittrifosfatlara bağlıdır. Eğer sadece dATP ve dTTP bulunan bir ortamda DNA polimeraz inkübasyona alınacak olursa,

$$dATP + dTTP \xrightarrow[\text{DNA-polimeraz}]{\text{DNA'sız}} \text{Poli dAT},$$

yani adenin ve timini bir ara bir sıra (alternatif) içeren çift zincirli polinukleotit AT oluşur. Bunların dizilişi aşağıdaki gibidir,

------- A T A T A T A T -------

------- T A T A T A T A -------

Eğer dGTP ve dCTP substrat olarak kullanılırsa, o zaman çift zincirin kollarının her biri yalnız G ya da yalnız C'den (monoton) oluşmuş (homopolimer) bir zincir şeklinde ortaya çakır. Yani,

$$dGTP + dCTP \xrightarrow[\text{DNA-Polimeraz}]{\text{DNA'sız}} \text{Poli dG:dC}$$

------- G G G G G -------

------- C C C C C ------- şeklinde.

Normal koşullar altında enzimlerin yardımıyla DNA sentezinin hızı doğal bir sabite olarak görülür. Mikrobiyal ve memeli DNA'sının sentez hızı 33 μ/dakika , yani yaklaşık 1500 nukleotit/saniye/tek zincirdir.

DNA polimeraz tarafından katalize edilen tepkimelerde DNA iki işlevi yüklenmiştir. Bunlardan bir tanesi yavru zincir için kalıp ödevi görme, yani monomerlerin (büyük moleküllerin alt birimleri) özgül olarak seçilip uygun yerlere yerleştirilmesini sağlamaktır. Bu kalıp işlevinin yanısıra DNA primer işlev denen özelliğe de sahiptir. Ancak DNA kollarının serbest 3'-OH ucu üzerine, DNA-polimeraz tarafından deok-

sinukleozittrifosfat bağlanır. Primer işlevi ile, DNA replikasyonu için pratik olarak bir kondensasyon çekirdeği gibi hizmet görür.

11.5.6. DNA SENTEZİNİN ZAMANLANMASI

Yüksek organizmaların hücrelerinde DNA sentezi yalnız interfazda, yani kromozomların uzayıp gözden kaybolduğu devrede meydana gelir. Burada, KORNBERG enzimine benzer bir enzim DNA sentezini katalizliyorsa, DNA sentezini belirli bir zamanda başlatan ve belirli bir zamanda durduran bazı biyolojik sinyallerin olması gerekir. Öyle anlaşılıyor ki, DNA polimeraz ve substratlar (dATP, dGTP, dCTP ve dTTP) her zaman vardır. Bu nedenle DNA kalıbı içerisinde DNA sentezini başlatan ve durduran bir sistemin ya da bazı değişikliklerin olması gerekir.

DNA hücre bölmesine uygun olarak replike edildiği için, bir düzenleme (regülasyon) mekanizmasının olması gerekir. Bu konudaki bilgimiz ise çok azdır. Replikasyonun başlaması ancak proteinlerin hücrede tam sentezlenmesi halinde mümkün olmakla beraber, devam eden bir DNA sentezi amino asit azlığında dahi bitirilir. Buna göre replikasyonun başlaması için bir proteinin olması gereklidir. Fakat başlayan bir replikasyondan sonra yeni bir sentez çemberinin bulunmasına gerek yoktur.

Bu proteinde DNA-polimeraz bizzat sözkonusu değildir; çünkü bu enzim bir replikasyon çemberinden sonra dahi biyolojik olarak aktiftir, yani, deoksiribonukleik asit sentezinin sona ermesi ya da başlaması için bir düzenleyici değildir. Bu,bilinmeyen başlama ya da düzenleyici protein replikasyon merkezindeki bir membran bölgesinin varsayılan değişimi için sorumludur. DNA sentezinin başlaması bakterilerde DNA miktarı/hücre hacmi katsayısının kritik bir noktaya ulaşması ve mevcut membran yüzeyi ile oranlanmasıdır (yani r^3/r^2 = hacim/yüzey oranının yükselmesidir).

DNA'yı yıkan, yani DNaz'lar, belirli; fakat açıkça bilinemeyen bir rol oynamaktadırlar. Hücre çekirdeğinde böylece DNA sentezinin en yoğun olduğu zamanda DNaz'ların miktarı da en yüksek düzeyde bulunur. Muhtemelen DNaz replike olan DNA'nın belirli bölgelerinde, kısmi sarmal çözülmeyi gerçekleştirmek ya da primer işlevi için gerekli serbest 3'-OH ucunu oluşturmak için yığılır. Deoksinukleotitkinazlar gibi DNA öncülerinin biyosentezi için gereksinim duyulan enzimlerin miktarları da, DNaz ve DNA-polimerazın aktivitesi ile ilişkilidir.

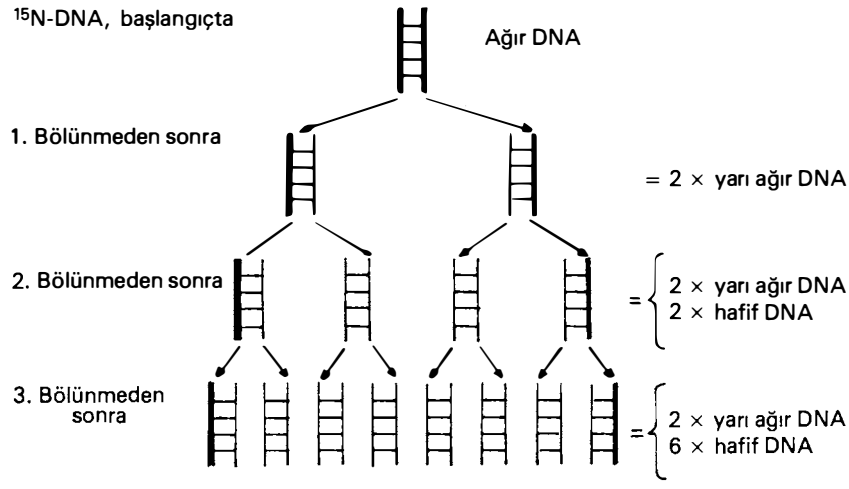
11.5.7. YARI ESKİ - YARI YENİ DÜZENEĞİ

Replikasyon sırasında iki yeni zincir meydana gelir; her biri çift zincir halindeki DNA kollarından birini kendine kalıp olarak almış ve onu tamamlamıştır. Bunun için çift zincir (Şekil 11.6 ve 11.9)'deki gibi çözülür. Her eski kol, karşısında kendini tamamlayan yeni bir zincir oluşturur ve böylece 4 zincir, yani 2 DNA meydana gelmiş olur. Buna 'S e m i - K o n s e r v a t i f'lik veya yarı eski yarı yeni düzeneği denir. DNA'nın iki orijinal kolu yeni ürüne geçmiştir; fakat kolunun biri bir yavru DNA da diğeri öbürsündedir.

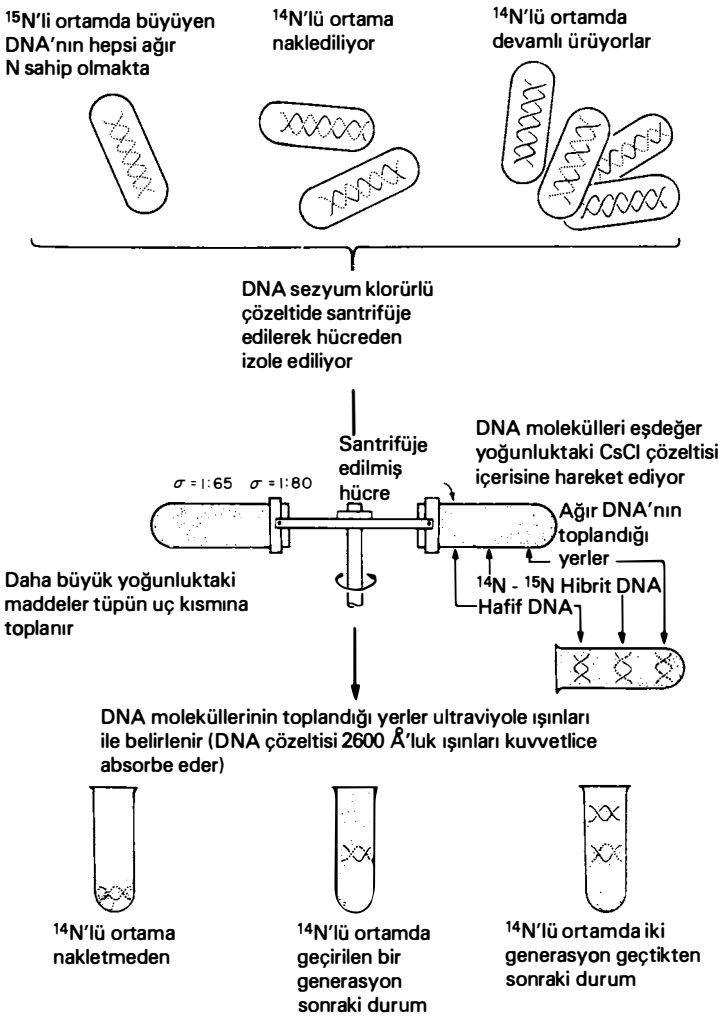
11.5.8. BAKTERİLERDE SEMİ-KONSERVATİFLİĞİN SAPTANMASI

Bakteriler, içerisinde ^{15}N (ağır azot) bulunan bir ortamda birkaç döl büyütülmüştür. Dolayısıyla bakterilerin DNA'sında bulunan azotun büyük bir kısmı ya da hepsi ^{15}N'den oluşmuştur. Bunu, sezyum klorit içerisinde DNA'nın santrfüje edilmesi ve ağırlık dizilimine göre izole edilmesiyle anlarız (Şekil 11.11). Çünkü ağır azot içeren DNA molekülleri daha farklı bir düzeyde bulunacaktır. Daha sonra bu bakteriler ^{15}N'li ortamdan alınıp normal azotlu (^{14}N) ortama konmuştur. Bölünme bu ortamda devam eder. Alınan ve izole edilen DNA moleküllerinin birinci ortamdakilerden daha hafif, normal yetiştirilen bir ortamdakinden daha ağır olduğu ve bu farkın tam iki değerin ortasında olduğu görülür. Eğer WATSON-CRICK kuramı doğruysa, replikasyon semi-konservatiftir ve çift kollu DNA zincirinin kollarından biri eski ortamdan (^{15}N), diğeri yeni ortamdan (^{14}N) oluşmalıydı. Bu da denemede görüldüğü gibi moleküler ağırlık bakımından yarı değeri yani ^{15}N ile ^{14}N arasındaki değeri vermeliydi. Bu ortamda bölünme yine devam ederse, oğul DNA moleküllerinin bazı kolları, daha sonra büyük bir kısmı yalnız ^{14}N içereceğinden, santrfüjde hafif DNA'ların bulunduğu düzeye toplanacaktır (Şekil 11.12). ^{15}N içeren DNA'nın kolu karşısında ^{14}N içeren yeni kol oluşursa, santrfüjde iki değer arasında kalacaktır.

Replikasyon başlarken DNA molekülü Y şeklinde bir uçtan yarılmaya başlar. Açılan uçlardan açık kalan yerlere ortamdaki uygun komponentler bağlanır. Bu Y şekli *Escherichia coli*'nin kromozomlarında otoradyografi ile saptanmıştır (daha geniş bilgi için 11.5'e bkz.).



Şekil 11.11: Ağır DNA'nın birinci, ikinci ve üçüncü bölünme sonunda meydana gelen yavru DNA'larda semi-konservatifliğinin gösterilmesi. Birinci ağır DNA (kalın çizgili)'nin kendini eşlemesiyle devamlı hafif DNA kolları meydana gelmektedir (ince çizgili). Yan tarafta döllere göre ağır ve hafif DNA oranları verilmiştir.



Şekil 11.12: DNA replikasyonunda semi-konservatif bir mekanizma olduğunu gösteren deney. DNA'nın iki orijinal zincirinden biri bir yavruya, diğeri diğer yavruya verilmektedir.

11.5.9. YÜKSEK ORGANİZMALARIN KROMOZOMLARINDAKİ DNA'NIN KENDİNİ EŞLEMESİ

Daha önce ayrıntılı olarak gördüğümüz gibi yüksek organizmaların genleri kromozomlar boyunca arka arkaya dizilmiştir. Kromozomların yapısı ile ilgili olarak birçok sorun henüz cevaplandırılamamıştır. Gen, belli bir çift DNA molekülü müdür? Yoksa büyük bir çiftin sadece bir parçası mıdır? Bir kromozomda her genin sadece bir eşi mi vardır, yoksa daha fazla sayıda eşler bulunabilir mi? Gibi sorular bugün ilim

adamlarının cevap bulmaya çalıştıkları sorulardır. Bir kromozomda bulunan bütün DNA'nın çok büyük bir çift molekül şeklinde olduğu iki sebepten mümkün görülmemektedir. Birincisi bir çift molekül çekip uzatılırsa, bunun gerçek kromozom boyunun bir kaç yüz katı kadar olacağı hesaplanabilir. İkincisi, DNA'nın eşlenmesi WATSON-CRICK mekanizmasına göre meydana geliyorsa, bu uzunluktaki çift molekülün birbirinden kolayca ayrılmasını anlamak mümkün değildir. Kromozomun bilinen en iyi modeline göre genler DNA moleküllerinde çiftler halinde, kromozomun uzun eksenine dik olarak yan yana uzanırlar ve uçları protein molekülleri ile birbirine bağlıdır. Fakat bu sadece bir varsayımdır.

Kromozomların yapıları ile ilgili tam ve doğru bir bilgi bulunmamasına karşılık, Kolumbiya Üniversitesinden J.H. TAYLOR'un deneyleri, inceledikleri DNA'nın WATSON-CRICK mekanizmasına göre eşlendiği inancını desteklemektedir. Her kromozomdaki DNA, hücre bölünmesi arasındaki devrede görülmez halde iken miktarlarını iki katına çıkarırlar. Bölünmeden hemen önce kromozomlar ortaya çıktığı zaman, DNA'nın iki oğul kromozoma bölünmüş olduğu görülebilir. TAYLOR'un deneyleri yeni meydana gelen DNA'nın iki oğul kromozom arasında ve bir sonraki bölünme ile bunların her birinden meydana gelen kromozomlar arasında nasıl dağıldığını bulmak üzere hazırlanmıştır. TAYLOR deneylerini bazı bitkilerin kök uçlarında yapmıştır. Bu kök uçlarındaki hücreler devamlı olarak bölünürler. TAYLOR, bu kök uçlarını kısa bir süre için radyoaktif H^3 ile işaretlenmiş nukleotit timidin çözeltisine batırmıştır. Bu bitki hücreleri tarafından, dört nukleotitten birine dönüştürülür. TAYLOR, kök uçlarını birçok hücrelerdeki DNA miktarının iki katına çıkması için yeterli olacak kadar; fakat bunun tekrar iki katına çıkması için yeterli olmayacak kadar bir zaman süresince bu çözeltide bırakmıştır. DNA miktarının iki katına çıkması sırasında meydana gelen DNA radyoaktif olmuştur. Fakat kök uçları radyoaktif çözeltiden çıkarıldıktan sonra yıkanmışlar ve böylece daha sonra oluşan DNA artık radyoaktif olmamıştır.

Daha sonra kök uçları, radyoaktif çözeltide meydana gelmiş olan bazı oğul kromozom çiftlerinin görülür hale gelmesi için birkaç saat bırakılmışlardır. Her çiftin oğul kromozomlarının her ikisi mi, yoksa sadece biri mi radyoaktif DNA kapsamıştır sorusunun cevabını bulabilmek için, TAYLOR otoradyografi tekniğinden yararlanmıştır. Bunun için TAYLOR hücreleri bir lam üzerine yaymış ve karanlıkta üzerlerine bir fotoğraf filmi yerleştirmiştir. Bir süre sonra filmi banyo ettirmiştir. Sonuçta filmin üzerindeki kromozom izleri mikroskop altında görülebilmiştir. Bu kromozom radyoaktif DNA kapsıyorsa, radyasyonun filmi kararttığı yerlerde sınırı siyah noktalar halinde belli olmuştur. TAYLOR, oğul kromozomların her çiftinin iki üyesinin de radyoaktif DNA kapsadığını bulmuştur. Siyah noktaların sayısı bunların radyoaktif DNA'yı eşit miktarlarda kapsadığını göstermiştir. Fakat kromozomlar bölündükten sonra meydana gelen ikinci kromozomlar radyoaktif DNA içermezler.

Bu, WATSON ve CRICK mekanizmasının öngördüğü sonuç olup diğer herhangi bir kendini eşleme mekanizmasıyla ilgili değildir. WATSON ve CRICK'ın kuramında ana kromozomda hidrojenle bağlı her DNA molekül çifti kendini eşlediği zaman, her biri bir eski ve bir yeni molekül kapsayan iki çift meydana gelir. Bu deneyde biri radyo-

aktif olan ve diğeri radyoaktif olmayan iki molekül meydana gelmiştir. DNA molekül çiftleri oğul kromozomlar arasında eşit olarak dağıldığı zaman, oğul kromozomlar eşit miktarda radyoaktivite kazanacaklardır. Bazı şartlar yerine getirilirse, eğer bu radyoaktif oğul kromozomların radyoaktif olmayan çözelti içerisinde iki katına çıkmaları imkânı sağlanırsa, WATSON ve CRICK kuramı oldukça farklı bir radyoaktivite dağılışı öngörür. Her kromozomun sadece büyük bir çift DNA molekülü kapsadığını düşünelim. Radyoaktif oğul kromozomlarda, bu çiftin bir üyesi radyoaktif olur, diğeri ise radyoaktif olmaz. Bu DNA kendini eşlediği zaman sadece biri radyoaktif molekül kapsayan iki çift molekül meydana getirecektir. Bu nedenle bu kromozom bölündüğü zaman, oğul kromozomlardan sadece birisi bir radyoaktif molekül alacaktır. Her kromozom birçok DNA molekül çiftleri kapsıyorsa, her ne kadar eşleme WATSON ve CRICK kollarına göre yapılmış ise de, düzenli olmayan bir radyoaktivite dağılışının neden bulunmadığını anlamak mümkündür. Bununla beraber düzenli olmayan bu dağılış, bu mekanizmanın bir özelliğidir; bu özellik eğer açığa çıkarılabilirse mekanizmanın daha iyi anlaşılması sağlanır.

TAYLOR, radyoaktif oğul kromozomların dölleri arasında düzenli olmayan radyoaktivite dağılışının gerçekten görülüp görülmediğini bulmaya çalışmıştır. Radyoaktif oğul kromozomları kapsayan hücreleri, radyoaktif olmayan çözeltide tam bir kromozom eşlenmesi devresi süresince bırakmıştır. Eşlenmiş kromozomlar gözüktüğü zaman otoradyografi yapmıştır. Radyoaktif anadan meydana gelmiş olan bütün bu çiftlerin biri radyoaktif olan ve diğeri radyoaktif olmayan iki kromozom kapsadığını bulmuştur. Bu sonuç WATSON ve CRICK'in öngördüğü sonuçla tam bir uyuşma halindedir. Doku kültürlerinde, insan hücrelerinin kromozomları üzerinde benzer deneyler yapılmakta ve aynı sonuçlar elde edilmektedir.

11.6. ŞİFRELERİN (Kodların) KOPYASI (Transkripsiyon) —HABERCİ (Messenger) RNA'NIN SENTEZİ—

Genel Tanım: Haberci RNA, DNA'ya bağlı RNA polimeraz tarafından sentezlenir. RNA polimeraz ilk defa sıçanın karaciğerinde bulunmuştur ve daha sonra bitkilerde, bakterilerde ve diğer hayvanlarda saptanmıştır. DNA'yı kalıp ve RNA içerisinde bulunan dört ribonukleozidin trifosfatlarını da substrat olarak kullanır. Sonuçta RNA ve inorganik pirofosfat meydana gelir. Bu tepkime sistemi DNA'yı (tek zincirli olarak) ya da deoksipolinukleotitleri kalıp olarak kullanabilir. Sonuncusu tekrarlanan diziler halinde tek bir nukleotidin ya da polinukleotidin polimerleri olabilir.

tRNA ve rRNA, çekirdekte, DNA'ya bağlı RNA sentezleme düzeneği ile sentezlenir ve DNA'daki deoksinukleotit dizisinin komplementeri aynen kopya edilir (Şekil 11.13).

Her ne kadar DNA kalıbı çift kollu bir zincir şeklinde ise de (kollardaki bazlar karşılıklı olarak birbirlerinin komplementerleridir) RNA sentezlenmesinde bu kollardan yalnız bir tanesi kalıp olarak seçilir ve yalnız bir tek tip mRNA üretilir. Bu seçme-



Şekil 11.13: RNA basımı; açık duran bir DNA şeridi karşısında komplementer RNA harflerini taşıyan aktifleşmiş (trifosfat halinde) ribonukleotitlerin sıralanması (üstte) ve yüksek enerjili fosfat bağlarının ayrılmasından sağlanan enerji ile geri kalan kısımların birbirine bağlanması (altta). Bu sentezi RNA polimeraz enzimi yürütür (Bilge'den).

nin hangi esaslara göre yapıldığı ve iki kol arasındaki moleküler farkın ne olduğu bilinmemektedir.

DNA'nın deoksinukleotit diziliminin mRNA (ve diğer RNA tipleri)'nin ribonukleotit dizilimine bir çeşit kopya edilmesi "T r a n s k r i p s i y o n" olarak bilinir (Şekil 11.13). Bu kopyalanma ilk defa 1959 yılında WEISS tarafından tanımlanan RNA-polimeraz denen (EC: 2.7.7.6, enzim sınıflandırmasındaki kodu) bir enzim tarafından katalizlenir. Enzim, mevcut dört nukleozittrifosfatın DNA sentezine analog olarak bir polinukleotit diziliminin oluşmasını katalizler.

$$\begin{matrix}\text{ATP}\\ \text{UTP}\\ \text{GTP}\\ \text{CTP}\end{matrix} \xrightarrow[\text{RNA-polimeraz}]{\text{DNA}} \text{RNA} + \text{PP (pirofosfat)}$$

Burada, anorganik pirofosfat serbest kalır. Dört komponent, yani substrat (dört trifosfat); kalıp olarak DNA, enzim olarak RNA-polimeraz ve ürün (RNA), polimerizasyon sırasında yalıtılmış bir sistem oluştururlar. RNA-polimeraz bitkilerde, bakterilerde ve diğer hayvanlarda da bulunmuştur. Mikroorganizmalardan elde edilen RNA-polimerazın, sedimantasyon sabitesi 13 S ve 22 S'li, iki tane biyolojik olarak aktif formu bilinmektedir. Bunlar dönüşsüz (irreversible) denatürasyonla daha küçük parçalara bölünürler: 9 S → 4,5 S → 3,5 S → 2 S. 9 S'li komponent DNA'ya bağlanmakla beraber biyolojik olarak inaktiftir.

Kalıp olarak çift zincirli DNA kullanıldığında, belirli bir gecikmeden sonra, RNA polimeraz RNA sentezleyebilir. Fakat bu gecikme tek zincirli DNA kalıp olarak kullanıldığında görülmez. Bu gözlem bize, çift zincirli DNA'nın doğru transkripsiyon yapılabilmesi için ilk olarak bölgesel (lokal) tek zincirlere ayrıldığını, olayların replikasyondaki gibi yürütüldüğünü gösterir.

Memeli hayvanların hücre çekirdeklerinden, örneğin karaciğerden, eriyebilir RNA-polimerazın yanısıra, özellikleri küçük ölçüde bakteriyel polimerazlara benzeyen, "Aggregat Enzimi" yalıtılmıştır. Çözünür polimeraz ya da aggregat enzimi ancak substrat olarak nukleozittrifosfatı kabul eder. Enerjice fakir difosfat ya da nukleozidmonofosfat enzimlerce polimerize edilmez.

Birçok deneme, çift heliksli DNA'nın belirli bir kolunun öncelikle informasyon kaynağı olarak kullanıldığını ve RNA-polimeraz ile tepkimeye girdiğini göstermiştir. Pirimidince zengin DNA kolu bölgesel olarak DNA sarmalından açılır ve 3'⟶ 5' yönünde okunur. Yeni polinukleotit antiparelel olarak (parelel; fakat zıt yönde), yani 5'⟶ 3' yönünde sentezlenmeye başlanır. Tepkime şemasından anlaşıldığı kadarıyla polinukleotitin en azından in vitro (cansız, hücresiz ortamda) koşullarda başlama tarafı olarak trifosfat grupları taşır. Sentez hızı doğal koşullarda 55 nukleotit/saniye olmasına karşın in vitro koşullarda bu değer çok daha düşüktür. DNA'nın in vitro olarak asimetrik transkripsiyonu, yani DNA zincirinin iki kolundan ancak birinin baz diziliminin özel olarak kopya edilmesi, hem enzimin kalitesine hem DNA'nın bütünlüğüne bağlıdır. Kullanılan DNA, moleküler ağırlığı 8×10^5 daltondan küçükse, o zaman her iki kolu da kopya edilir.

Transkripsiyonda en önemli sorun başlama noktasının saptanmasıdır. Yoğunluk gradiyentinden bilindiği kadarıyla, DNA'daki bilginin tek bir mRNA'ya değil, DNA'da birbiri ardısıra bulunan bölgelerin kopya edilmesiyle değişik mRNA'lara aktarıldığı kesindir. Bu, birbirine bağımlı olmayan farklı RNA-polimeraz moleküllerinin, aynı zamanda DNA zinciri üzerinde RNA sentezlediğini ve birbiri ardısıra olmasına karşın, belirli aralıklarla, bölgelerin kopya edildiğini gösterir. RNA'nın sentezlenmesinin başlama noktası olarak, DNA transkripsiyon zinciri üzerinde, primidin salkımı olarak adlandırılan primidinlerin yığıldığı yer olduğu kabul edilmektedir. Bir polimeraz molekülü 5×10^5 dalton DNA bağladığı için, kuramsal olarak daha fazla olması gerekmesine karşın, ancak belirli bir sayıda RNA sentezi için başlangıç noktası bulunmak zorundadır. Primidin salkımının başlangıç noktası olma varsayımı birçok gözlemle kuvvetlendirilmiştir. Çünkü asimetrik DNA transkripsiyonunun oluştuğu koşullarda sentezlenen RNA'nın 5' ucunda ancak pürinnukleotit bulunmuştur.

DNA'nın transkripsiyonunda sentezin başlatılmasını, başlama yerlerinin sayısını düzenleyen RNA-polimeraz faktörleri düzenleyebilir. Transkripsiyonun sonlanmasını hangi mekanizmanın düzenlediği bilinmemektedir.

Bakteriyel RNA-polimeraz - memeli hayvan hücrelerinde aggregat enzim olarak incelenmiştir - enzimatik işlevlerinde bazı özel durumlar gösterir. Bu özellikler in vitro olarak gösterilmiştir. Öyleki, enzim, kalıp olarak tek zincirli denatüre DNA ile

temasta, dört trifosfat olmasa da, örneğin yalnız ATP (adenozintrifosfat) olsa yine bir polinukleotit sentezlenmesini katalizler. Sonuçta homopoliadenil asit oluşur. Bununla beraber tüm polinukleotit sentezi tüm diğer trifosfatların olduğu ortamdan daha düşük düzeydedir.

$$\text{ATP} \xrightarrow[\text{RNA-polimeraz}]{\text{DNA}} \text{Poli A}$$

Yalnız UTP ya da CTP'nin bulunduğu ortamda yine sırasıyla homopoliuridil asit ve homopolisitidil asit oluşur. Buna karşın poliguanil asit bu yolla elde edilememiştir.

RNA'nın diğer bir hatalı tepkimesi kalıp olarak DNA yerine bir polinukleotitle temasa geçmesi halinde ortaya çıkar. Örneğin, kısa bir politimidil asit zinciri uzun poliadenil asit zincirinin elde edilmesini sağlayabilir.

$$\text{ATP} \xrightarrow[\text{RNA-polimeraz}]{\text{Poli } dT_7} \text{Poli}_{A50\text{-}100}$$

Kalıp için polideoksinukleotit olması şart değildir, keza poliribonukleotitler de, örneğin polisitidil asit kalıp olarak kullanılır. Bu durumda poliguanil asit elde edilir. Kalıp olarak DNA'nın kullanılması halinde oluşan polinukleotit hiçbir zaman kullanılan DNA'dan uzun olmamasına karşın, kalıp olarak homopolinukleotitlerin kullanıldığı durumlarda, meydana gelen ürün kalıptan uzun olabilir.

DNA-polimerazdaki gibi, RNA-polimeraz da bir kalıbın yokluğunda polinukleotit sentezleyebilir. Bununla beraber DNA polimerazın tam tersi bir davranış gösterir. ATP ve UTP ile monoton poli A ve poli U kollu çift bir zincir meydana getirir (yani .. AAA ... ve UUU... kollu).

$$\text{ATP} + \text{UTP} \xrightarrow[\text{RNA-polimeraz}]{\text{DNA'sız}} \text{Poli A : U}$$

ITP ve CTP ile bir ara bir sıra (alternatif) dizilmiş polinukleotit dizilimli Copoli IC meydana gelir.

$$\text{ITP} + \text{CTP} \xrightarrow[\text{RNA-polimeraz}]{\text{DNA'sız}} \text{Poli IC (alternatif)}$$

RNA sentezinin basamaklarını aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz.

1. DNA'ya (primidince zengin kısımlarına) enzim bağlanır.

2. Pürintrifosfatlar ile RNA-polimeraz aktifleştirilir. Aktifleştirme RNA sentezinin hızlandırılmasını sağlayan adımı oluşturur.

3. Polimerizasyonun ilk fosfor asidi diester bağının oluşmasıyla başlar.

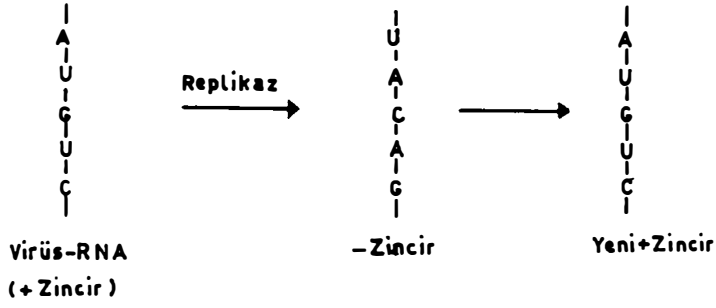
$$ppp \begin{matrix} G \\ A \end{matrix} px.....$$

Tepkime ancak 0,2 M KCL'lı bir ortamda enzimin özgül yapısal değişikliğinin ortaya çıkmasıyla başlar.

4. Daha sonra diğer nukleozittrifosfatların polimerizasyonu izler.
5. DNA-enzim kompleksinden meydana gelen ürün ayrılır.

Bir hücrenin RNA-polimerazı homojen bir enzim midir? Ya da farklı koşullarda RNA-polimeraz aktivitesi gösteren değişik RNA-polimerazların bir karışımı mıdır? Bu konuda bilgimiz yoktur.

Özel bir durum, RNA taşıyan virüslerin replikasyonu ve bakteriyofajlardır. Bunların RNA'sı özel bir "R e p l i k a z"ın etkisi altında replike olur. Replikaz, RNA'ya bağlı RNA-polimeraz gibi davranır. Bu enzim ancak kalıp olarak yalnız tam bir virüs genomu kabul eder. Yani tam bir makro molekül ile RNA kırıntısını (parçasını) birbirinden ayırabilecek durumdadır. Replikasyon ilk olarak "M i n u s Z i n c i r i" daha sonra da bu zincir üzerinden yeni enfekte olabilecek "P l u s Z i n c i r" meydana getirilmesi şeklinde olur (Şekil 11.14). Aynı replikazın hem minus hem de plus zinciri meydana getirip getirmediği bilinmemektedir.



Şekil 11.14: Bir bakteriyofajın replikasyonu.

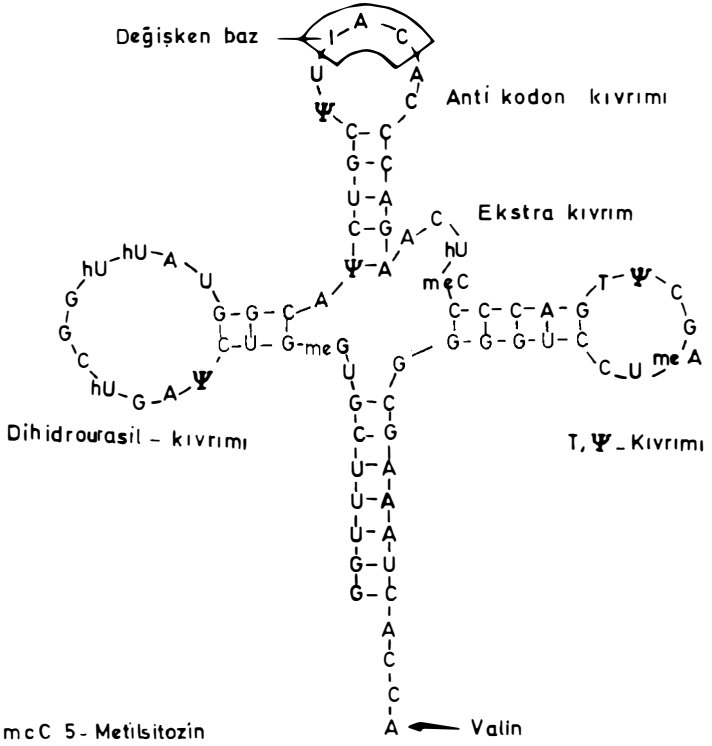
11.7. RNA TİPLERİ: HABERCİ (Messenger -mRNA), RIBOZOMAL (rRNA) VE TRANSFER (tRNA)

Genel Tanım: Kimyasal analizler DNA molekülüne karşılık RNA moleküllerinin komplementer bazları olmadığını ve bunun sonucunda DNA gibi çift zincirli olmadığını ortaya çıkarmıştır. RNA uzun, dalsız ve 3'-5' fosfodiester bağları ile birbirine bağlanmış dört çeşit ribonukleotitten meydana gelmiştir. RNA'nın deoksirobozun yerine riboz ve timinin yerine urasil içerdiğini biliyoruz.

RNA moleküllerinin üç çeşidi protein sentezi için gereklidir: Messenger (haberci) RNA: Kalıtsal bilginin DNA'dan, yani çekirdekten sitoplazmaya aktarılmasına yarar. Ribozomal RNA: Çekirdekcikte bol bulunur; proteinlerle birlikte ribozomları

yapar, sitoplazmadaki partiküller ile, proteinin üzerinde sentezlendiği ribozomun arasındaki özgül olmayan bağlantıları sağlar. Transfer RNA: Bir adaptör gibi, amino asitleri, büyümekte olan polipeptit zinciri içerisindeki uygun yere getirir. Hücre konusunda gördüğümüz gibi, hücre, zar ve tüplerden meydana gelmiş bir galeri sistemine yani endoplazmik retikuluma sahiptir. Ribozomlar bu zar sistemine yapışıktır ya da hücre sıvısı içerisinde yüzerler. Ribozomların aşağı yukarı yarısı protein, yarısı RNA'dır. Ribozomların RNA'sının fenol ile özütlenmesi sonucunda moleküler ağırlığı 600.000 ve 1.300.000 olan iki kısımdan (komponentten) yapıldığı görülmüştür.

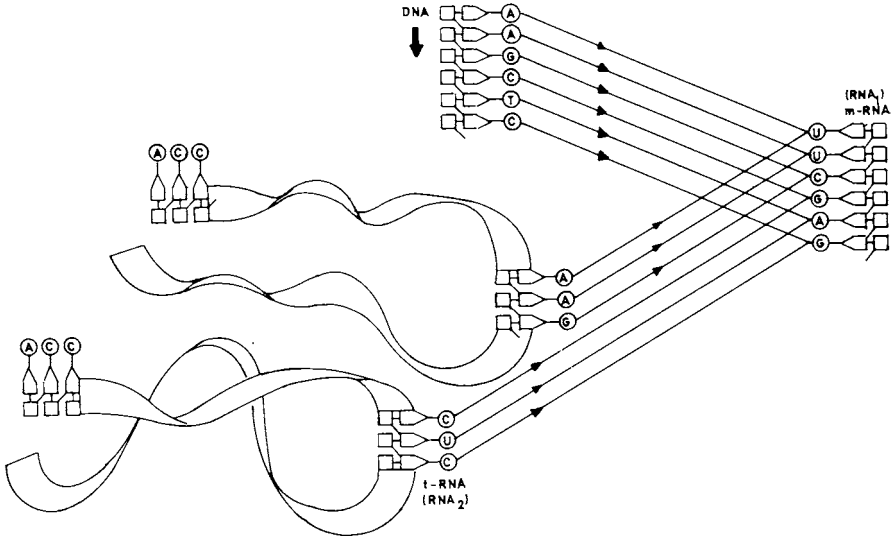
tRNA'nın molekülü rRNA ve mRNA'dan oldukça küçüktür. Her birinin görevi protein sentezinde özel bir adaptör gibi kendine özgü amino asidi seçip ona bağlanmaktır. 20 çeşit amino asidin her biri için bağlanabileceği bir ya da daha fazla tRNA çeşidi vardır. tRNA içerisindeki nukleotit dizilerinden bir kısmı "Antikodon"u meydana getirir, bu mRNA içerisinde, amino asitleri tayin eden kodonlara komplementer olan triplet nukleotittir. tRNA alışılanın aksine sadece bilinen 4 ribonukleotidi, yani adenin, guanin, sitozin ve urasili içermez, keza alışılmamış nukleotitleri, örneğin 6-metilamino adenilik asit, dimetilguanilik asit ve ribotimidin, inosin (I) ve pseudoridin (Ψ) içerir (Şekil 11.15).



Şekil 11.15:
Transfer RNA'nın açık formülü ve şematik şekli.

tRNA'lar aşağı yukarı 70 nukleotitli polipeptit zincirleridir. Amino asitlere bağlandıkları 3' uçta hemen hepsi aynı nukleotit dizisine sahiptirler 'CCA'. Nukleotit zincirinin 5' ucunda yani ters tarafında ise guanilik asit bulunur. 3' ve 5' uçlar demek bir -R-P-R-P veya -D-P-D-P omurgasında bulunan riboz ve deoksiriboz halkasının iki yanda fosfat kökleri ile bağlanan karbon atomlarının numarasıdır (Şekil 11.3); 5' numaralı karbon atomu bir uca, 3' numaralı karbon atomu diğer uca doğru uzanmaktadır. Zincirin iki ucu buna göre isimlendirilmiştir.

tRNA'daki zincir kendi üzerine kıvrılarak üç ya da daha fazla lob meydana getirir (Şekil 11.15). Bu çift heliks şeklindeki kıvrılma komplementer bazlar arasında oluşan H bağları ile dayanıklı hale getirilir. Amino asit tutan (CCA) uca en yakın lob, sitidin, pseudouridin ve timin içeren ve diziliş olarak CCA ucundan 21, 22 ve 23. sırada bulunan uçtur (Şekil 11.15). Triplet birkaç dala ayrılmış orta lobdaki kodona komplementerdir. Tripletin ön kısmında uridin daha sonra adenozin ya da değişikliğe uğramış adenozin bulunur. Diğer bir alışılmamış baz dimetilguanizin antikodondan önce sekizinci pozisyonda 5' ucun yakınındaki büyük lobun kaidesinde bulunur. Bu katlanmalar amino asitle antikodon arasında sabit bir aralığın bulunmasını sağlar. İlk analiz edilen tRNA, mayalardan elde edilen alanin tRNA'dır. Alanin tRNA 77 nukleotidin kendine özgü bir şekilde dizilmesiyle oluşmuştur. Bunların 9'u alışılmamış bazlardır ve bir ya da daha fazla metil grubu içerirler. Bu alışılmamış bazlar temel bazların diziliş sıralarını bir derecede bozduğundan tRNA'nın üzerinde özgül bazı kimyasal grupların açığa çıkmasını sağlarlar. Bu gruplar mRNA ile ya ribozomla ya da ola ki özgül tRNA'yı amino aside bağlayan enzimle ikincil bağlar meydana getirir. Diğer bazı tRNA'ların da baz dizilimi tam olarak öğrenilmiştir. Bu, aynı zamanda genlerdeki nukleotit dizilişini de kısmen açıklamak demektir; çünkü tRNA molekülünün bir kısmı DNA'nın belirli bölgesinden kalıp alınmıştır (Şekil 11.16). Örneğin alanin için özel genin



Şekil 11.16 : Kodojen, kodon ve antikodon arasındaki ilişkinin şematize edilmesi.

77 nukleotitten meydana gelmesi gerekir. Nitekim 1970 yılında KHORANA tarafından ilk defa 77 nukleotitli çift zincirli tam bir DNA molekülü sentez edilmiştir ve bu molekülün, alaninin tRNA'sını meydana getirdiği saptanmıştır. Bu şekilde ilk defa bir gen sentez edilmekteydi.

Özet olarak RNA sentezlenirken, replikasyondan farklı olarak T yerine U girer, deoksiriboz yerine, riboz kullanılır; kuramsal olarak tek zincirlidir; yapılan rRNA, mRNA, tRNA sitoplazmaya gönderilir; ömürleri DNA gibi sınırsız değildir (örneğin, mRNA 240 dakika kadar yaşar). Her ikisinde de belirli enzimler rol oynar; DNA'da DNA polimeraz, RNA'da RNA polimeraz; açılan zincirin DNA'da her iki koluna, RNA'da ise bir koluna ortamda serbestçe bulunan komplementer nukleotitler bağlanır ve yan yana gelen nukleotitlerin RNA'da ribozu, DNA'da deoksiribozu DNA ve RNA polimeraz enziminin aracılığıyla diğerinin fosfat grubuna bağlanarak yeni zincirler oluşturulur. Tepkimeye giren serbest nukleotitler 3 fosfat grubu içerirler ve bağlanma sırasında 2 fosfat grubu ayrılarak enerji meydana gelir. Bu enerjiyle de zincirin oluşumu sağlanır. tRNA tekrar tekrar kullanıldığı için, ancak zaman zaman yeniden üretilir. Ayrıca amino asitleri yakalayıp getirebilmesi için molekülleri küçüktür ve suda eriyebilir; bu da ona diffüzyon kolaylıkları sağlar. Şimdi RNA çeşitlerini ayrıntılı olarak inceleyelim.

11.7.1. MESSENGER (= Haberci) RİBONUKLEİK ASİT (= m R N A)

mRNA en azından dört nukleotitten oluşmuş, RNA-polimeraz aracılığıyla DNA'nın kalıp olarak alınan kolundaki nukleotit dizilerinin kopya edilmesiyle elde edilen tek zincirleridir.

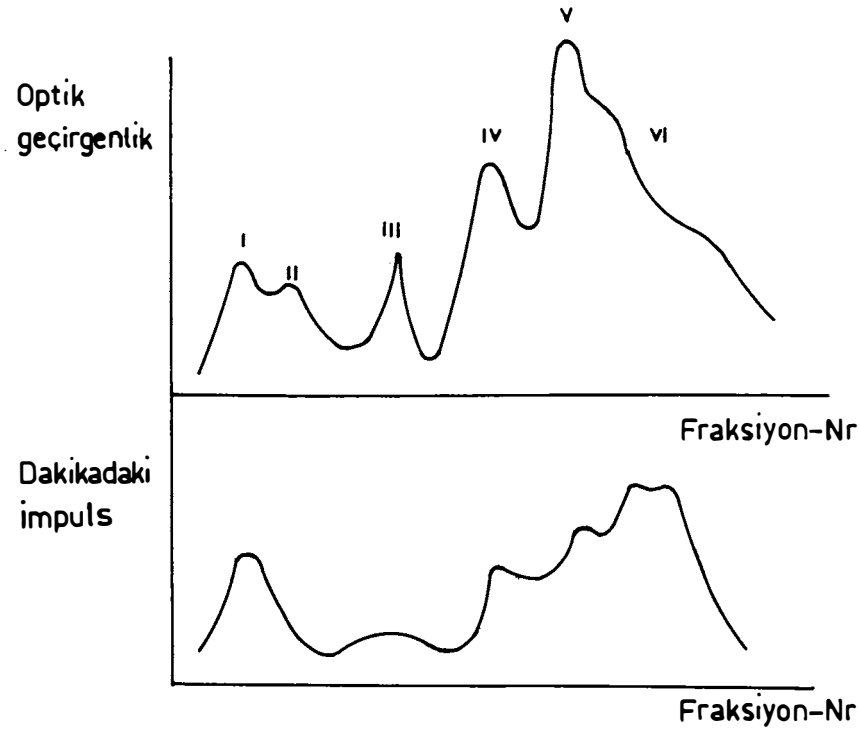
1952 yılında HERSHEY, *E.coli*'nin T_2 bakteriyofajıyla enfeksiyonunda, çok hızlı bir RNA yıkımı ile birlikte, çok hızlı bir RNA sentezinin olduğunu gösterdi. Çünkü faj, bakteri metabolizmasını kendi proteinini üretecek şekilde değiştirmektedir. Hızlı RNA fraksiyonunun faj için kalıtsal bilginin elde edilmesini sağlayacağını tahmin eden HERSHEY'in kurgusu VOLKIN ve ASTRACHAN tarafından dört yıl sonra gerçekleştirildi ve 1961 yılında MONOD ve JACOB bunu mRNA olarak adlandırdılar. mRNA'nın çok geç bulunmasını aşağıdaki nedenlere bağlayabiliriz.

a) Hücre DNA'sının büyük bir kısmı protein oluşmasını kodlamakla beraber, sentez edilen mRNA, hücredeki tüm RNA'nın ancak % 5'i kadardır.

b) Tüm çekirdek asitlerinin karışımı, metillendirilmiş serum albüminle kaplı, silisli bir süngerli taştan (kizelgur) geçirilirse (HERSHEY ya da MAK kolonu), 0,1 ve 1,5 M NaCl arasındaki derişim gradiyentinde, (Şekil 11.17)'de görülen bir elusyon (yıkama) profili elde edilir.

Çekirdek asitleri burada moleküler ağırlığına göre değil, baz bileşimlerine göre ayrılmıştır. Ne kadar geç çözülmüş ise RNA o kadar çok AU içerir demektir.

Bakteriler ya da bitkiler işaretlenmiş çekirdek asitleri ile (radyoaktif bazlar ya da radyoaktif fosfor) inkübe edilirse, deneysel olarak izlenmeleri çok kolaylaşır. Eğer



Şekil 11.17: İşaretlenmiş çekirdek asitlerinin kizelgur üzerinden kromatografisi (metillendirilmiş serum albumin içerir). Fraksiyon: I. Çözünür RNA, II. 5 S rRNA, III. DNA, IV. rRNA-I, V. rRNA-II, VI. mRNA.

çekirdek asitlerinin tümü izole edilir ve HERSHEY kolonundan geçirilip kromatografisi yapılırsa her fraksiyonun optik geçirgenliğine göre farklı bir profili elde edilir. Buradaki optik geçirgenlik, fraksiyon içerisinde çözünmüş komponentlerin miktarları için göresel bir ölçüdür. İşaretlenmiş maddelere kısa süre tutulanlarda belirli çekirdek asit fraksiyonlarının (yani mRNA) hızla işaretlendiğini, miktarı az olmasına karşın radyoaktivitenin büyük bir kısmını taşıdığı saptanmıştır.

c) mRNA populasyonu diğer RNA türlerinden daha çok tekrarlanarak kullanılmaktadır. Bu özelliği ile radyoaktif pig tepesinde kaymalar görülür (Pulse-Chase denemesinde bu olay kolaylıkla izlenir).

mRNA'nın yıkımından bir seri enzim sorumludur. Böylece polinukleotitfosforilaz ile mRNA serbest nukleoziddifosfatlara kadar yıkılır.

$$\text{RNA} \xrightarrow{\text{Polinukleotitfosforilaz}} \times \text{DP} + \text{PP}$$

Bu enzim interfazda (kromatine özgül protein olarak) mRNA'nın tekrar tekrar kullanımını kontrol eder. Eksonukleazlar genel olarak mRNA'yı 3' ucundan itibaren yıkarlar.

d) Hücre tek bir işlev için programlanmamış ise meydana gelecek mRNA'lar da değişik özelliklerde olacaklardır. Çünkü her biri değişik bir protein sentezini yönetecektir.

Nitekim kizelgur kolonu üzerinden yapılan kromatografik yöntemlerle ve ultrasantrifüjde ağırlık gradiyentine göre yapılan ayırımlarda birçok mRNA çeşidinin olduğu görülmüştür.

Doğal mRNA'nın moleküler ağırlığı 5 ve 50×10^5 dalton arasındadır. Bu ise her mRNA molekülünde 1,500 — 15.000 nukleotide denktir.

mRNA'nın kalıp aldığı DNA bir bireyin tüm hücrelerinde aynıdır. Bununla beraber farklı dokularda ve hatta aynı hücrenin içerisinde farklı mRNA'ların üretilmesi hücre farklılaşmasıyla ilgilidir. Yani DNA'ların açık bölgelerinden üretilen mRNA'lar gerek bulunduğu hücrenin, gerekse bulunduğu dokunun özelleşmesine neden olur ve hücrenin fenotipinin saptanmasını sağlar.

e) mRNA, DNA'dan kalıp almasına karşın, baz dizilimi DNA'nın aynısı değildir. Çünkü DNA'nın tümü birden kalıp olarak kullanılmaz. Bununla beraber belirli bölgeleri transkript edildiği için yine de bölgesel bir benzerlik sözkonusudur. Diğer RNA çeşitlerinde bu denli benzerlik gösterilememiştir.

Çekirdek Asidi	Baz Oranı	
mRNA	DNA'ya benzer	$(A+U)_{mRNA} = (A+T)_{DNA}$
tRNA ya da rRNA	DNA'ya benzemez	$(A+U)_{RNA} < (A+T)_{DNA}$

f) Belirli koşullar altında DNA ile birçok zincirli birlik meydana getirme yeteneğinde olması, mRNA'nın en önemli özelliklerinden biridir. Hibritleşme ya da hibridizasyon olarak tanımlanan bu tepkime eylemli çift zincirin oluşmasını sağlar. Bu, keza rRNA ve tRNA ile de mümkündür.

Bir organizmadan ısıtmak sureti ile tek zincirli DNA elde etmenin mümkün olduğunu daha önce öğrenmiştik. Bu tek zincir bir agara ya da diğer bir taşıyıcıya fikse (sabitleştirme) edilebilir. Aynı organizmadan ya da diğer bir organizmadan (radyoaktif yöntemlerle) elde edilen mRNA bu tek zincirli DNA ile, benzer komplementerleri taşımak koşuluyla birbirine eşleştirilebilir. Farklı mRNA populasyonları bu fiksasyonu yapmazlar. Farklı organizmalar arasındaki bu DNA ve mRNA eşleşmesi o iki organizmanın kalıtım materyalinde taşıdıkları benzer nukleotit dizilerini (bölgeleri) gösterir. Bu da evrimsel olarak benzerliklerin ortaya konması açısından önemlidir.

g) mRNA, polizom oluştuğu ortamlarda ribozomlara bağlanarak (yığılarak) protein sentezinin in vitro olarak meydana gelmesini sağlar.

11.7.1.1. *mRNA'nın Nakli*

Çekirdekli hücrelerde mRNA transkripsiyonla DNA'dan meydana gelmekle beraber, ana işlevi olan protein sentezini yöneltmek üzere çekirdek dışındaki sitop-

lazmaya geçmesi lazımdır. Polinukleotit zincirler yıkıcı etkilere karşı çok duyarlı olduğundan, mRNA formunda, yani büyük bir molekülün küçük parçaları şeklinde sitoplazmaya taşınır. HeLa hücrelerinde mRNA, çekirdeği, polizom, yani mRNA-ribozom kompleksi şeklinde terk eder. Nakil, endoplazmik retikulumun üst yüzeyi boyunca olur ve bu arada zarsı yapı ola ki belirli hareketlerle yardımcı olur.

İlk olarak, SPIRIN, daha sonra HENSHAW en azından mRNA'nın hayvan hücrelerinde çekirdeği ribonukleoproteit şeklinde terk ettiklerini (polizom şeklinde değil) saptadılar. Burada mRNA'nın çok kesin olarak tanımlanamayan globüler proteinlerle maskelendiği bilinmektedir. Bu birlik "İ n f o r m o z o m" olarak, globüler komponentler de "İ n f o r m o m e r" olarak adlandırılır. İnformomerler sedimantasyon sabitesi 30 S olan ve RNA zinciri üzerinde yaklaşık 600 nukleotitli bir uzunlukta fikse olmuş proteinlerdir. İzole edilmiş en büyük informozomlar moleküler ağırlığı 4×10^6 dalton olan mRNA üzerindeki 20 protein partikülünden oluşmuştur. Bu proteinlerin, protein sentezi sırasında, mRNA'nın translasyonunda düzenleyici (regülatör) işlev gördüğü, yani mRNA üzerine yığılmış bilginin özgül olarak kapanmasını ya da açılmasını sağladığı varsayılmaktadır. İnformozomun protein-mRNA birliği ribozomlarla temas sırasında da kalır.

11.7.1.2. *mRNA'nın İşlevi*

Transkripsiyon mekanizması ile mRNA, DNA'nın bir kolunun komplementer nukleotit dizisini, belirli proteinlerin amino asit dizilimini saptamak amacıyla, sitoplazmaya iletmeye yarar. mRNA üzerinde taşınan DNA'nın bir kolundaki (belirli bir bölgenin) bilginin komplementerleri aracılığıyla proteinlerdeki amino asitlerin sırası ve yeri saptanılacaksa (translasyon) aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir.

a) mRNA üzerindeki nukleotit dizisinin okunması için uyarılması gerekir. Çünkü okunma kendiliğinden meydana gelmez.

b) Okunma doğru yönde olmalıdır. Bunun için okunma yönleri (polarite = kutuplaşma) şu şekildedir:

DNA'nın okunması 3' den 5' 'e Transkripsiyon
mRNA'nın sentezi 5' den 3' 'e Transkripsiyon
mRNA'nın okunması 5' den 3' 'e Translasyon
Protein sentezi $NH_2 - COOH$' ucuna doğru Translasyon

c) mRNA 5' ucu üzerinde translasyonun başlama noktası olarak belirli bir dizilimi taşıması gerekir. Eğer polisitronik messenger bulunuyorsa yani tek bir mRNA zinciri ayrı ayrı birçok protein zincirini sentezliyorsa, o zaman mRNA nukleotit dizilimi içerisinde başlama noktalarını belirleyen noktaların saptanması zorunludur. Protein sentezleyen sistemin de bu başlama noktalarını tanıyabilmesi gerekir.

d) Aynı nedenen translasyonun uygun yerde durdurulması için, mRNA üzerinde bazı işaretlerin olması gerekir. Ancak bu şekilde, uygun yapılmış proteinin ayrılması sağlanabilir.

Bu dört koşul mRNA'nın ribozomla temasa geçmesi ile gerçekleştirilir.

11.7.2. RİBOZOMAL RİBONUKLEİK ASİT (rRNA) VE RİBOZOMLAR

11.7.2.1. *Ribozomların Yapısı*

Elektron mikroskobunda yoğun bir cisim olarak görülür (ribozom = RNA içeren, soma = cisim). TISSIERES ve WATSON, 1959 yılında ribozomların belirli alt birimlerden oluştuğunu buldular. Bakteri ribozomları Mg^{++}'lu çözeltilerde çöktürüldüğünde sedimantasyon sabitesi 70 S, 50 S ve 30 S olan parçacıkların meydana geldiği görülmüştür.

$$70\,S \underset{10^{-2}\,M\,Mg^{++}}{\overset{10^{-4}\,M\,Mg^{++}}{\rightleftharpoons}} 30\,S + 50\,S$$

Bu parçacıkların ayrışmalarına (dissosasyon) bağlı olmaksızın, sedimantasyon sabitesi, suspansiyondaki iyon kuvvetine yakından bağlıdır. Bu değerler 0,1 M KCl'li ortamda da geçerlidir. Tuz derişiminin (konsantrasyonunun) azalması ile sedimantasyon sabitesi aynı şekilde düşer; çünkü partikül hacmi büyür (BEELEYE et al). Memeli hayvanlardan elde edilen, sedimantasyon sabitesi 80 S olan ribozomlar, düşük Mg^{++}'lu ortamlarda kural olarak ayrışmazlar. Ancak EDTA gibi kompleks yapıcılar aracılığıyla tüm iyonlar uzaklaştırıldıktan sonra bu ribozomlar alt birimlerine ayrılırlar.

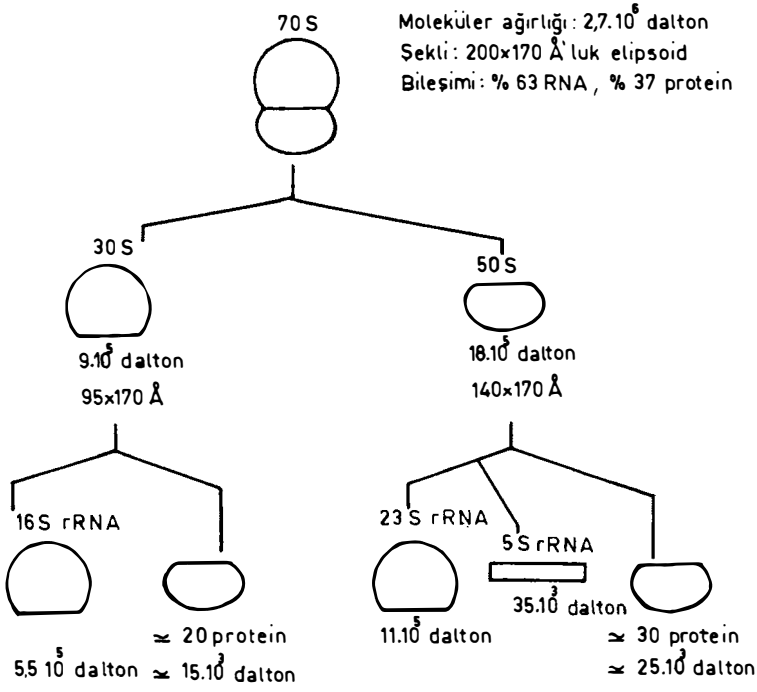
$$80\,S \xrightarrow{EDTA} 40\,S + 60\,S.$$

Ribozomlar ribonukleik asit ve proteinden oluşmuştur. Bir bakteri hücresi yaklaşık 10.000 kadar ribozom içerdiği için, rRNA tüm hücredeki RNA'nın yaklaşık % 75-85'ini oluşturur. Normal bir karaciğer hücresi yaklaşık 6×10^6 ribozom içerir. Bununla beraber toplam hücre proteininin en fazla % 10'u ribozomlarda bulunur. Bakteriyel ribozomların bileşimi ve alt birimlerinin büyüklüğü (Şekil 11.18)'deki gibidir.

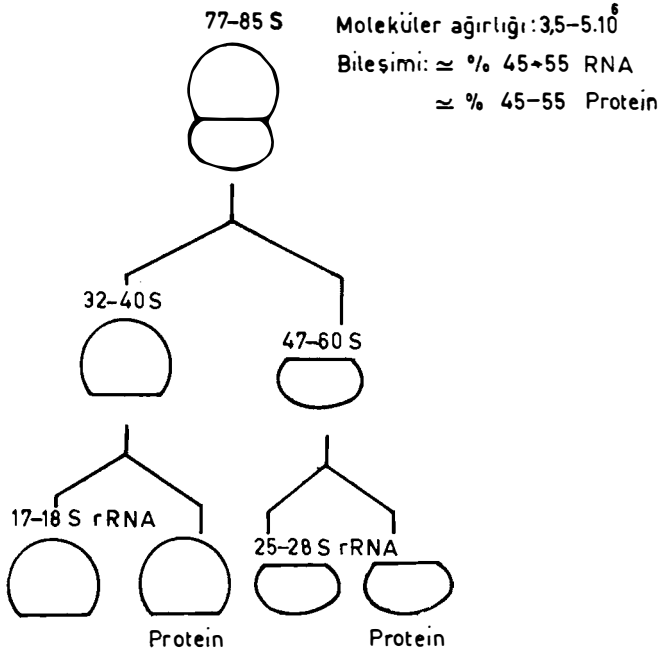
30 S'li parçacık 16 S'li, 50 S'li parçacık ise 23 S'li rRNA içerir. Her iki alt birimin RNA'sı da yalnız tek bir RNA zincirinden oluşmuştur. 50 S'li parçacıktan elde edilen 23 S'li rRNA'nın yanısıra 5 S'li küçük bir RNA molekülü de izole edilmiştir. 23 S'li RNA baz oranı bakımından 16 S'li RNA'dan önemli farklar göstermektedir. Bu durumda 23 S'li RNA 16 S'li RNA'nın dimeri değildir. Her iki ribozomal alt birim, yani 30 S' ve 50 S'li parçacıklar, sayısı tam olarak bilinmeyen, moleküler ağırlığı en fazla 12 ve 30.000 dalton arasında bulunan proteinleri de içerir.

Bakteri, mitokondri ya da kloroplastlardan alınan ribozomların sedimantasyon sabitesinin 70 S olmasına karşın, memeli hücrelerinin sitoplazmasında ya da yüksek bitkilerde (bira mayası dahil) bulunan ribozomlar belirli olarak daha yüksek parçacık ağırlığına sahiptir (OSHIO et al). Bu ribozomlar parçacık ağırlığı ve bileşimleri ile bakteriyel ribozomların alt birimlerinden ayrılır (Şekil 11.19).

Bakteriyel ribozomların haricindeki ribozomların alt birimlerinin daha ağır olması, taşıdıkları proteinin fazla olması —yaklaşık toplam ağırlığının % 55 (bakteri-



Şekil 11.18 : 70 S'lik bir ribozomun ayrışımı.



Şekil 11.19 : 77-85 S'lik ribozomun ayrışımı.

lerde % 37) kadar– ve rRNA'larının moleküler ağırlığının yüksek olmasındandır. Bu moleküler ağırlık $1,1 \times 10^6$ (235 rRNA) daltondan $1,3 \times 10^6$ (255 rRNA) daltona kadar değişir.

rRNA'lar yüksek oranda sitozin ve guanin taşımasıyla mRNA ve DNA'dan baz bileşimi bakımından farklılık gösterirler.

Baz oranı $\frac{G + C}{A + U}$		
RNA-tipi	**rRNA**	**mRNA**
Eschericha coli	1,1 - 1,2	0,65 - 0,75
Bira mayası	0,96	0,71
Ascites-tümör	1,4 - 1,6	0,7 - 0,8
Karaciğer	1,7	0,84 - 0,89

Ribozomal proteinin N terminal pozisyonu aşağıdaki amino asitleri taşır.

% 47 methionin
% 38 alanin
% 11 serin
% 4 diğer amino asitler.

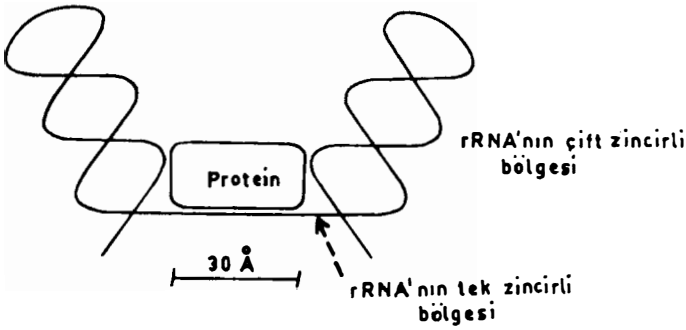
Elektron mikroskobunda ribozom hafifçe üstten basılmış iki yarım kürenin birleşmesiyle meydana gelmiş bir yapıdır.

Farklı organizmaların filogenetik gelişimi ribozomlarından kolayca tanınabilir. Eğer rRNA izole edilirse, aşağıdaki sedimantasyon sabiteleri elde edilir.

	Sedimantasyon Sabitesi				
rRNA	**Prokaryot**	**Fitoflagellat**	**Yüksek bitkiler**	**Siliat**	**Omurgalı hayvanlar**
Küçük birimi	165	165	165	185	185
Büyük birimi	235	245	255	255	285

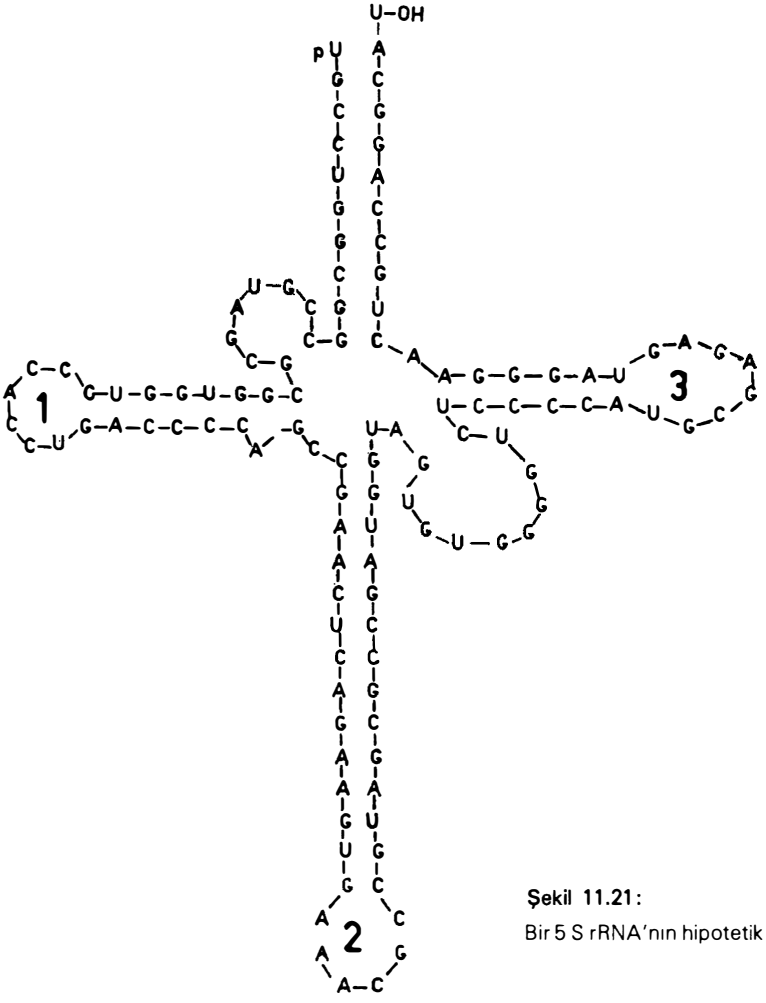
Monokromatik ışığın dalga uzunluğuna bağlı olarak optik aktivitenin ölçülmesi (optik rotasyondispersiyon) ve diğer fiziksel parametlerin saptanması ile rRNA'nın düzenlenmesi ve yapısı hakkında belirli bir yorumda bulunmak mümkündür. Buna göre rRNA'nın % 60'ı heliks şeklinde düzenlenmiştir. Bu çift heliks yapısının özel bir erime noktası vardır; karaciğer hücrelerinde bu değer 52,8°C'nin altındadır. Hepatom (karaciğer tümörü) ribozomlarındaki rRNA'da bu değer 57,6°C'nin üzerine çıkar.

Buna göre karaciğer tümörlerinde ribozomların eylemliliği (stabilitesi) yükselmektedir. Parçacıklarda meydana gelecek konformasyon değişikliği biyolojik işlevlerinde de farklılaşmayı ortaya çıkaracaktır. Normal ribozomlarda ribozomal proteinin



Şekil 11.20: Ribozomun dış yüzünün hipotetik modeli (Traeger'den).

ribozomun iç tarafına bağlandığı; buna karşın çift zincirli, nukleaza dayanıklı rRNA bölgelerinin dışarıya doğru uzandığı varsayılmaktadır (Şekil 11.20) (COTTER et al).



Şekil 11.21:
Bir 5 S rRNA'nın hipotetik modeli (Traeger'den)

En son tanımlanan ribozom komponenti 5 S rRNA'dır (Şekil 11.21). Bu parçacık büyük ribozomal alt birimiyle birleşmiştir. Dört farklı 5 S rRNA tipi izole edilmiş ve polinukleotit dizilerinin yaklaşık 120 ve 121 nukleotitten meydana geldiği saptanmıştır. Baz dizilimine dayanarak, 5 S rRNA için, çift olmayan kıvrımlarının yanısıra, çift yapan (ikili zincir) bölgelerinin de olduğu kabul edilir. Mekân olarak dizilim ve yapısı tRNA'nın varsayılan modeline benzeyebilir. Kıvrım-1 şimdiye kadar izole edilen tüm 5 S'li parçacıklarda aynı baz dizilimine sahiptir. Bu dizilimin (kıvrımın), 5 S'li komponentleri 50 S'li alt birimlere bağlamakla sorumlu olduğu varsayılmaktadır. Kol ve kıvrım-2, 50 S ve 30 S'li alt birimler arasında köprü ödevi görür. Burada 5 S rRNA ribozoma bağlı (30 S üzerine fikse olmuş) tRNA'nın üzerinde ya da yanında bulunur. Kıvrım-3 de tRNA bağına katılır. tRNa'dan farkı ancak normal nukleik asit bazlarını taşımasıdır (tRNA'da normal nukleik asit bazlarının dışında da bazlar bulunur).

Her iki ribozomal alt birimin birbirine bağlanması üç kuvvetin etkisiyle olur. Böylece eylemli (stabil) komple bir ribozomun oluşması sağlanabilir. Bu kuvvetler şunlardır:

a) Büyük ve küçük ribozomal alt birimlerindeki rRNA çeşitlerinin bazları arasındaki su köprüleridir. Bu bağlar K^+ ve Mg^{++} ile kuvvetlendirilir (ATTARDI).

b) mRNA, ribozomun her iki alt birimi arasına girdikten (yığıldıktan) sonra, protein içeren $f_1 \longrightarrow f_3$ faktörleri (protein sentezine bkz.) ve büyümekte olan peptit zincirleri bu bağlanmaya katılır.

c) 5 S rRNA doğrudan doğruya bir menteşe gibi her iki alt birimi birbirine bağlar (MORELL et al).

Ribozomun biyolojik aktivitesi ve yapısı RNA ve proteinlerin bütünlüğüne bağlıdır. Eğer her ikisinden biri (protein ya da RNA) yaralanırsa, tüm parça aktivitesini yitirir. Proteinler, yapısal ribozomal proteinler olmakla beraber, keza ribozoma özgü enzim aktiviteli proteinler de olabilir. Birçok ribozomal protein şu şekilde gruplandırılır.

a) rRNA ile dönüşsüz (irreversibel) yığışım yapanlar (ribozomal proteinin yaklaşık % 16'sı). Dar anlamda yapısal protein olarak kabul edilir.

b) Ribozomal proteinlerin % 15-20'si in vivo olarak değiştirilebilir görülmekle beraber, ribozomların ekstraksiyonunda ribozomlara bağlı olarak kalırlar.

c) Gevşek bağlanmış proteinler (tüm ribozomal proteinlerin % 20'si kadar) kural olarak iyon kuvvetinin in vitro olarak yükseltilmesi ile açıkça biyolojik aktivitesi değişmeden ribozomlardan ayrılır. Böylece ribonukleaz enzimi bir ribozom-protein birliği içinde tutulur. Daha önceleri ribonukleaz ile ribozomal protein özdeş kabul edilmişti. Aynı şekilde DNA'nın bulunmadığı ortamlarda RNA-polimeraz ribozomlar tarafından fikse edilir.

Ribozomal proteinlerin analizinde birçok yöntem geliştirilmiştir.

a) Proteinlerin % 66'lık asetik asit (sirke asidiyle) ile ekstraksiyonu. Bu yöntem kural olarak proteinlerin ayrı ayrı yapı değiştirmesine neden olur.

b) 2 M LiCl ile ribozomların inkubasyonu. Böylece rRNA çökerken, protein çözeltide kalır. Bu yöntem çekirdekli hücrelerden alınan ribozomlar için uygundur.

c) Bakteriyel ribozomların parçalanması için 6 M LiCl ve 8 M üre içeren ortamda rRNA sedimantasyonu yapılır.

Her iki ribozomal alt birimin proteinleri bugün kullanılan yöntemlerle yaklaşık 40 proteine parçalanır. Bunlar uygun koşullarda hakiki rRNA ile biyolojik olarak aktif ribozom için tepkimeye girer (ribozomların yeniden oluşturulması). Her ne kadar yeniden ribozomun oluşması için birçok komponent yani birçok farklı protein molekülü ve rRNA birbiriyle tepkime göstermek zorundaysa da, bu oluşma tek bir tepkime ile (1. düzende) ortaya çıkar. Protein ile rRNA'nın aggregat (yığışım) oluşturması fevkalâde hızlı ise de, özel proteinlerin aggregat üzerinde, biyolojik olarak aktif ribozom oluşturması için, yer değiştirmesi ve yeniden düzenlenmesi adım adım ve çok daha yavaş olur.

11.7.2.2. *Ribozomların Biyosentezi*

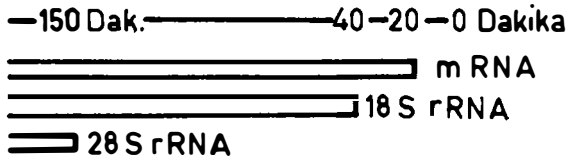
Tüm hücre komponentleri ayrıcasız biyosentez yoluyla doğrudan ya da dolaylı olarak DNA'dan köken alır. Ribozomların sentezi de DNA tarafından kodlanır ve oradan kopya edilir. Ribozomların sentez yolu çekirdekli hücrelerde (eukaryotlarda) çekirdeksizlerden (prokaryotlardan) farklıdır.

Bacillus subtilis'de DNA'nın % 0,13'ü 16 S rRNA'yı ve % 0,25'i 23 S rRNA'yı kodlar. Bundan ve diğer organizmalarda yapılan gözlemlerden anlaşıldığı kadarıyla DNA'nın belirli bir kısmı (cistron) bir rRNA zincirinin sentezi için sorumludur (PERRY).

	Her haploit genom için rRNA cistron sayısı
B.subtilis, E.coli	6 - 22
HeLa-hücreleri	160
Drosophila	260 - 1300

Çekirdekli hücrelerde, ribozom sentezi, çekirdek içerisindeki nukleolilerde yapılır. rRNA için nukleolus organize eden kromozomal DNA bölgesi, yani nukleolus-DNA, rRNA kodlayan cistrona (operon) sahiptir. rRNA için nukleolar olmayan cistronların da mevcut olup olmadığını bilmiyoruz.

Cistron ne sentezlemektedir? Gen ürünü tamamlanmış bir ribozom mudur? Eğer rRNA sentezinin zamansal süreci incelenirse, örneğin sıçan beynindeki rRNA için aşağıdaki evreler görülür (Şekil 11.22).



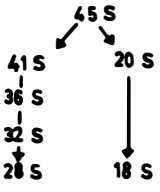
Şekil 11.22: Bir sıçan beyninde rRNA'nın zamansal olarak oluşum süreçleri.

Bu gözleme göre 18 S rRNA (küçüğü) 28 S rRNA (büyüğü)'dan daha önce meydana gelmektedir.

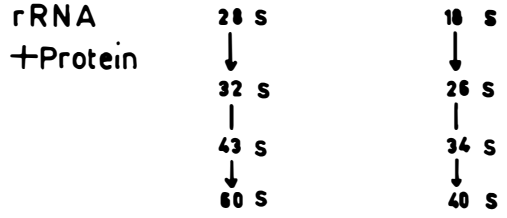
Sitoplazmada tamamlanmış ribozomların meydana gelmesi ise daha uzun bir zaman alır. rRNA için işaretlenmiş ^{14}C-uridin ile HeLa hücrelerinin inkübasyonundan ve yoğunluk gradiyentine göre santrfüje edilmesinden ancak ilk olarak 50 dakika sonra tam ribozomların oluştuğu gösterilmiştir.

HeLa hücrelerinde ribozomların sentezinin zamansal süreci

Zaman (Dakika)	80 S Imp/dak.	60 S Imp/dak.	40 S Imp/dak.
25			1200
50	260	500	2200
100	1100	3300	2640
200	3400	5000	4000

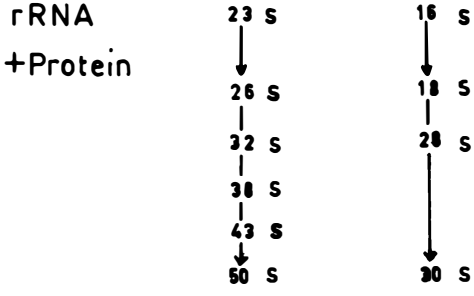


Şekil 11.23:
Memeli hayvanlarda rRNA'nın biyosentezi.



Şekil 11.24:
Memeli hayvanların öncül ribozomlarının biyosentezi.

Bu 50 dakika içinde neler olduğunu kısaca görelim. rRNA'nın biyosentezi, bir seri öncül molekül dizisinden geçer. 45 S'lik ilk oluşan molekülden, farklı uzunluktaki bir



Şekil 11.25:
Bakteriyel ribozomun olgunlaşması.

yolla çıplak 18 S rRNA ve 28 S rRNA meydana gelir (Şekil 11.23). Tam bir ribozom ise daha sonra adım adım proteinlerle birleşmek suretiyle ortaya çıkar (Şekil 11.24).

Bakterilerde ribozomların tamamlanması her zaman proteince fakir bir ön kademeden adım adım geçmek suretiyle olur (Şekil 11.25).

Bu proteince fakir ara kademeler, mikroorganizmaların antibiyotiklerle önlenmesi sırasında ortaya çıkan chloramphenicol partikülleri denen maddelerle benzerdir. Bakteriyel rRNA'nın ön bir molekülü ve hayvansal ribozomun 45 S'lik partiküllerinin işlevlerine analog rRNA biyosentezindeki ara kademeler bilinmemektedir.

Hayvansal rRNA'nın biyosentezinde, 45 S rRNA'dan itibaren birçok değişik özellik görülür. Farklı tRNA'daki gibi normal bazların (A,G,U,C) yanında nadir bazları (pseudouridin, inosin ve özellikle adeninin, guaninin ve diğer bazların metil türevleri) içeren bu 45 S'lik ön maddeden itibaren, biyosentez sırasında, bu nadir bazların miktarı bakımından özgül değişiklikler gösterir (MADEN).

rRNA'nın ön maddesinin baz bileşimi

	45 S	32 S	28 S	18 S
G + C (Mol %)	71	70	67	58
Pseudouridin (her 100 molekül nukleotit için Mol)	8	9	11	15
Her uridin kalıntısı için metil grubu	0,6	0,8	1,1	1,8
Moleküler ağırlık	$4{,}6.10^6$	$2{,}2.10^6$	$1{,}6.10^6$	$0{,}6.10^6$

rRNA'nın olgunlaşması sırasında her adımda zincir biraz küçülür. Böylece G ve C'ce zengin, pseudouridin ve metil gruplarınca fakir diziler elemine edilir (WILLEMS et al).

Bu işlemler sırasında metilgruplarını taşıyan özel metil enzimleri büyük etkiye sahiptir. Özellikle 6 metil adenin, 6 dimetil adenin, 2 metil adenin, 2 metil guanin, 2 dimetil guanin, 1 metil guaninin metillendirilmesinde.

5 S rRNA'nın sentezi için bağımsız bir cistron (operon) varlığı gösterilmiştir. Bu cistronun büyüklüğü (sayıca) farklı rRNA türlerindekinin yaklaşık yarısı kadardır. 5 S rRNA'nın büyük ribozomal alt birim üzerine yığılımı çok geç olur. Bakteriyel 50 S ribozomun öncüsü 43 S partikülü, 5 S rRNA taşımaz.

Ribozomal proteinlerin rRNA'nın sentezini kodlayan cistronlar tarafından saptandığı savunulmaktadır. Bu durumda 45 S rRNA ve bilinmeyen daha önceki moleküller belirli bir zaman içerisinde mRNA işlevine sahiptir. 45 S'in öncü molekülünde bulunan kodonlar hesaplanırsa

$$\frac{46 \times 10^5 \text{ dalton}}{1000 \text{ dalton}} = 4600 \text{ kodon}$$

bunun tam bir ribozomda bulunan proteinlerin yaklaşık % 60'nın kodlanması için yeterli olacağı görülecektir. Buradan rRNA'nın —tümüyle— ribozomal proteini kodlayamayacağı anlaşılır. Bunun ötesinde çekirdekçikte ribozomal protein sentezi için herhangi bir bölge ya da merkeze de rastlanmamıştır (ZIMMERMAN et al). Hem mikroorganizmalarda (SANTER et al) hem de yüksek organizmaların hücrelerinde ribozomların olgunlaşmasına bağımlı olmadan sentez edilen proteinler de (kompertment protein) mevcuttur.

Ribozomların biyosentezinde birçok nokta açıklanmamıştır. Ribozomal proteinlerin açıklanmayan kökenlerinden başka 45 S'lik öncül molekülden parçalanan polinukleotit ve 45 S rRNA'nın parçalanmasına katılan enzimler de bilinmemektedir. rRNA'nın yapısına katılan nadir bazların işlevleri de çözümlenememiştir.

Ribozomların tekrar tekrar kullanılması (turnover) fazla değildir. Yarılanma süreleri, karaciğer ribozomlarında yaklaşık 5 gün ya da her saat için % 0.4'dür (CHAUDHURI et al).

11.7.2.3. *Ribozomların İşlevi*

mRNA üzerinde bulunan bilginin proteine aktarılmasını sağlar (translasyon) Bunun için:

a) mRNA üzerine özgül yığılım, bağlayıcı faktörlerin katılması ve polizom oluşumu sonucu, mRNA'nın 5' uçunun tanınması,

b) Bilginin adım adım okunması,

c) Membran oluşumu ile translasyonunun özelleşmesi sağlanır.

11.7.2.3.1. *Polizom Oluşumu*

İlk olarak bir sorunun açıklarıması gerekir: Acaba ribozomların bir polinukleotit dizisini kabul etmesi için belirli minimal faktörlerin olması gerekir mi? 100 nukleotit dizisinden daha kısa olan polinukleotit dizisi ribozoma bağlandığı halde protein sentezi yapamaz. En azından 150 nukleotit dizisinden sonra biyolojik olarak aktif bir protein sentezi gerçekleştirilir. İnkubasyon ortamında iyon derişiminin yükseltilmesi ile kısa polinukleotit dizilerinin de protein sentezi yapması sağlanır.

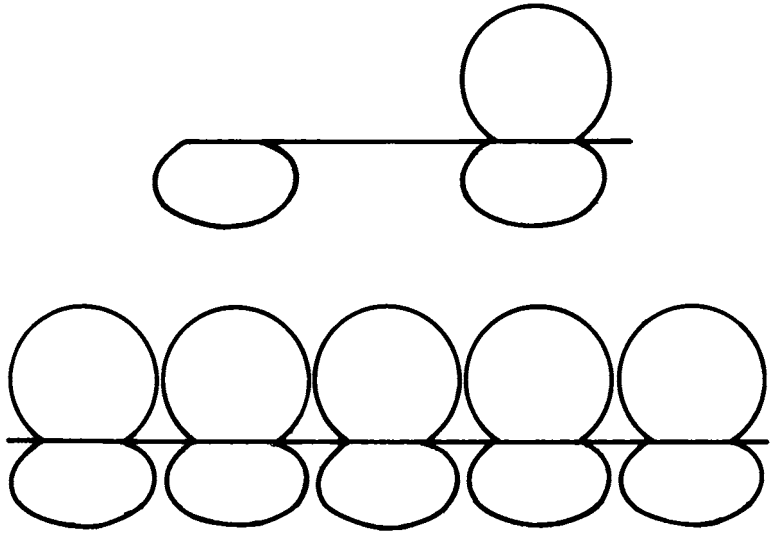
mRNA'nın ribozoma bağlanması bir bağlayıcı faktörün katılması ile olur. Bu faktör hem mRNA'nın ribozoma bağlanmasını, hem başlama noktasına doğru yığışımın olmasını sağlar. Bu faktörler gruba özgü özellikler taşır ve ribozom üzerine ancak homolog mRNA'nın yığışımını katalizler. Heterojen kaynaklardan gelen normal koşullarda fikse olmaz.

a) Keza tek zincirli DNA ribozoma bağlanır. Buna göre ribozdaki 2' hidroksil bağlanmaya katılmaz. Keza dekstransülfat ya da polivinilsülfat gibi polianyonlar ribozoma bağlanır ve doğal polinukleotitlerle ribozom üzerinde mücadeleye (rekabete) girişir; mRNA yerine, örneğin polivinilsülfat polizoma benzer aggregat meydana getirir.

b) mRNA ve ribozom arasındaki bağlanmaya polinukleotidin bazları katılmaz. Bağlanma bir tarafta mRNA'nın fosfat (anyonik) diğer taraftan rRNA'nın A,C ve G üzerindeki amino kökleri arasında olur.

c) Bağlanma ancak Ca, Mg ya da Mn gibi iki değerlikli metal iyonlarının belirli bir derişiminde mümkündür. Derişimi 5 mM civarında olması gereken bu metaller ribozomun arasında, mRNA'nın fikse edilmesine doğrudan doğruya katılmaz.

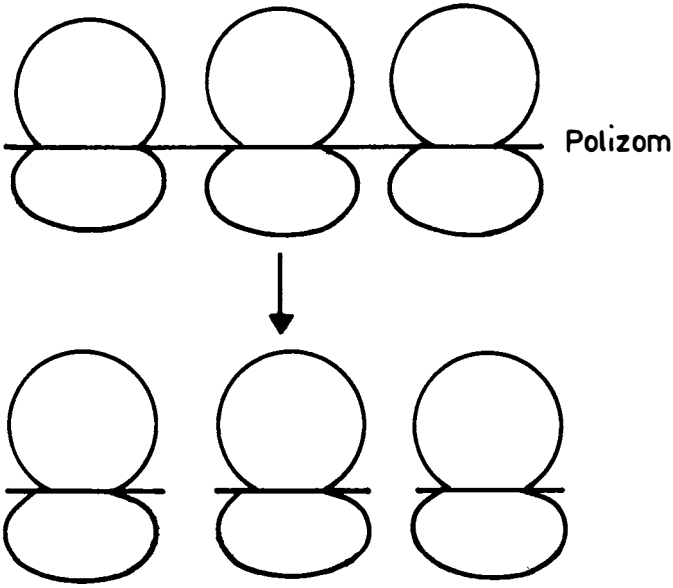
mRNA'nın bağlanması küçük ribozomal alt birim aracılığıyla (30 S veya 40 S'lik alt birimle) olur. Translasyon olayı (ayrıntı protein sentezinde) sırasında, küçük alt birimler, büyük alt birimlerin yığılması ile ribozomları (70 S veya 80 S) meydana getirirler. Öyleki birçok ribozom mRNA üzerinde tespih tanesi gibi dizilir (Şekil 11.26). RICH, 1962 yılında bu dizilmeye "P o l i z o m" adını verdi. Daha önceki çalışmalarda tanımlanan serbest 70 S'li partiküller (tek tek ribozom) kısa mRNA parçası taşıyan yapılardır. 70 S'li serbest ribozomların kökeni ve işlevi bilinmemektedir (Şekil 11.27) (KELLEY et al).



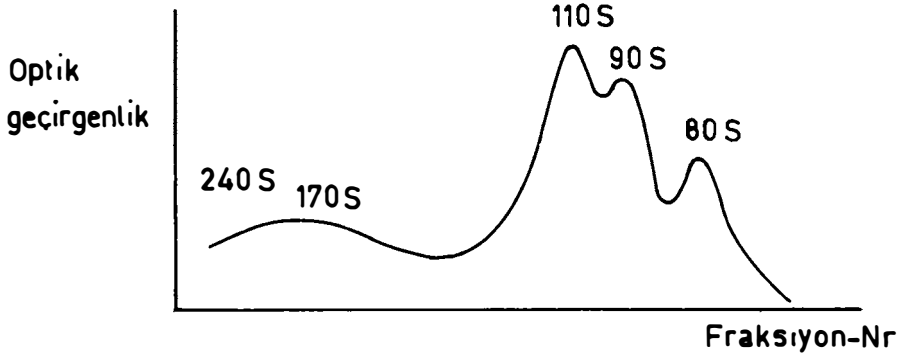
Şekil 11.26: Üstte 1 1/2 polizomun, altta ise beş ribozomdan oluşmuş bir polizomun şematik görünümü.

Polizomların soğuk 0,2 M n-butanol içinde inkübasyonu ribozomların mRNA'-dan ayrılmasına ve serbest partiküllerin izole edilmesine yardımcı olur.

mRNA ne kadar uzunsa, o kadar fazla ribozom taşıyacağı için, farklı büyüklükte polizomlar ortaya çıkacaktır. İki ribozom arasındaki mesafe, yani bir ribozom tarafından okunan mRNA uzunluğu yaklaşık 90 nukleotite ulaşır. Bu ise 30 amino asitlik kuramsal bir peptit zincirine denktir. Yukarıda değinilen koşullarda memeli hayvanlardarı polizomlar izole edilir ve ultrasantrifüjle sakkoroz derişim gradiyentinde fraksiyona tabi tutulursa (Şekil 11.28)'deki dağılım elde edilir.



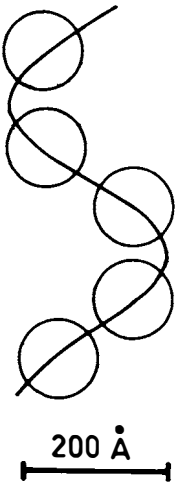
Şekil 11.27: Polizomun nukleotit aktivitesi yok olmadan ayrışımları (üstte). Daha kısa mRNA parçaları taşıyan 70 S'lik partiküller (altta).



Şekil 11.28: Sakkaroz gradiyentinde bir karaciğer preparatının polizom dağılımı. Ribozom içeriğine göre sedimantasyon sabiteleri görülmektedir.

Monomerlerin (80 S), dimerlerin (110 S) ve her ikisinin arasında bulunan 1 1/2 polizom (90 S)'ların yanısıra 170 S (her mRNA için yaklaşık 6 ribozom)'dan 240 S (her mRNA için yaklaşık 16-20 ribozom)'e kadar gruplara rastlanır.

Özellikle büyük polizomlar elektron mikroskobunda üç boyutlu tersiyer (üçüncül), genellikle heliksi bir yapı gösterir (Şekil 11.29) (WISS et al). Küçük alt birimler heliksin merkezine doğrudur (SHELTON et al). Polizomun büyüklüğü, dağılımı, keza üçüncül yapısı gelişim evrelerine bağımlı bir yapı gösterir (LINSKENS et al). Embriyonik dokularda vida şeklinde ve spiral polizomlar bulunur (BERGQUIST et al). Bunların ortaya çıkması ve yapısı gelişim evrelerine özgüllük gösterir. Vida ya da spiral şeklindeki polizomların ortaya çıkması özel bir proteinin hücrede sentezlenmesiyle ilgili olduğu varsayılmaktadır.



Şekil 11.29:
Bir polizomun üçüncül yapısı.

11.7.2.3.2. *Okumanın Yönü* (= *Polarite*)

Yapay olarak elde edilen blok polimerlerle yapılan denemelerde okumanın 5' ⟶ 3' ucuna doğru olduğu, örneğin messenger RNA olarak kullanılan

5' AAAUUU 3'nin

okunması ile sırayla AAA kodundan lisin, UUU kodundan fenilalanin meydana geldiği görülür (KÖSSEL et al). Yani,

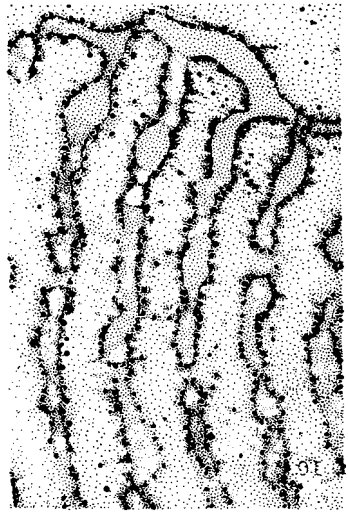
NH_2-ucu- lisilfenilalanin - COOH-ucu

eğer okunma 3' ucundan itibaren olsaydı fenilalaninlisin meydana gelecekti (daha geniş bilgi protein sentezinde).

11.7.2.3.3. *Ribozomlarda Zar Oluşumu*

Yapı bakımından değişiklik gösteren tüm ribozom ve poliribozom çeşitleri protein sentezlenmesinin sağlanması bakımından işlev birliğine, hepsinin zar oluşturması bakımından da yapı birliğine sahiptir.

Yüksek bitkilerin ve hayvanların hücrelerinde sitoplazma bir zar (membran) sistemiyle doldurulmuştur. Bu sisteme endoplazmik retikulum denir. Yapısal olarak düz ve granüllü diye iki tipe ayrılır. Polizomlar boru şeklindeki granüllü endoplazmik retikulumun dış yüzüne oturmuştur (bu nedenle granüllü gözükür); iç tarafına ise intercisternal faz denir, küçük ve büyük moleküller buraya transport edilir (Şekil 11.30). Karaciğer hücrelerinde polizomların % 75'i zara bağlıdır (BLOBEL et al). Mikroorganizmalarda endoplazmik retikuluma benzer bir yapıya rastlanmamıştır. Bununla beraber oransal olarak büyük polizom türleri hücre zarına bağlı olarak bulunur. Örneğin *Bacterium megaterium*'da polizomların % 50'si hücre zarına bağlıdır. Bu zar, bu nedenle "Reticular Matriks" olarak adlandırılır.



Şekil 11.30:
Bir pankreas hücresindeki endoplazmik retikulumun elektron mikroskobunda şematik görünümü. Serbest ve borucukların üzerinde bağlı ribozomlar görülmektedir.

Zar ile bağlanmanın nedeni ve önemi bugüne kadar öğrenilememiştir. Büyük bir olasılıkla zara bağlanmış polizomlar öncelikle hücreden dışarıya ihraç edilen proteinlerin sentezi için kullanılmaktadır (TAKAGI et al). Bu nedenle karaciğer ve antikor yapan lenf hücreleri gibi organlar endoplazmik retikulum bakımından zengindir. Diğer taraftan zara bağlı polizomlar farklı yıkıcı etkilere karşı belirgin bir dayanıklılık gösterirler.

Zar oluşumu için elde edilen birçok bilgiye karşın, nedeni ve oluşumu hakkında tam bir açıklama yapmak olanaksızdır. Tüm bu sistem içerisinde zar oluşumu bir özelleşmeyi gerektiriyorsa, bağlı polizomların biyosentezinin, serbest polizomlardan farklılık göstermesi gerekir. Bununla beraber baz bileşimi ve sentez oranı bağlı ve serbest polizomlarda aynıdır (deKLOET). Aç kalan hayvanlarda RNA miktarı artmakla beraber, serbest polizomların oranı bağlı olanlara göre değişmez (BLOBEL et al). Buna karşın daha önce savunulduğu gibi serbest ya da bağlı ribozomların birbirine değişimi hızlı olmamaktadır (CHAUDHURI et al).

Zar oluşumunu, mRNA ve peptidil köklerinin katkısı olmamakla beraber, büyük alt birim üzerine polizom yığışımları izler (BLOBEL et al). Daha önce değindiğimiz, ribozomların ve polizomların nukleotik duyarlılığının zar etkisiyle azalması, ya rRNA'nın zar aracılığı ile kısmen maskelenmesi ya da tüm partikülün konformasyon değişimiyle meydana geldiği düşünülebilir. Zar oluşumu gerçekten mRNA ve tRNA'nın bağlanma yeri olarak ribozomun üzeri olmasını sağladığı ve dolayısıyla protein sentezini kolaylaştırıp ve hızlandırdığı şeklindeki bir yorumun açık bir kanıtı bulunamamıştır.

11.7.3. ÇÖZÜNÜR RNA (tRNA)

Bir taraftan mRNA üzerindeki nukleotit dizisini, diğer taraftan sentez edilen protein zincirindeki amino asit dizilimini birbirine bağlayan bir ara adaptörün olması

Her Amino Asidi Kodlayan Triplet Sayısı

1	2	3	4	6
Trp	Met_F	İlem	Val.	Lös (Leu)
Met_m	Fen (Phe)	Terminal.	Pro.	Ser.
	Tir (Tyr)		Thr.	Arg.
	His		Ala.	
	GluN (Gln)		Gli (Gly)	
	AspN (Asn)			
	Lis. (Lys)			
	Asp.			
	Glu.			
	Sis. (Cys)			

gerekir. 1958 yılında CRICK bu işlevsel düzenlemeyi "Uyumsal Kuram" ile açıklarken, aynı yıl HOAGLAND ve ZAMECNIK bir enzimin bulunduğu ortamda çözünür RNA'nın amino asitlerle bağlanma yeteneğini buldu.

Çözünür RNA, polizomların (ribozom ve doğal mRNA) ultrasantrifüjde sedimantasyona uğratılmasıyla elde edilir. Bu çözünür RNA karışımında bazı moleküller bazı amino asitlere özelleşme (bağlanma) gösterdikleri için transfer RNA olarak adlandırılırlar ve özelleştikleri amino asidin ismiyle anılırlar. Örneğin glisine özellişmiş çözünür RNA, $tRNA_{-glisin}$ ya da kısaltılmış olarak $tRNA_{-gly}$ olarak yazılır. ZACHAU'ya göre bu değişik özelliklerdeki tRNA'ların karışımı çözünür RNA olarak; fakat tek tek de tRNA olarak adlandırılmalıdır.

Protein biyosentezindeki tRNA'nın işlevi bir taraftan genetik kod içerisindeki tripletleri, diğer taraftan her triplete ait amino asidi tanımalıdır. Daha önce genetik

Her Amino Asit İçin tRNA Sayısı

2	3	4	5	
Met_M	Val	Pro	Ser	
Met_F	Asp N		Trp	
Fen (Phe)	Sis (Cys)		Leu	
Tir (Tyr)	Gli (Gly)			
GluN (Gln)	His			
Lis (Lys)	Thr.			
Asp				
Glu				
Ileu (İle)				
Ala				
Arg				
Toplam: 22	18	4	15	= 59

kodların şemasını vermiştik. Birçok amino asidin aşağıdaki tabloda olduğu gibi yine birçok kodla (değişik kod) saptandığını görmüştük.

Dejenere olanlar:

Met_m : İntern (içteki) methionini kodlar

Met_F : Start (başlama) methionini kodlar

Terminal: Bitme kodu

Bir amino asidi saptayan kodların sayısı kadar ilgili amino asidi bağlayan farklı tRNA'nın olması da tahmin edilmişti. Fakat mikroorganizmalarda amino asitlere özgü tRNA'ların incelenmesinde bu tahminin doğru olmadığı ve bazı sapmaların olduğu görülmüştür. Öyleki amino asitlere özgü tRNA'ların dağılımı aşağıdaki gibidir.

Buna göre 8 amino asit Met_F, Fen, Tir, GluN, Lis, Asp, Glu ve Pro'lin kod sayısı kadar farklı tRNA'ya sahiptir. Beş amino asidin Met_M, Trp, His, AspN ve Sis'inin kod sayısından daha fazla tRNA'sı bulunmuştur. Sekiz amino asit te İleu, Val, Thr, Ala, Gli, Leu, Ser ve Arg'de kod sayısından daha az tRNA'ya sahiptir. Kod sayısından daha çok tRNA'ya sahip olanlar, moleküllerinde aynı antikodon bölgelerine sahip olmaları gerekir.

Buradan bazı kodların değişik tRNA'lar tarafından okunduğu (ama aynı amino aside özelleşmiş) anlaşılır. Aynı antikodona sahip farklı tRNA'ların olması güvenli bir sistemin oluşmasını sağlayan düzenleme mekanizması olarak düşünülebilir. Aynı amino aside özelleşmiş tRNA'ların (farklı) oranı, büyüme ve gelişme evrelerine (hatta beslenme koşullarına) bağlı olarak değişir.

Normal bir karaciğer hücresi yaklaşık $7{,}5 \times 10^7$ molekül çözünür RNA içerir (BLOBEL et al). Bakteri hücrelerinin RNA'sı öncelikle rRNA olmakla beraber % 10 oranında da çözünür RNA taşır; bu ise her hücre için yaklaşık 100.000 molekül demektir. Stasyoner evrede (durgunluk evrelerinde) çözünür RNA'nın tüm RNA'ya oranı % 80'e kadar ulaşabilir.

11.7.3.1. *tRNA'nın Biyosentezi*

Büyüme koşullarına bağlı olarak RNA spektrumunda kaymaların görülmesi, çözünür RNA'nın farklı transkripsiyonlarla ve belirli bir düzenleme mekanizması etkisi altındaki çözünür RNA-cistronlarının (operonlarının) kopyalanması ile meydana geldiği anlaşılır. Çözünür RNA'nın biyosentezindeki sorunlar bugüne kadar çözülememiştir. Biyosentez bir ara kademeden geçerek gerçekleşir.

$$\text{DNA} \longrightarrow \text{Öncü-tRNA} \xrightarrow[\text{Transglikozlaşma}]{\text{Metillendirme}} \text{tRNA}$$

Bu ara kademede metillenme ve transglikozlaşmadan sonra öncül tRNA'nın tamamlanmış nukleotit dizisi içerisindeki uridilasitin pseudouridil asite değişmesiyle tRNA meydana gelir.

Çözünür RNA içerisinde ribozomlardakine benzer ya da metillendirilmiş aynı bazlar ve diğer nadir bazlar bulunur. Bu nadir bazlar:

5- Hidroksimetilsitozin
6- Metilaminopürin
6- Dimetilaminopürin
2- Metil-6-aminopürin
1- Metilguanin
2- Metilguanin
2- Dimetilguanin
Timin (5-metilurasil)
Pseudouridin (5-ribozilurasil)
2'-0-Metilribozid
Hipoksantin
2- Thiourasil
5.6- Dihidrourasil

tRNA'ların metillendirme derecesi yaklaşık ribozomal RNA'dan dört defa daha yüksektir. Çözünür RNA'daki her baz için metillendirme bir olarak kabul edilirse, çözünür RNA (sedimantasyon sabitesi 4 S) içerisindeki metil miktarının rRNA içerisindekilere oranı (16 S ve 23 S'li)

4 S:16 S:23 S = 1:0.25:0.20'dir.

Kural olarak metil köklerinin çoğu 2'-0-metilsitidin şeklinde bulunur. Keza bazlar değil, riboz, ilave metil köklerini taşır. Metil gruplarının çözünür RNA içerisine sokulması, ribozomlarda olduğu gibi, fevkalâde özelleşmiş metilazların katılmasıyla olur (BJÖRK et al). Metillendirilmiş nukleotitlerin miktarı (sayısı) tüm nukleotit miktarının % 10'na kadar ulaşabilir.

11.7.3.2. *tRNA'ların Yapısı*

Çözünür RNA'ların bir ara kablo gibi adaptasyon işlevinden dolayı farklı yapısal özellikler meydana gelmiştir. Bunun için ilk olarak molekül üzerinde amino asitlerin bağlanmasından sorumlu olan bir yerin ve ayrıca mRNA'nın üzerindeki tripletleri okuyacak ve ona uyacak bir "A n t i k o d o n"un bulunması gerekecektir. Örneğin ribozom üzerindeki mRNA'nın GAU kodu (asparagin için) tRNA bağlanması için aktive edilirse, AUC antikodonunu gösteren tRNA'lar bağlanır. Amino asidin tRNA'ya bağlanması ve seçimi doğru yapması enzim aracılığıyla olur. Bu ise tRNA'nın üzerindeki belirli bir bölge ile saptanır. Yüklenmemiş tRNA özelleşmemiştir ve enzim katkısı olmadan ribozoma bağlanır. Bu bağlanma için tRNA'nın üzerindeki diğer bir bölgenin sorumlu olması gereklidir.

Farklı tRNA türleri 76-85 arasında nukleotit içerir. Valin için şimdiye kadar üç farklı tRNA türü gösterilmiştir. Valil-t-RNA 77 nukleotit içerir; bu bazlardan 13'ü nadir bazdır; diğer tRNA'lardan 2-dimetilguanin ve 2'-0-metilnukleozid taşımamasıyla ayrılır. Tüm tRNA türleri hacim olarak yonca yaprağı şeklinde durur. Valil-t-RNA'da normal ve nadir bazlar şekildeki gibi dağılmıştır (Şekil 11.15).

Amino asidi bağlayan ucundan (şekilde altta görülen valinin ucundaki ok) tam karşı yönündeki antikodon kıvrımının ucuna kadar tüm moekülün uzunluğu 80 A° kadardır. Kollar kıvrılabilir (fleksibel) ve büyük bir olasılıkla bir çift kelebek kanadı gibi yanlarda bulunur (CRAMER et al). Amino asidin bağlandığı uçta komplementeri olmayan (tek zincirli) dört baz bulunur. Diğer tRNA türlerinde keza beş komplementeri olmayan baz olabilir. Bu ucun son üç bazı CCA-3'-OH'dır ve tRNA'nın amino asit bağlayan bölgesini oluşturur. tRNA'nın 5' ucundaki son baz guanil asittir (amino asidin bağlandığı uçtaki tek zincirin çift zincir hale geçtiği yerdeki karşı zincirin ilk bazı). Diğer tRNA türlerinde bu baz sitidil asittir.

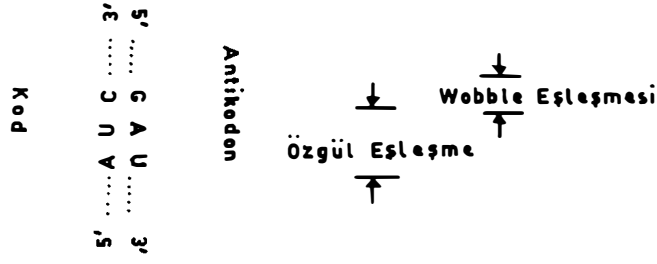
İlk kıvrım (dihidrourasil-kıvrımı) kural olarak 12 nukleotit içerir; valil-t-RNA'da ise bu miktar 13'dür (şekilde solda). Bu kıvrımın karşısında (şekilde sağda) ise kural olarak 9 nukleotitli bir kıvrım bulunur. Tüm tRNA türlerinde bu kıvrım hemen hemen aynı dizilimi gösterir. GTP_SC şimdiye kadar tanımlanan tRNA türlerinde bu kıvrım için ortak bir yapıdır. Bu kısım tRNA'nın büyük ribozomal alt birim üzerine enzimatik olmayan bağlanmasından sorumludur.

Komplementeri olmayan dokuz nukleotitten yapılmış sonuncu kıvrım tRNA'nın antikodonunu taşır. Valin için bu antikodonlar:

Antikodon

Valil-t-RNA_1 IAC
2 PsAC
3 IAC (I)'dır.

Ribozom aracılığıyla aktive edilen kodonlar ve tRNA üzerinde bulunan antikodonlar arasındaki karşılıklı etkileşimin özel bazı kuralları vardır. Eğer mRNA üzerindeki genetik kod ve 5' ucundan 3' ucuna doğru polarite tesbit edilirse (fikse edilirse), ancak o zaman tRNA üzerindeki antikodon çok zincirli nukleik asitler için tipik parelel yapı şeklinde bağlanmayı sağlar (Şekil 11.31).



Şekil 11.31 : Kod ve antikodonun paralel eşleşme düzeneği.

tRNA antikodonunun 3' ucundan itibaren duran her iki baz WATSON-CRICK eşleşmesine göre mRNA kodonları tarafından özellikle seçilir ve antikodonun üçüncü bazı (5' uçta) ise tRNA'nın antikodon bölgesinde var olan farklı hacimsel koşullar nedeniyle WATSON-CRICK-eşleşmesinden farklı bir bazın bağlanmasını sağlar. Üçüncü baz için şu şema geçerlidir: mRNA-kodonlarının üçüncü bazı çok sayıda tercüme

olanağına sahiptir. Öyleki U sadece A tarafından değil, keza G ya da I (inozin) tarafından da tanınır. Bu bağlanma kuralı "W o b b l e - E ş l e ş m e s i" olarak bilinir.

Kodon	Antikodon
A	Ps, U, I
G	Ps, U, C
C	G, I
U	A, G, I

İki Valil-t-RNA türünde bulunan antikodonlar

IAC
PsAC

valin için bulunan dört tripleti (kodonu) tanıyacak durumdadır. Bunlar, GUU, GUC, GUG ve GUA'dır.

Yani üçüncü baz

U ⟶ I
C ⟶ I
A→Ps ve I kabul edilir.
G→Ps

WOBBLE-Eşleşmesinin mekanizması birçok bakımdan biyolojik bir gerekliliktir. Bir taraftan bir tRNA'nın birçok sinonim kodonu tanıyabilmesini sağlar, diğer taraftan tRNA'nın antikodonun 3. bazının değişmesiyle biyolojik özgüllüğünün değişmesinin sınırlı kalmasına neden olur. WOBBLE-Eşleşmesinin kurallarına uygun olarak, gözlemler, çok yaygın şekilde antikodonun 5' pozisyonunda bulunan, metillendirilmiş bazlar gibi nadir bazlar denen I ve Ps'nin bulunduğunu saptamıştır.

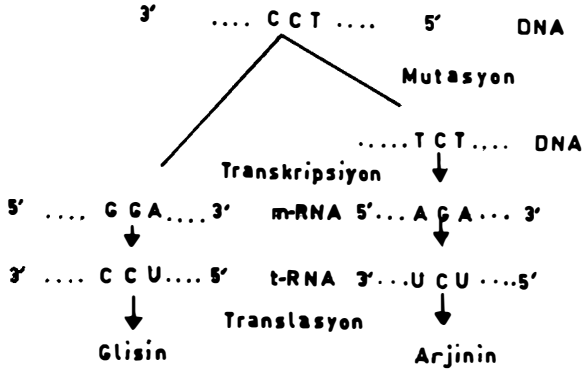
Çözünür RNA, yapısını sağlam tutması için magnezyum gibi iki değerlikli iyonlara gereksinme gösterir. Mg^{++} uzaklaştırıldığında (EDTA'ya zıt olarak, örneğin diyalizle) tRNA inaktif duruma geçer. Mg^{++} verildiğinde aktifliğini yeniden kazanır. Aktiflik değişimi konformasyon değişimi ile paralellik gösterir. Çözünür RNA bu yapı değişimlerinde moleküler hacmini de oldukça değiştirir (LINDAHL et al). Sinonim tRNA türlerinin farklı yapılarından dolayı, moleküler hacimleri de değişiktir, öyleki jel filtrasyonunda bu moleküler hacimlerine göre ayrılabilirler. tRNA'nın nukleotit dizisindeki bozukluklar çok kesin olarak tRNA koformasyonunun değişmesine neden olur. Bu ise biyolojik olarak inaktivasyonuna ya da en azından aktivasyonunda bir değişikliğin ortaya çıkmasına neden olur. Öyleki tRNA'nın bromlandırılması kendi amino asidi için transfer ve kabul etme aktifliğinin değişmesine neden olur. Urasil yerine 5-florurasilin sokulması özellikle antikodon bölgesinin değişmesini sağlar ve artık tRNA ribozomun arasına tesbit edilemez; bu da transfer aktivitesinin azalması demektir.

11.7.3.3. *Suppressör RNA*

Çözünür RNA'nın antikodon bölgesinde, doğal koşullarda, meydana gelecek değişiklikler bir dizi yorumun yapılmasını sağlar.

a) Antikodon bölgesinde meydana gelecek bu şekildeki bir değişiklik yanlış proteinin sentezlenmesini sağlayacağı için çoğunlukla lethal olabilir. Bu sakınca bir amino aside özelleşmiş (birden fazla) sinonim tRNA türlerinin oluşumu ile azaltılmıştır. Bir tRNA'nın antikodon bölgesinde gerçekten bir değişiklik ortaya çıkarsa, o zaman göresel olarak evrensel etki eden kardeş tRNA (özellikle WOBBLE-Eşleşmesi ile), yanlış amino asidi kabul edebileceği gibi, doğru amino asidin yerine yerleştirilmesi (inkorporasyon) görevini de üstlenir.

b) Bir amino asit için özelleşmiş birçok sinonim tRNA türünün bulunuşu, ayrıca, DNA'nın üzerindeki proteinleri saptayan gen bölgesinde meydana gelecek mutasyon ile yanlış protein sentezlemelerinden kaçınmak için bir mekanizma oluşturur. Eğer herhangi bir protein belirli bir yerinde glisini taşırsa, o zaman bu amino asit ilgili yapısal genler üzerindeki, örneğin GGA (bu koddan mRNA transkript edilir) tripleti ile tanınır (determine edilir). Bir nokta mutasyonla burada, dönüşümle GGA kodundan, AGA kodu meydana getirilirse, o zaman protein sentezinde glisin yerine arjinin monte edilir ve böylece yeni amino asitten dolayı biyolojik olarak aktif olmayan bir protein meydana gelebilir. Bu eksikliğe "M u t a s y o n" denir (Şekil 11.32).



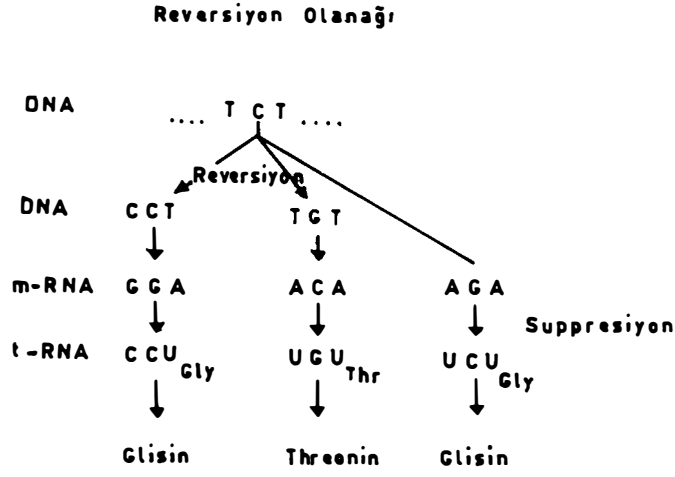
Şekil 11.32 : Gen mutasyonu ile yanlış amino asit bağlanması.

Bu mutasyonlar varsayılan farklı kuramsal reversiyonlarla (geri mutasyonlarla) düzelebilir. En basiti TCT kodonunun CCT'ye geri mutasyonu olması lazımdır (bu ise oldukça nadirdir). AGA kodonunun yeni bir kodona mutasyonla dönüşmesi, biyolojik olarak kısmen daha aktif proteinlerin meydana gelmesini sağlayabilir ki, bu da ikinci bir olanaktır. Böylece isabet eden (yanlış) kodon

AGA ⟶ ACA (thr'i saptar)'ya

dönüşür ve eğer thr protein zincirinde glis gibi benzer bir özelliğe sahipse, mutasyonla meydana gelen inaktivasyon kaldırılmış olur.

Biyolojik olarak ortaya çıkan sık olaylardan biri de diğer bir DNA'nın üzerindeki cistronda meydana gelecek mutasyonla birinci mutasyonun etkisinin giderilmesidir. Yukarıda verilen örnekte glisin kodonuna rastlayan bu mutasyon glisine özgü tRNA' nın başka bir kodonda mutasyona uğratılmasıyla giderilebilir (Şekil 11.33). Eğer glisin için tanınan üç tRNA türünden biri, antikodon bölgesinde bir değişikliğe uğrarsa artık GGA kodunu değil de AGA kodunu tanıyabilsin-o zaman arjinin tanıyan diğer tRNA'lar ile yarışmaya girerek AGA yerinde glisin meydana getirir. Böylece en azından biyolojik olarak intakt (bozulmamış) proteinlerin kısmi sentezi sağlanacaktır, yani bozuk mutasyon, suppressör tRNA tarafından baskı altına alınacaktır. Burada hem kodon, hem antikodon bozulduğu için (değişikliğe uğradığı için) sonuçta hiç mutasyon yokmuş gibi primer (ilk başlangıçtaki) ürün yerinden çıkarılmaya devam eder.



Şekil 11.33 : Bir nokta mutasyonun etkisinin, diğer bir mutasyonla önlenmesi.

Bu şekildeki bir hatalı mutasyonun bastırılmasında ikinci bir mutasyon (baz değişimi) belirli bir tRNA'nın belirli bir bölgesinin değişimini sağlamıştır. Yani sadece antikodon bölgesinde değişiklik olmuş, diğer baz dizilimleri aynı kalmıştır.

Çok önceleri amber ve aşıboyası supressiyonları birçok özel durumda tanınmıştır. Amber (kehribar) ve bununla ilişkili olarak aşıboyası diye adlandırılmaları mutasyona uğrayan bakterilerin renklerinden dolayı yapılmıştır. Eğer orijinal bir kod dizilimi

AUG-UAC-UGG-GGC-GUU ⟶ Met-Tir-Trp-Gli-Val ise ve mutasyonla üçüncü triplet UGA'ye dönüşürse

AUG-UAC-UAG-GGC-GUU ⟶ Met-Tir,

olur; çünkü UAG kodonunun terminal özelliğinden dolayı, met-tir kısa zincirinden başka zincir sentez ettirilemez (UAG terminal kodon olduğu için sentezi bu noktada keser). Bu mutasyon, sadece kısa met-tir zincirinin meydana gelmesine ve biyolojik olarak inaktif proteinlerin oluşmasına neden olduğu için hücreyi ölüme sürükler.

Eğer buna karşın bir tRNA cistronunda antikodonda bir değişiklik yapacak mutasyon meydana gelirse, yeni tRNA türü UAG kodunu tanır ve böylece tam bir polipeptit biyosentezini gerçekleştirir. Dolayısıyla biyolojik olarak aktif bir proteinin meydana gelmesi sağlanmış olur. Yukarıda anlatılan şekilde amino asit diziliminde trp yerine ser, gluN, tir ya da lis girebilir.

Mutasyon	Önce	Sonra	Monte edilen amino asit
Su-I	CGA	CUA	Ser
Su-II	CUG	CUA	GluN (Gln)
Su-III	GUA	CUA	Tir (Tyr)
Su-IV	AUA	GUA	Tir (Tyr)
Su-V	UUA	UUA	Lis (Lys)

Su-I'da buna göre mutasyondan önce normal antikodonlu (CGA) seril-t-RNA, mutasyondan sonra yeni antikodonlu (CUA) serine özgü tRNA üretilmektedir. Bu da UAG terminal kodonunda serinin girmesini sağlar.

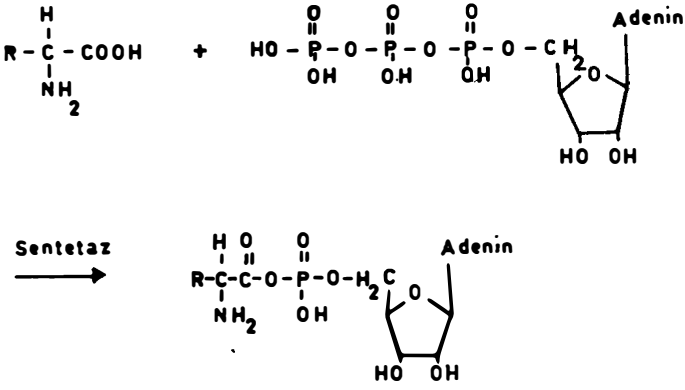
Suppressör mutasyondan sonra oluşan suppressör-t-RNA türlerinin cistronları için, bilinen kalıtım yöntemleriyle genom haritası yapılabilir. Esas tRNA'lar için normal cistronlar aynı yerde olmalıdır. Böylece tRNA'lar için cistronların tüm genom üzerine dağıldığı ve ribozomal cistronlar gibi dar bir bölgeye yığılmadığı açıkça gösterilmiştir. Normal olarak tirosil-t-RNA'nın biyosentezini saptayan bir Su-III-cistronu vardır. Aynı şekilde diğer tRNA türleri için de geçerli Su cistronları vardır. tRNA cistronları bu nedenle genel olarak ilgili (uygun) suppressör-t-RNA'nın tanımına göre belirli bir Su-cistronu şeklinde düzenlenir. Mikroorganizmalarda toplam DNA'nın % 0.02'inden daha az bir kısmı, yaklaşık 60 gen, çözünür RNA'ları kodlar.

Kural olarak ilgili tRNA, suppressör-t-RNA'sına göre mutasyona uğrar. Bu bir amino asidin sinonim tRNA'larının karışımı içerisinde az miktarda bulunur. Dolayısıyla doğru ve esas tRNA'lar (mutasyona uğramamış) ilgili amino asitlerin mRNA üzerindeki koda göre doğru okunmasını sağlar. Aynı zamanda, bu, aynı amino asit için birden fazla tRNA'nın ne için var olduğunu da açıklar. Bunlar gerekli hallerde kullanılmak üzere ve letal olayları önlemek için yedek moleküllerdir. Memeli hayvanların sisteminde şimdiye kadar suppressörlü aktiviteye sahip tRNA türleri gösterilmemiştir.

11.7.3.4. *Amino Asitlerin Aktifleştirilmesi ve tRNA'ya Bağlanması*

Şimdiye kadar RNA türlerinin tanımladığımız farklı işlev ve tepkimelerinin esas amacı, DNA üzerinde dört harfle yazılmış bilginin, 20 harften meydana gelmiş protein zincirlerinin sentezlenmesinde kullanılmasını sağlamaktır.

Amino asitlerin kendi tRNA'ları tarafından tanınması ve adenilik asit noktasında bağlanması özel bir enzim ile stökiyometrik (belirli oranlarla birleşme) teması sonucu olur. Bunun için ilk olarak amino asitlerin aktif duruma geçirilmeleri gerekir.



Şekil 11.34/A : Amino asidin karboksil grubu ile tRNA'nın terminal ribozu arasında oluşan kovalent bağ.

Amino asitler adenil asitle bir asit anhidrid karışımına dönüştürülür. Bağlantı amino asidin karboksil grubu ile tRNA'nın terminal ribozu arasında tek bir kovalent bağla sağlanır (Şekil 11.34). Peptit bağı için gerekli olacak enerji ATP (adenozintirifosfat)'dan pirofosfatın serbest hale geçmesiyle sağlanır.

$$AA + ATP \xrightarrow[\text{Sentetaz}]{\text{Amino açil}} AA\,(\text{Amino açil}) \sim AMP + PP_i \quad \text{(pirofosfat)}$$

$$\text{Amino açil} - AMP + tRNA \rightleftharpoons \text{Amino açil} - tRNA + AMP$$

$$AA + t-RNA + ATP \xrightarrow{Mg^{++}} \text{Amino açil} - tRNA + AMP + 2P_i$$

Böylece amino asit ATP ile (sentetaz aracılığıyla) aktif hale geçirilir. Amino asit çözünür RNA bağının ATP'den elde edilen enerjisi (bir amino-açil bağı), daha düşük enerjili bir peptit bağının yapımında kullanılır. Bununla beraber ATP diğer tri-ya da difosfatlar aracılığıyla yerine konmaz (tamamlanmaz). dATP hatta aktivasyon tepkimesini önler. AA ~ AMP ara madde olup, amino asit için özgül bir tRNA'ya çarpıncaya kadar aktive edici enzimle bağlı kalır. Özgüllüğü ve diğer kinetik özelliklerinden dolayı, özellikle daha sonraki kademede aktifleşmiş amino asitlerin bir tRNA üzerine taşınması için

L- amino asit: tRNA ligaz (AMP)

enzimi kullanılır (EC.6.1.1, enzim numarası). Belirli bir enzim, örneğin, methionin amino asidi için

L- Methionin: tRNA ligaz (AMP)

şeklinde tanımlanır (EC.6.1.1.10). Bu enzim grubu alışılagelmiş şekilde trivial isim altında, aminoaçil-tRNA-sentetaz ya da kısaca sentetaz diye adlandırılır. Her iki tepkimeyi de aynı enzim yaptığına göre, bu sentetaz enzimi hem bir amino asidi hem çözünür RNA'yı özel bir şekilde tanıyabilmekte ve her ikisine de bağlanabilmektedir. Bunun için enzimlerin iki farklı bağlantı yerinin bulunması gerekir. Birincisi amino asi-

din yan grubunu, ikincisi de amino asit için özgül tRNA molekülünü tanımalıdır. Aynı şekilde her tRNA molekülünde iki tanıyıcı bölge bulunmalıdır, biri aktivite edici enzimi, diğeri de nukleotitlerdeki özel grupları tanımalıdır. Amino asidin yan grubunun kalıp moleküle temas etmesi gerekli değildir. Önemli olan doğru enzime bağlanmasıdır.

Amino asitlerin aktivasyonu her zaman özgül değildir. En tanınmışı izolösin-tRNA-sentetazın araştırılmasıdır. Bu enzim sadece izolösini (Ileu) değil, keza valini de valin-AMP'ye çevirir. Tüm sentetazlar zayıf olsa da L-amino asitlerinin aktivasyonunda kompetitiv inhibitör olan D-amino asitleri kabul ederler.

Eğer in vitro olarak (cansız ortamda) saflaştırılmış sentetaz ile aktifleştirilme yapılırsa, inkübasyon ortamında belirli bir Mg/ATP oranının sağlanmasıyla optimal aminoaçil-AMP oluşumu ortaya çıkabilir.

Örneğin;

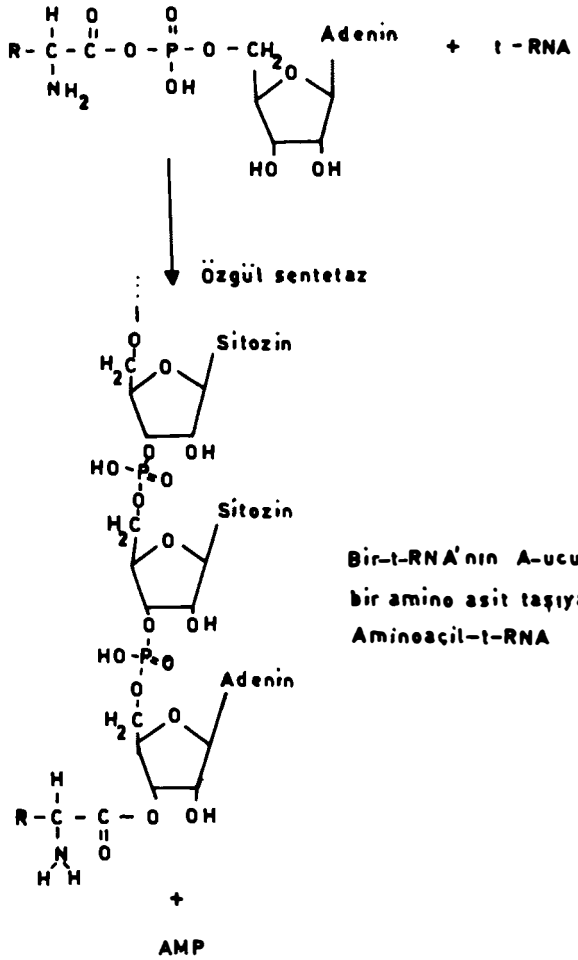
			Mg/ATP
Lösil-tRNA	sentetaz	sıçan karaciğerinden	1
Lösil-tRNA	"	E.coli'den	10
Prolil-tRNA	"	" "	30
İzolösil-tRNA	"	" "	3

Optimal etki için bu farklı koşulların oluşu sentetaz populasyonunun fevkalade heterojenite (çeşitlilik) gösterdiğini kanıtlar.

Sentetaz, tepkimenin son ürünü, aminoaçil-adenilik asiti (= amino asit + AMP), terketmez ve enzimle amino asit birbirine bağlı olarak kalır. Bu nedenle normal koşullar altında bir amino asidin aktifleştirilmesi geriye dönüşü olmayan bir olaydır. Aktifleştirilmiş amino asidin enzim üzerine bağlanması bu komplekse belirli bir termostabilite (ısıya dayanıklılık) verir ve enzim artık tripsinle inaktive edilmez. Keza farklı sentetazlar içerisinde bulunan merkapto grupları aktifleşmiş amino asit bağlanmasından sonra etkilenemez.

Amino asitlerin aktifleşmesi belirli bir özelleşmeyi gerektirmemesine karşın, daha sonra doğru tRNA üzerine bağlanması özgüllük gösterir. Öyleki Ileu-tRNA sentetaz ile keza valin, valil-AMP'ye çevrilerek aktifleştirilir. Fakat bu enzimle valin, Ileu'ine özgü tRNA'ya transfer edilmez. Tüm protein yapımının seçimi ve doğruluğu, enzim aminoaçil-AMP kompleksi aracılığıyla doğru tRNA'ya bağlanmaya dayanır. Aminoaçil-AMP bağının dönüşsüzlüğüne karşın, amino asidin tRNA üzerine taşınması dönüşlü bir olaydır.

Eğer enzim bir aminoaçil-AMP grubu taşımazsa, herhangi bir tRNA'ya bağlanmaz. Sentetaz kendine özgü tRNA'sını tRNA'nın antikodonu ile tanımaz (SUNDHARADAS et al), ancak bu tanıma tRNA'nın CCA ucunu hemen izleyen molekül kolunun yapısıyla olur (IMURA et al).



Şekil 11.34/B: Bir tRNA'nın amino asidiyle yüklenmesi.

Amino asit bağlanmasındaki seleksiyon ilk olarak doğru tRNA'nın üzerine yığılma ile olmakla beraber, yığılımdan sonra tRNA tarafından değiştirilen enzim konformasyon değişimine de bağlıdır. tRNA, enzim yapısını o şekilde değiştirir ki, bir yanlış bağlanmış amino asit, enzim tarafından yerinden koparılabilir ve doğrusu yine enzim tarafından tRNA'ya bağlanır (OTHA et al).

Protein sentezinin seçiciliği (seleksiyonu) bu kademeye bağlanmakla beraber, denemeler bu aşamada tRNA'ya bağlanmış amino asitlerin sonradan kimyasal olarak değiştirilebileceğini göstermiştir. Öyleki sisteinil-tRNA'dan bir tane alanil-tRNA elde edilebilmiştir. Bu yolla sentezlenmekte olan peptit zincirinde sistin yerine alanin sokulmuştur. Amino asit ile tRNA'nın karşılıklı etkileşimi ancak CCA ucundaki 3'-OH grubunda olur (Şekil 11.34B).

$$AA \sim AMP + \text{Çözünür RNA} \xrightarrow[\text{Sentetaz}]{\text{Amino açil}} AA \sim tRNA + AMP.$$

CCA grubu kaybolan tRNA'lar artık amino asit kabul edemezler. Bu grup özgül bir enzimle, "Pirofosforilaz", bağlanır.

$$\text{tRNA} + \text{PP} \xrightarrow{\text{Pirofosforilaz}} \text{tRNA-parçası (fragmenti)} + 2\text{CTP} + \text{ATP}$$

Burada ilginç olanı CTP ve ATP trifosfatlarının tRNA parçası (fragmenti) içine, dizilime sadık kalarak sokulmasının enzim aracılığıyla olmasıdır. Pirofosforilaz tarafından katalizlenen tepkimeler daha önceleri tRNA'nın aktivitesi ve bununla ilgili olarak protein sentezinin düzenlenmesinde (regülasyonunda) bir kontrol mekanizması olarak varsayılmıştı.

Her amino asit için en azından bir sentetaz (aktivasyon enzimi) olması gereklidir; aksi takdirde amino asitlerin özgül tRNA'lara doğru bağlanması olanaksız olacaktır. Eğer toplam 64 genetik kodon olduğunu ve WOBBLE varsayımından bildiğimiz kadarıyla tRNA'ların birçok türevinin olduğunu gözönüne alırsak, farklı sentetazların sayısının daha fazla olması düşünülebilir. Fakat her amino asidin saptanan tRNA sayısı kadar sentetaz enzim çeşidinin olmasına gerek yoktur.

Farklı sinonim tRNA türleri için farklı sentetazlar mevcuttur. Buna karşın, diğer taraftan lösinde olduğu gibi bir sentetaz tüm lösil-tRNA türlerini, diğer biri ancak belirli bir lösil-tRNA'yı yükler (BARNETT et al). Çözünür RNA'ların kalıplara bağlandığı bölgesinin birbirinden farklı olduğu; fakat enzime bağlandığı yerin nukleotit dizisinin aynı amino asidi bağlayan tRNA'larda aynı olduğu ve bu nedenle sentetaz sayısının tRNA sayısından daha az olduğu tahmin edilmektedir.

Sentetazlar kural olarak ancak homolog tRNA'ları kabul eder. Örneğin sıçan karaciğerinden elde edilen sentetazlar *E. coli* tRNA'sını açillemez. Heterojen sistemlerden elde edilen sentetazların farklı biyolojik aktivitesi o denli gelişmiştir ki, *Neurospora crassa*'dan elde edilen fenilalanin sentetazın, *E. coli* tRNA'ları ile inkübasyonunda, sadece fenilalanin-tRNA'sı açillenmez, keza alanine özelleşmiş fenilalanin de yüklenir. Mitokondrilerden ve aynı hücrenin sitoplazmasından elde edilen sentetazlar her zaman farklı sistemler gibi (heterolog sistem) davranırlar (BUCK et al). Bu da kitabımızın başında, kloroplast ve diğer bazı organellerin, dışarıdan hücreye girerek simbiyoz yaşama uyum yapmalarının tipik bir kanıtı olarak verilebilir.

Sentetazların çoğunun moleküler ağırlığı 100.000 dalton civarındadır.

	Moleküler ağırlık
Tirozin-sentetaz *(E. coli)*	95.000
Tirozin-sentetaz *(B. subtilis)*	88.000
İzolösin-sentetaz *(E. coli)*	112.000

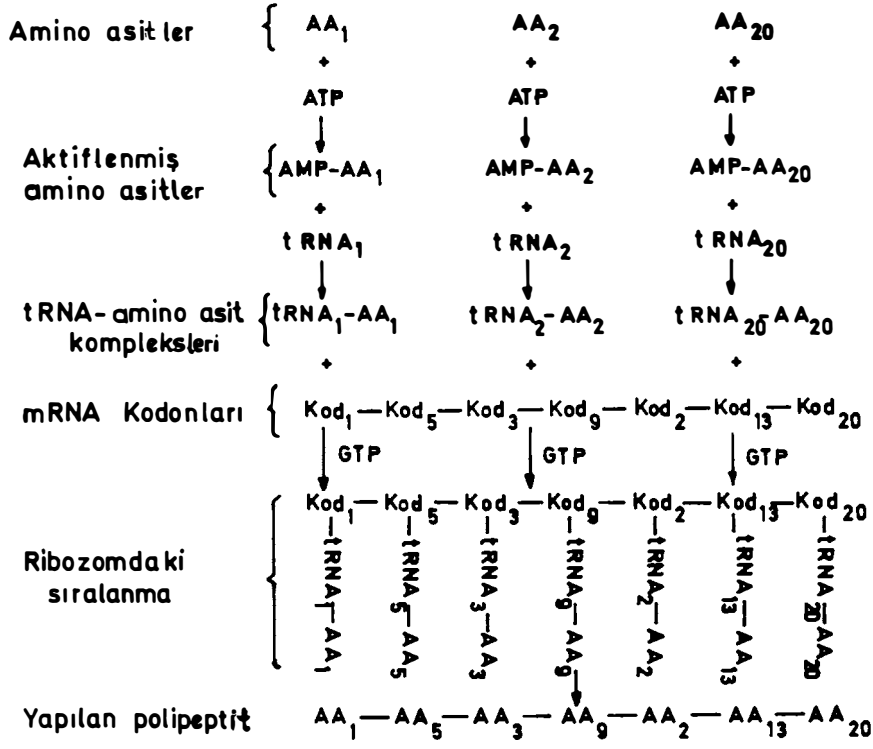
Fenilalanin sentetaz için moleküler ağırlık 180.000, methionil-tRNA için 190.000 dalton bulunmuştur.

Fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından aynı ya da benzer özellikleri gösteren sentetazlar bile, elektroforezdeki hareketleri bakımından, çok farklı proteinleri içerdikleri görülmüştür. Sentetazlar normal koşullarda öncelikle tRNA'lar ile doygundur ve *E. coli*'de en azından % 70 tRNA amino açillenmiş olarak bulunur.

11.8. BİR POLİPEPTİT (PROTEİN) ZİNCİRİNİN SENTEZLENMESİ

11.8.1. GENEL TANIM

Bir peptit sentezinde ilk adım amino asidin sitoplazma içerisindeki bir enzim sistemiyle uyarılmasıdır. Her amino asidi uyaran özel bir enzim bulunur. Enzim ilk olarak amino asit (AA) ve ATP'yi katalizleyerek amino asit-adenilik asit bileşimine (AA-AMP) döndürür; ortaya ayrıca pirofosfat çıkar (Şekil 11.35). Aynı enzim amino asidin kendine özgü tRNA'ya bağlanmasını sağlar ve sonuçta tRNA-amino asitle, serbest adenilik asit ortaya çıkar. Amino asit tRNA'nın sitidilik ve adenilik asit içeren ucuna bağlanır (CCA'nın ucuna); daha doğrusu son adenilik asidin ribozuna bağlanır. Bu son uçtaki üç nukleotit kaldırılırsa tRNA hiçbir iş göremez. CRICK, kuramsal olarak çekirdek asidi moleküllerinden bazılarının protein sentezinde bir adaptör gibi görev aldıklarını ortaya attı. Çünkü polinukleotitler ile polipeptitler arasında doğrudan doğruya bir temas olmadığından, amino asitlerin bir doğru üzerinde uygun yerlere dizilmesi küçük moleküllü RNA adaptörleri ile olacaktır. Bu adaptörler amino asitleri çekirdek asitlerinin kalıplarındaki özel yerlere, onların komplementlerine uygun olarak yan yana getirip kalıba göre dizecektir. Bu varsayım, yapılan denemelerden elde edilen sonuçlara göre hâlâ geçerliliğini korumaktadır.



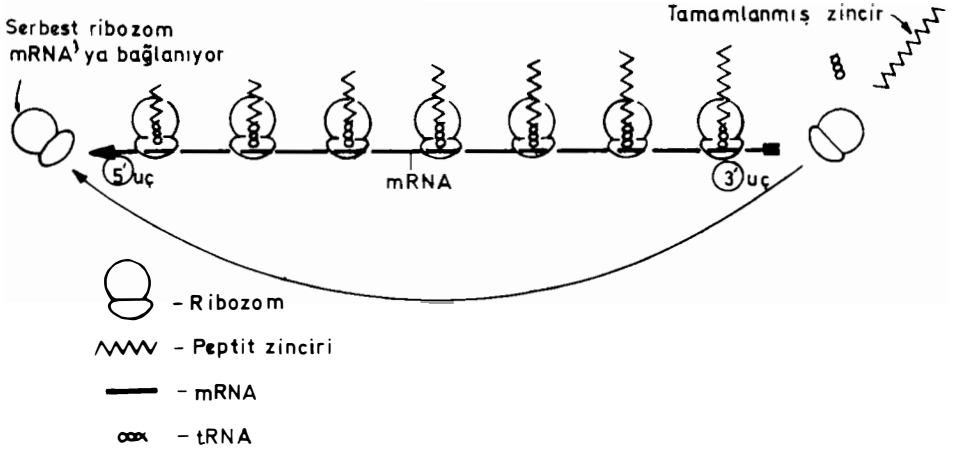
Şekil 11.35 : Protein sentezindeki çeşitli kimyasal basamaklar (Bilge'den).

Örneğin, CHAPEVELLE bir sistein ile onun spesifik tRNA'sını (sistein $tRNA^{sis}$) yaptı ve birbirine bağladı. Daha sonra sisteini alanine çevirdi; fakat çevirmesine karşın hala aynı transfer RNA'ya bağlı kalmıştı, yani alanin-$tRNA^{sis}$ idi. Bu molekül ikilisi, protein sentez sistemine eklendiğinde peptit zincirinde sistein bulunması gereken bütün yerlerde alanin görülmeye başlanır. Bu deneme bize protein zincirindeki amino asitlerin yerini dikte ettiren sistemin spesifik tRNA olduğunu; fakat buna bağlı amino asidin hiçbir rol oynamadığını gösterir. Kendi özel tRNA'sına bağlı amino asit ribozoma transfer edilir. Ribozomların görevi amino asit-tRNA'nın, mRNA'nın ve büyüyen polipeptit zincirinin yönünü, yönelimini belirli özellikler içinde sağlamaktır. Ancak bu şekilde kalıp üzerindeki genetik kod doğrulukla okunabilir. Çabuk büyüyen *E. coli*'lerde bir hücrede 15.000 kadar ribozom bulunur ki, bunların ortalama moleküler ağırlığı 3.000.000'dur. Bu ribozomlar aşağı yukarı toplam hücre ağırlığının 1/3'ini meydana getirir. Bir ribozomda bir defada yalnız tek bir polipeptit zinciri oluşur. Protein sentezi için gerekli kalıp mRNA'dır ve iki kollu DNA'nın yalnız tek bir kolundan meydana gelir. Bu mRNA,çekirdeği terkederek sitoplazmaya geçer ve orada ribozomlarla birleşir (Şekil 3.3). Farklı hücrelerdeki ribozomların kütleleri, RNA'nın proteine göre oranı, RNA'nın oluşumu ve bileşimi bakımından farklıdır; fakat genel yapılışı bakımından benzerlik gösterir. Bakteriyal ribozomlar 2.600.000 molekül ağırlığına sahiptirler ve iki parçanın birleşmesiyle meydana gelmişlerdir. Büyük olanının moleküler ağırlığı 1.800.000, küçük olanının 900.000'dir (Şekil 11.18).

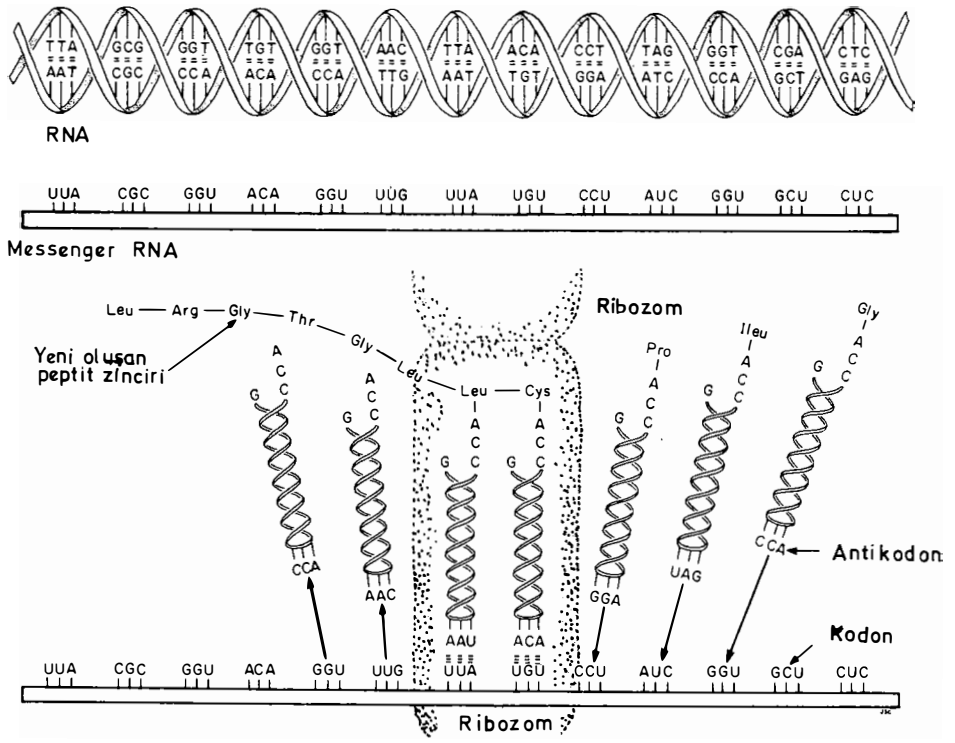
Ribozomları biz düşük derişimli mağnezyum iyon çözeltisi içerisine koyarsak iki parçaya ayrıldığını görürüz. Elektron mikroskobunda yapılan gözlemlerde bu parçaların yapıları açıkça görülmüştür. Küçük yarı küremsi parça, yarı küre şeklindeki diğer büyük parçanın düz alt yüzeyine yapışmıştır (Şekil 11.18 ve 19). Yüksek organizmaların ribozomları bakterilerin ribozomlarına göre daha büyük olma eğilimindedirler ve iki bazen de dört parçadan meydana gelmişlerdir. Her ribozom RNA'ya bağlı birkaç çeşit protein içerir. Ribozomlarda GTP (guanidin trifosfat) az aktivitesi vardır. Bu enzimin, amino asidin tRNA'dan koparılarak peptit zinciri içerisine yerleştirilmesinde büyük rol oynadığı gerçektir; fakat mekanizması tam anlamıyla belirsizdir. Ribozomlara benzeyen, protein yapan partiküllerin, çekirdekte, kloroplastlarda ve mitokondrilerde bulunduğu saptanmıştır.

Ribozoma 5' ucuyla değen mRNA, protein sentezi sırasında, sentezin meydana geldiği tarafa doğru hareket eder (Şekil 11.36). Bu hareket sırasında mRNA'nın kodonları öbür ucunda kendine özgü amino asitleri taşıyan tRNA'nın anti kodonları ile temasa geçince, öbür uçtaki amino asitler serbest hale geçerler. Doğal olarak tRNA'ların ve dolayısıyla öbür taraftaki amino asitlerin diziliş sırası mRNA'daki şifreye göre olur (Şekil 11.37). Amino asitlerin büyüyen peptit zincirine transferi, enerjiye, dolayısıyla guanozin trifosfata (GTP), bir ya da iki enzime ve glutathiona gereksinim gösterir.

Protein sentezi, özellikle tavşanların sadece bir protein yapan, yani hemoglobin sentezleyen, retikulosit hücrelerinde oldukça ayrıntılı olarak çalışılmıştır. ALEXANDER RICH ve çalışma arkadaşları ribozomların beşli veya daha fazla sayıda birbirine



Şekil 11.36: Bir polipeptit zincirinin sentezlenmesi. Her ribozom, mRNA boyunca kayarak genetik şifreyi okumaktadır. Amino asitler mRNA ile tRNA'nın antikodonundaki özgül baz çiftleriyle okunarak dikte edilmektedir.



Şekil 11.37: Ribozomlardaki protein sentezinin şematik açıklanması. DNA'nın triplet kodu, mRNA'nın komplementer triplet kodu ve tRNA'nın triplet komplementer kodu (antikodon) arasındaki ilişki gösterilmiştir. tRNA'lar serbest duran amino asitleri, kodonlarının özelliğine göre tutarak onları ribozom içerisinde mRNA'da bulunan komplementer tripletinin karşısına getirirler. mRNA'daki triplet ile tRNA'daki antikodonun tripleti birbirine komplementer oldukları zaman, tRNA'nın ucundaki amino asit serbest hale geçer ve polipeptit zincirine bağlanır. İşi biten ribozom mRNA'dan ayrılırken polipeptit zinciri de ribozoma bağlı olarak kalır.

yakın ya da salkım şeklinde olduklarında, protein sentezinin çok daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Ribozomların salkım durumuna "P o l i r i b o z o m" denir ve hepsi mRNA'nın üzerine tutunmuşlardır. Elektron mikroskoplarıyla yapılan araştırmalarda tek tek ribozomların poliribozomların bir ucuna bağlandığını ve yavaş yavaş mRNA boyunca hareket ettiğini ve bu hareket sırasında eklenen uygun amino asitlerle polipeptit zincirinin büyüdüğü görülür. Böylece ribozomların mRNA boyunca mesajı okuyarak gittiği görülür. mRNA'nın tüm şeridi okunduktan sonra, ribozom,mRNA zincirinin ucundan ayrılır ve yeni bir mRNA'ya doğru hareket eder. Bir genden ortalama bir dakikada 1 mRNA çıkar ve sitoplazmada ortalama 240 dakika yaşar. Bu demektir ki, hücrede 240 sayısı sabittir. Bir mRNA'dan yapılan enzim sayısı ise daha azdır. Çünkü protein sentezi daha yavaş yürür (her beş dakikada bir tane). Dolayısıyla enzimlerin ortalama ömrü uzamıştır (20 saat). Buna göre 1 mRNA'dan $20 \times 60/5 = 1200/5 = 240$ enzim meydana gelir. Hücrede 240 mRNA bulunduğundan enzim sayısı $240 \times 240 = 57.600$ enzimdir. Dolayısıyla DNA şifresi mRNA ile sadece kopya edilmez aynı zamanda onun aracılığıyla da çoğaltılmış olur. Aynı anda bir mRNA iki ribozoma kalıplık yapabilir; öyle ki molekülün bir ucu protein sentezini bitirirken öbür ucu diğer bir ribozoma bağlanmış ve protein sentezini başlatmış olabilir. Büyüyen peptit zinciri her zaman orijinal ribozomuna bağlı olarak kalır, diğer bir ribozoma transferi sözkonusu değildir. Replikasyonun, gen transkripsiyonunun ve protein sentezinin bütün işleyişi pürin ve pirimidin baz çiftleri arasındaki zayıf hidrojen bağlarına göredir. Bu bağların özgüllüğü, işleyişin doğru yürümesini sağlar ve herhangi bir yanlışlığın olma olasılığı % 0,1'den çok daha azdır.

mRNA'daki şifreye göre binlerce amino asidin birleşmesinden polipeptit zincirleri meydana gelmektedir. Ne bir fazla ne bir eksik amino asit eklenebilir. Aksi takdirde canlının alışık olmadığı proteinler oluşacak ve bu da antikor oluşumuna neden olacaktır (allerjik tepkimeler meydana getirecektir). Bunun için bir 'K o n t r o l M e k a n i z m a s ı V a r d ı r'. Eğer protein sentezinde bir amino asit (!) bulunmazsa ya da yanlış düzenlenirse sentez çok defa devam etmez ve genellikle protein temel elemanlarına kadar parçalanır. Bu yıkılım enzimler tarafından yapılır. Bir proteinin sentezinin tamamlanabilmesi için ribozomun son kontrolünü yapıp sağlam raporu vermesi gerekir. Hatta mRNA bozuk olduğunda mRNA'nın kendisi ve bir gen tarafından devamlı bozuk mRNA çıkarılıyorsa çok defa o genden gelen bütün mRNA'lar sitoplazmada toplanıp yok edilir ya da herhangi bir şekilde çıkması engellenir. Aynı zamanda her peptit bağının kuruluşu bir ATP, yani 8.000 kaloriye gereksinme gösterir. Bu yanlış sentezleme büyük ısı kaybına neden olacağı gibi, parçalanmalarından meydana gelen fazla enerji hücreyi öldürebilir. Dolayısıyla protein sentezi yukarıda anlatıldığı gibi kusursuz denebilecek derecede büyük bir özen ve düzenle yürütülür.

11.8.2. PROTEİN SENTEZİNİN AYRINTILI İNCELENMESİ

DNA'dan mRNA ile kopya edilen kalıtsal bilgi protein sentez düzeneği ile amino asit dizilimine çevrilir. Bu çevrilmeye "T r a n s l a s y o n" denir.

Protein sentezi, çekirdekli hücrelerde özellikle çekirdeğin dışında, sitoplazmada meydana gelir. Bununla beraber keza belirli koşullar altıda çekirdekte de protein sentezi yapıldığı gösterilmiştir (ZIMMERMAN et al). Sitoplazmik protein sentezi endoplazmik retikuluma bağlı ya da serbest polizomlar üzerinde gerçekleştirilir. Bunun dışında mitokondriler ve kloroplastlar kendi özel ve bağımsız protein sentez aygıtlarına sahiptirler. Bu protein sentezi sitoplazmanın protein sentez aktivitesini yükseltebilir. Mitokondrilerin protein sentezi özellikle kanserli dokularda belirli olarak değişmiştir.

Protein sentezi için gerekli olan mRNA ancak ribozomlarla temasa geçtiği zaman, üzerindeki bilginin okunmasına izin verir (aktive olur). Bu kontak yeteneğine ancak ikincil yapı (sarmal yapı) göstermeyen (iplik şeklinde olan) ribonukleik asitler sahiptir. Keza bir kısmı çift zincirli yapı gösteren nukleik asitler de messenger özelliği göstermezler. Kontak işleminin yapılmasında ribozom aktif bir partnerdir ve bilgi seçme yeteneği vardır. Öyle ki ribozomlar ile homolog mRNA'lar arasında bir özelleşme vardır (HERRLICH et al). Bitkisel virüslerden elde edilen RNA'lar, *E. coli* ribozomları tarafından, normal koşullar altında, messenger olarak kabul edilmezler. Çünkü her ikisi homolog değildir (aynı kökenden gelmemişlerdir).

Ribozomlar 1 M NH_4Cl'i bir ortamda yıkanırlarsa bu özgüllüklerini yitirirler. Bu yıkanma sırasında f_1, f_2 ve f_3 faktörleri diye adlandırılan proteinleri ortama verirler. f_3 faktörü homolog mRNA'nın (aynı kökten gelmiş gruplardaki mRNA) tanınması için özgülleşmiştir ve "Bağlayıcı Faktör" olarak adlandırılır. Bu faktör, mRNA'nın, sedimantasyon sabitesi 30 S olan serbest ribozomal alt birimine bağlanmasını katalizler (REVEL et al).

$$30\,S + mRNA \xrightarrow{f_3} 30\,S/mRNA$$

Heterolog messenger olarak adlandırılan, poliadenilik asit ve poliuridilik asit gibi monoton polinukleotit dizilerinden meydana gelmiş yapay mRNA'lar ancak tuz derişimi yüksek olduğu ortamlarda ribozomlar tarafından kabul edilirler. Bu durumda bağlayıcı faktörün bulunmasına artık gerek duyulmaz.

11.8.2.1. *Protein Sentezinin Başlaması*

Bağlayıcı faktör f_3'ün aracılığıyla mRNA translasyona (çevirime) hazırdır. Eğer anlamlı bir protein oluşacaksa, emre hazır bilginin tümüyle tercüme edilmesi zorunludur. mRNA'nın bir kısmının, örneğin ortasının tercüme edilmesi, ancak bir protein parçasının meydana gelmesine; fakat kural olarak başındaki ve sonundaki eksik amino asit diziliminden dolayı inaktif olmasına neden olur.

En basitinden sentezin başlama noktasını saptayan bir yerin mRNA'nın bir ucunda bulunması ve ribozomların bu noktadan itibaren mRNA'ları tanıması gereklidir. Bu durumda 5' ucundan 3' ucuna doğru translasyonun yapılmasını zorunlu kılacak bir düzenek olmalıdır. Doğada serbest 5' ucun hiçbir zaman translasyonun başlama noktası olarak herhangi bir rolünün olmadığı saptanmıştır (BRETSCHER).

Başlama noktasının saptanması için yapılan araştırmalar göstermiştir ki doğal proteinlerin N-terminalinde bilinen amino asitlerin bulunma oranı aynı değildir. Özellikle belirli amino asit çeşitleri öncelikle, bu uçta (N-terminalinde) bulunur. Bu uçta en fazla methionin ve bulunma oranının sıklığına göre sırasıyla ala, ser, thr, asp ve glu'nın bulunur.

BRETSCHER, bu gözlemden, belirli bir amino asidin ya da daha az belirli olan bazı amino asitlerin, protein sentezinin başlama noktasını işaretlediğini varsaymıştır. Bu araştırıcı, bakterilerde, methioninin başlangıç amino asidi olarak işlev gördüğünü bulmuştur.

Translasyonun başlaması bir takım ara kademelerden geçerek gerçekleşir. Methionin ilk olarak özgül sentetazların yardımıyla iki farklı tRNA türünün üzerine taşınır (MARCKER et al).

$$\text{Methionin} \begin{cases} \text{F-Sentetaz} \longrightarrow \text{Meth-t-RNA}_f & \%70 \\ \text{M-Sentetaz} \longrightarrow \text{Meth-t-RNA}_m & \%30 \end{cases}$$

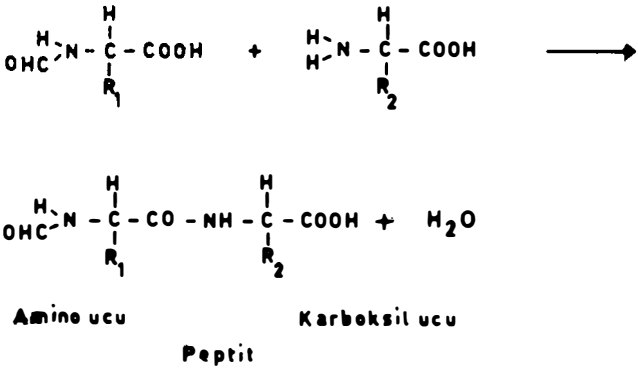
Böylece methionin öncelikle başlama noktasının saptanması için $tRNA_f$ (f = front = ön) ile bağlanır. Methioninin yaklaşık % 30'u sentez edilecek protein zincirinin ortasında bulunacak (uçtakiler değil) methioninden sorumlu olan $tRNA_m$ (m = middle = orta)'ya taşınır. Ancak $tRNA_f$ üzerinde bulunan amino asit daha sonraki kademede 10-formiltetrahidrofol asit-transformilazla formillendirilir. Bu formilaz daha önce değindiğimiz f_1 --f_3 faktörleri gibi ribozomlara bağlanmış bir proteindir. Formil-methionil-$tRNA_f$'nin yapısı aşağıdaki gibidir.

$$\text{t-RNA}_f\text{-CCA-3'-O-CO-}\underset{\displaystyle \underset{\displaystyle CH_2\text{-}CH_2\text{-}S\text{-}CH_3}{|}}{CH}\text{-NH-CHO}$$

Burada methioninin amino asit kökü üzerindeki formil grubu CHO ve methioninin karboksil grubu ile tRNA'nın son nukleotit adenil asidinin (A) ribozunun 3'-hidroksil grubunun arasındaki ester bağı görülmektedir.

Formillendirilmiş methionil-$tRNA_f$, buna göre formil kökü ile protein sentezini amino ucundan karboksil ucuna yönelten bir gruba sahiptir. Daha sonraki amino asit ancak tRNA'ya bağlı zengin enerji ester bağının çözülmesi ile amino ucundan karboksil ucuna peptit bağını yapma şansına sahiptir. Başlangıçtaki bloke edilen amino grubunun üzerinde peptit bağı yapma olanağına sahip değildir. Bu nedenle okuma ancak bir yönde yürütülmektedir (Şekil 11.38).

Başlangıç amino asidi, oluşan protein için genellikle herhangi bir öneme sahip değildir. Aksi takdirde, proteinlerin büyük bir kısmının ya da hepsinin N-terminal pozisyonunda (ucunda) methionin amino asidi bulunacaktı. Bu amino asit çoğunluk özel bir enzimle (ADAMS) deforme edilir (bozulur) ya da tamamen parçalanır. İn vitro (hücresiz ortamda) formillendirilmemiş met-t-RNA_f, AUG (orta) kodonu tarafından



Şekil 11.38: Peptit bağı oluşumu.

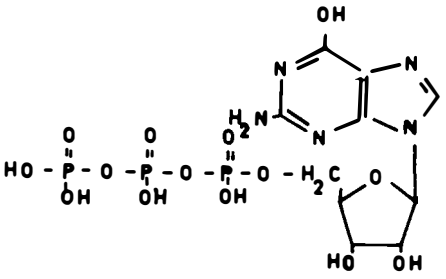
kabul edilmez. Bu nedenle $tRNA_f$'nin başlama işlevi için özelliği sadece taşıdığı formil grubundan gelmemekte, ayrıca kendine özgü bir yapıya sahip olmasındandır. Büyük bir olasılıkla formil-met-$tRNA_f$'nin bağ sağlamlığı ribozom üzerindeki formil grupları aracılığıyla kuvvetlendirilmektedir (GRUNBERG-MANAGO et al). Aynısı, başlama amino asidi olduğu tahmin edilen N-asetil-fenil-tRNA ve N-asetil-valil-tRNA için de geçerlidir (LAYCOCK et al).

Formillendirilmiş methionil-$tRNA_f$'nin monte edilmesi, mRNA üzerindeki AUG ve GUG kodonları ile olur. Formillendirilmemiş met-$tRNA_m$ yalnız AUG tarafından tanınır. Yapay AUG (A) 18 messengerini ve NH_4Cl ile yıkanmış ribozomları yanyana kullandığımızda bağlayıcı f_3 faktörünün eklenmesine (ortamda bulunmasına) bağımlı olmadan ribozom-mRNA kompleksi üzerinde, formil-methionil-$tRNA_f$ bağlanması (tutunması) olmaz. İyon değiştiricisi olarak DEAE selüloz üzerinden NH_4Cl tRNA'sının bağlanması (tutunması) için en azından iki tane (f_1 ve f_2) faktörünün olduğu görüldü (OCHOA). Bu faktörlere başlama ya da initiation faktörler ismi verildi.

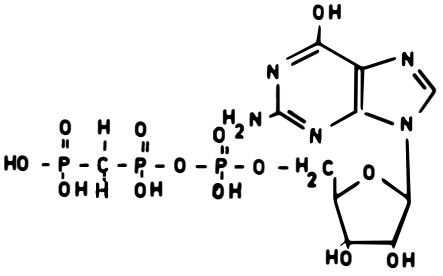
Bağlanma (tutunma) ancak her iki faktörün, AUG (ya da GUG) başlama tripletlerinin, GTP'nin ve Mg^{++}'nin bulunduğu ortamda en fazladır. Başlama faktörlerinin aktive edilmesi için yalnızca GTP (nukleozittrifosfat)'nin bulunması yeterlidir. GTP'den fosfor asidi ayrılmaz. Çünkü GTP, 5-guanilildifosfonat ile yenilenebilir. Doğal olmayan GTP'nin bu analoğunda, uçta bulunan iki fosfat grubu, parçalanmayan fosfon asit grupları tarafından tamamlanır (yenilenir = ikmal edilir) (Şekil 11.39). Yapay polinukleotitlerle ve özellikle başlama kodu eksik olanlarla, normal koşullarda protein sentezi gözlenmemiştir. Bununla beraber Mg^{++} derişiminin inkübasyon ortamında yaklaşık 20 mM'a yükselmesiyle f-faktörlerine gerek duyulmadan protein sentezi başlatılabilir (REVEL et al).

Başlama faktörlerinin katalizlemesi ile başlama ya da initiation kompleksi denen bağlanma gerçekleşir (IWASAKI et al).

$$30\,S/mRNA + \text{formil-methionil-tRNA} \xrightarrow{f_1\ f_2} \text{Başlama Kompleksi}$$



Guanozin-5'-trifosfat
GTP



Guanilil-5'-difosfon asidi
GMP-PCP

Şekil 11.39 : GTP, ve GMP-PCP

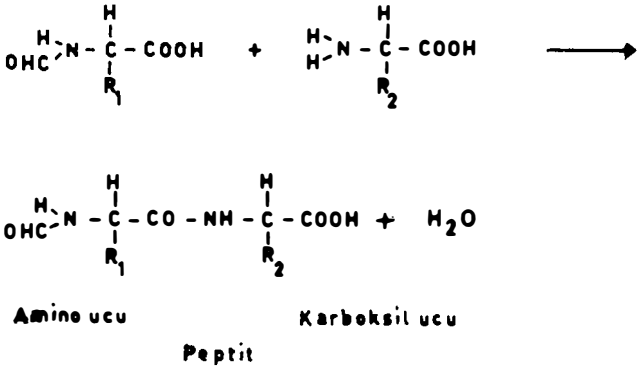
Burada dikkati çekecek husus, başlama olayına yalnız ribozomun küçük alt biriminin katılmasıdır. Formil-methionil-$tRNA_f$'ın AUG ya da GUG aracılığıyla başlama kompleksine montesi akla bir soruyu getirmektedir: mRNA ortasındaki AUG kodonu, başlangıç kodonu olarak kullanılan AUG kodonundan nasıl farkedilebilmektedir? Her iki kodon da methionini kodlar; bununla beraber son durumda protein sentezinin başlama (mRNA ortasındaki AUG kodonunda) noktası bu kodonun bulunduğu yer olmamaktadır. Bu ayırım başlama kompleksinin özelliğinden ileriye gelmektedir. Bu özellik ribozomların büyük alt birimlerinin olmadığı durumlarda meydana gelir. Tam bir ribozom üzerine formil-methionil-$tRNA_f$ bağlanmaz. Sentezlenen peptit zincirinin içine methionil-$tRNA_m$ bağının monte edilmesi, yukarıdaki durumun tersine, ancak her iki ribozomal alt birimin olmasıyla mümkündür; yani tam bir ribozom oluşumuna bağlıdır. Bu, bize, ribozomların neden iki alt birimden meydana geldiğini açıklar. Çünkü 30 S'li partikül yalnız başlama için, tam bir ribozom da sürekli ve doğru bir translasyonun yapılması için gereklidir. Bu sistem ya da düzenek mRNA'nın rastgele bir noktasından itibaren translasyonunu önler.

Ancak başlama kompleksinin oluşumundan sonra tam bir (komple) ribozom oluşturulur ve protein sentezleyen sistem işleyişe hazır olur. Protein sentezinde ribozomların özelliğini anlayabilmek için, ribozomların üzerinde farklı bölgeler tanımlanmış ve aşağıdaki gibi isimlendirilmiştir.

a) Giriş (= akseptör tarafı = decoding tarafı ya da amino-açil tarafı),

b) Çıkış (= donnor tarafı = condensing tarafı ya da peptidil tarafı).

Eğer AUG ya da GUG başlama kodonlu bir mRNA, ribozom ile bağlanırsa, başlama kodonları ribozomların girişine yerleşir (ya da başlama kodonlarının yerleş-



Şekil 11.38: Peptit bağı oluşumu.

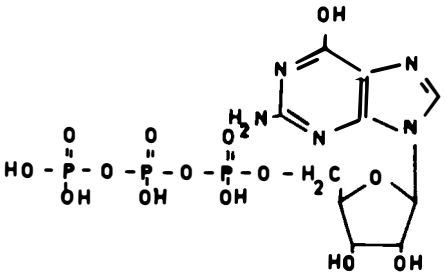
kabul edilmez. Bu nedenle $tRNA_f$'nin başlama işlevi için özelliği sadece taşıdığı formil grubundan gelmemekte, ayrıca kendine özgü bir yapıya sahip olmasındandır. Büyük bir olasılıkla formil-met-$tRNA_f$'nin bağ sağlamlığı ribozom üzerindeki formil grupları aracılığıyla kuvvetlendirilmektedir (GRUNBERG-MANAGO et al). Aynısı, başlama amino asidi olduğu tahmin edilen N-asetil-fenil-tRNA ve N-asetil-valil-tRNA için de geçerlidir (LAYCOCK et al).

Formillendirilmiş methionil-$tRNA_f$'nin monte edilmesi, mRNA üzerindeki AUG ve GUG kodonları ile olur. Formillendirilmemiş met-$tRNA_m$ yalnız AUG tarafından tanınır. Yapay AUG (A) 18 messengerini ve NH_4Cl ile yıkanmış ribozomları yanyana kullandığımızda bağlayıcı f_3 faktörünün eklenmesine (ortamda bulunmasına) bağımlı olmadan ribozom-mRNA kompleksi üzerinde, formil-methionil-$tRNA_f$ bağlanması (tutunması) olmaz. İyon değiştiricisi olarak DEAE selüloz üzerinden NH_4Cl tRNA'sının bağlanması (tutunması) için en azından iki tane (f_1 ve f_2) faktörünün olduğu görüldü (OCHOA). Bu faktörlere başlama ya da initiation faktörler ismi verildi.

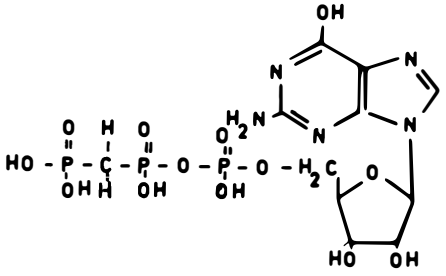
Bağlanma (tutunma) ancak her iki faktörün, AUG (ya da GUG) başlama tripletlerinin, GTP'nin ve Mg^{++}'nin bulunduğu ortamda en fazladır. Başlama faktörlerinin aktive edilmesi için yalnızca GTP (nukleozittrifosfat)'nin bulunması yeterlidir. GTP'den fosfor asidi ayrılmaz. Çünkü GTP, 5-guanilildifosfonat ile yenilenebilir. Doğal olmayan GTP'nin bu analoğunda, uçta bulunan iki fosfat grubu, parçalanmayan fosfon asit grupları tarafından tamamlanır (yenilenir = ikmal edilir) (Şekil 11.39). Yapay polinukleotitlerle ve özellikle başlama kodu eksik olanlarla, normal koşullarda protein sentezi gözlenmemiştir. Bununla beraber Mg^{++} derişiminin inkübasyon ortamında yaklaşık 20 mM'a yükselmesiyle f-faktörlerine gerek duyulmadan protein sentezi başlatılabilir (REVEL et al).

Başlama faktörlerinin katalizlemesi ile başlama ya da initiation kompleksi denen bağlanma gerçekleşir (IWASAKI et al).

$$30\,S/mRNA + \text{formil-methionil-tRNA} \xrightarrow{f_1\ f_2} \text{Başlama Kompleksi}$$



Guanozin-5'-trifosfat
GTP



Guanilil-5'-difosfon asidi
GMP-PCP

Şekil 11.39 : GTP, ve GMP-PCP

Burada dikkati çekecek husus, başlama olayına yalnız ribozomun küçük alt biriminin katılmasıdır. Formil-methionil-$tRNA_f$'ın AUG ya da GUG aracılığıyla başlama kompleksine montesi akla bir soruyu getirmektedir: mRNA ortasındaki AUG kodonu, başlangıç kodonu olarak kullanılan AUG kodonundan nasıl farkedilebilmektedir? Her iki kodon da methionini kodlar; bununla beraber son durumda protein sentezinin başlama (mRNA ortasındaki AUG kodonunda) noktası bu kodonun bulunduğu yer olmamaktadır. Bu ayırım başlama kompleksinin özelliğinden ileriye gelmektedir. Bu özellik ribozomların büyük alt birimlerinin olmadığı durumlarda meydana gelir. Tam bir ribozom üzerine formil-methionil-$tRNA_f$ bağlanmaz. Sentezlenen peptit zincirinin içine methionil-$tRNA_m$ bağının monte edilmesi, yukarıdaki durumun tersine, ancak her iki ribozomal alt birimin olmasıyla mümkündür; yani tam bir ribozom oluşumuna bağlıdır. Bu, bize, ribozomların neden iki alt birimden meydana geldiğini açıklar. Çünkü 30 S'li partikül yalnız başlama için, tam bir ribozom da sürekli ve doğru bir translasyonun yapılması için gereklidir. Bu sistem ya da düzenek mRNA'nın rastgele bir noktasından itibaren translasyonunu önler.

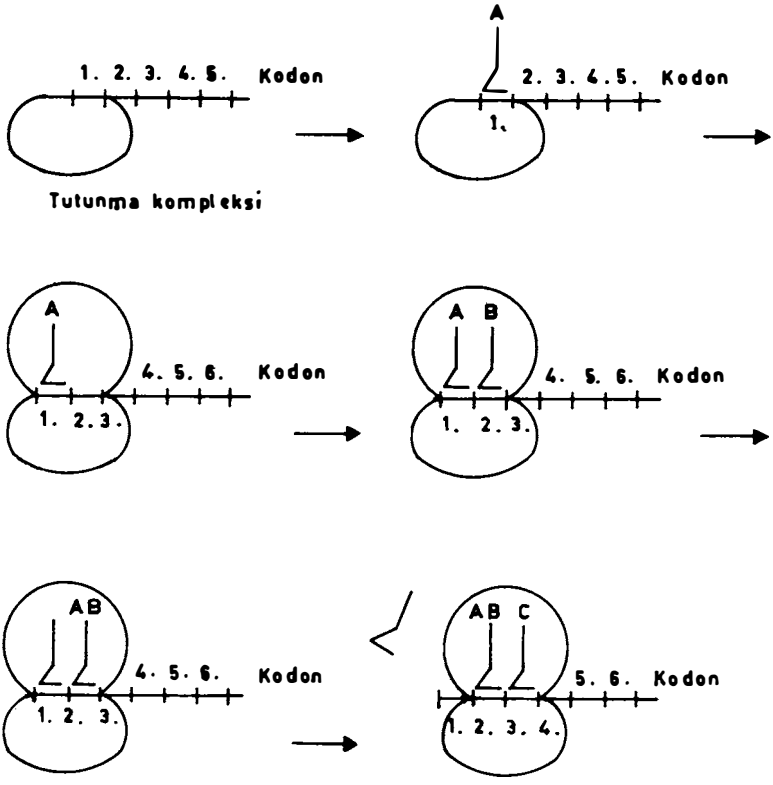
Ancak başlama kompleksinin oluşumundan sonra tam bir (komple) ribozom oluşturulur ve protein sentezleyen sistem işleyişe hazır olur. Protein sentezinde ribozomların özelliğini anlayabilmek için, ribozomların üzerinde farklı bölgeler tanımlanmış ve aşağıdaki gibi isimlendirilmiştir.

a) Giriş (= akseptör tarafı = decoding tarafı ya da amino-açil tarafı),

b) Çıkış (= donnor tarafı = condensing tarafı ya da peptidil tarafı).

Eğer AUG ya da GUG başlama kodonlu bir mRNA, ribozom ile bağlanırsa, başlama kodonları ribozomların girişine yerleşir (ya da başlama kodonlarının yerleş-

tiği yer ribozomların girişi olur) (1. kademe). Başlama faktörlerinin aracılığıyla meydana gelmiş formil-methionil-$tRNA_f$ (başlama kompleksinin oluşumu) ikinci kademede (2. kademe) ribozomun çıkış noktasına doğru itilir. Bu itiliş 30 S'lik ribozomal alt birimin üçüncül yapısının geçici olarak değişmesine neden olmasının yanısıra, başlangıç kompleksinin kalitatif (niteliksel) olarak değişmesine de neden olur. Ribozom çıkışına bağlı formil-methionil-$tRNA_f$ artık büyük alt birimin birleşerek tam bir ribozom oluşturmasına olanak verir (Şekil 11.40). Başlangıç kodonu ribozomun çıkışına yaklaşırken ya da çıkarken ikinci kodon ribozom girişine yaklaşır ya da girer (Şekil 11.40) ve aynı olaylar tekrarlanır. Protein sentezi için ribozom üzerinde, büyük bir olasılıkla, daha başka, aktif bölgeler mevcuttur (VAZQUEZ et al); örneğin amino-açil-tRNA türlerinin girişi için bir "K a n a l B ö l g e s i" ve serbest tRNA ve peptit zincirlerinin savrulması için de bir "F ı r l a t m a B ö l g e s i" mevcuttur.



Şekil 11.40 : Translasyonun şeması.

Birinci kodonun (başlama kodonu) ribozomun girişinden çıkışına itilmesi ancak gerekli enerji sağlanmasıyla mümkündür. Bu enerji, GTPaz etkisi gösteren başlama faktörü f_2'nin katılmasıyla GTP'nin guanozindifosfat ve fosfor asidine hidroliz olmasıyla sağlanır (KOLAKOFSKY et al).

Diğer taraftan protein sentezi için tipik olarak, girişte kendi tRNA'sına bağlı olarak çıkışa doğru itilen amino asit, peptit bağının oluşumundan sonra tekrar girişe (geriye) doğru hareket (göç) eder (Şekil 11.40'de 5. pozisyon). Amino asitler, bununla ilişkin olarak oluşan peptit zincirleri, protein sentezi süresince ribozomların her iki bölgesi arasında sürekli ileriye geriye hareket ederler (osilasyon ya da salınım yaparlar).

BRETSCHER, amino asitlerle yüklenmiş normal ve başlama tRNA'larının yığılımındaki farklar dolayısıyla, başlama tRNA'larının bir olasılıkla demin anlattığımız modele bağlı olmadığını varsaymıştır. Çoğunluk, başlama faktörleri, ribozomun alt birimlerinin iç tarafında birbirine karşı bir burulmaya neden olur. Böylece formil-methionil-$tRNA_f$, 30 S'lik alt birimin çıkışı ile bağlanır. Büyük alt birimin yığışımından (bağlanmasından) sonra 50 S'lik alt birimin giriş tarafı sabitleştirilir (fikse edilir).

Özet olarak protein sentezinin başlaması sırasında aşağıdaki kademeler birbirini izler.

a) f_3'ün katılmasıyla mRNA ribozom üzerine yığılır.

b) f_1, f_2 ve GTP (ya da GMP-PCP)'nin katılmasıyla mRNA üzerindeki AUG ya da GUG başlama kodonlarının aracılığıyla formil-methionil-$tRNA_f$ bağının oluşumu.

c) GTP'nin parçalanmasıyla mRNA'lı formil-methionil-$tRNA_f$, ribozomların alt birimlerinin çıkış bölgesine itilir.

d) 50 S'li alt birim, küçük alt birime bağlanarak tam bir ribozom oluşturulur.

c ve d kademeleri ihtimal ki tersine olarak da geriye dönüş yapabilir.

11.8.2.2. *Transfer Enzimlerin Rolü*

Başlama olayının dördüncü kademesinden sonra, başlama kodonunu izleyen ikinci baz tripleti kendi aminoaçıl-tRNA'sını kabule hazırdır. İç (uçta değil) amino asitlerin montesi için her zaman, bazı faktörlere gereksinim vardır. Bunlar, ultra santrifüjle fraksiyonu yapılan hücre ekstraktının, supernatant 100.000 × g. kısa adıyla S-100 denen maddelerin içerisinde çözünmüş olarak bulunur. Ribozomlarla bağlanan (yığışım yapan) f, bağlama ve başlama faktörlerinin aksine, daha sonra diğer bir hücre kompartimentinden elde edilir.

Protein sentezinin beşinci kademesinde, ikinci amino asit tam (komple) oluşmuş ribozomun girişine bağlanır. Bu adım bir T (transferden gelen) faktörünün ve parçalanmayan GTP'nin bulunduğu ortamda gerçekleşir. T faktörünün özellikleri keza büyük ölçüde f_1 faktörünün özelliklerine benzer. Bu faktör f_1'in aksine başlama kodonunu değil, diğer kodonları tanır (OCHOA). Adı geçen faktör bir termostabil (T_s) = ısıya dayanıklı ve bir de termostabil olmayan (T_u) = ısıya dayanıksız, iki kısma ayrılır (ERTEL). T_s, T_u ile GTP'nin yığışımını katalizler ve daha sonra aminoaçil-tRNA ile stabil (dayanıklı) bir yapışma, tutunma kompleksi oluşur.

$$GTP + T_u \xrightarrow{T_s} GTP/T_u$$

$$GTP/T_u \xrightarrow{\text{Aminoaçil-tRNA}} GTP/T_u/\text{aminoaçil-tRNA}$$

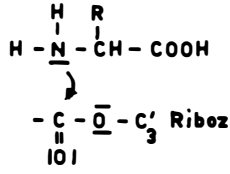
Tutunma kompleksi, ribozomun giriş tarafı üzerindeki ikinci kodon ile bağlanır. T faktörü bundan daha öte kodon-antikodonun karşılıklı etkileşiminde sabitleştirici bir özelliğe sahip olup olmadığı bilinmemektedir.

Daha sonra, altıncı kademede, girişte bulunan aminoaçil-tRNA, çıkış bölgesine doğru itilmek zorundadır. Bu translokasyon (yer değiştirme) ribozomun üçüncül yapısının tekrar değişmesiyle ve bağlı GTP'nin bir fosfatının kullanılması ile gerçekleşir. Parçalanma, ribozoma özelleşmiş bir GTPaz'ın ortaya çıkmasını sağlar. Bu, GTPaz faktör G, yani "Translokaz" (bazı hallerde yanlış olarak peptit sentetaz şeklinde kullanılır) olarak tanımlanmıştır.

Hem T faktörleri, hem G faktörü hayvan sistemleri içinde bulunan aminoaçil transferazlara büyük ölçüde uygunluk gösterir (SCHNEIDER et al); fakat aynı değildir. Transferaz-I, bakteriyel T faktörü gibi; transferaz-II ise G faktörü gibi davranır. Transferaz-I keza "Bağlama Enzimi" olarak tanınır.

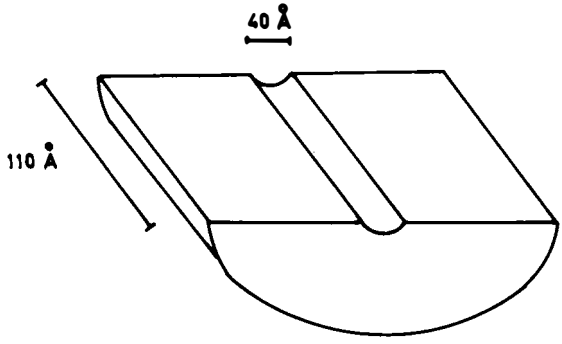
Sentetaz ve bağlayıcı faktörlerin canlı gruplarına göre gösterdiği özgüllük gibi, transferaz faktörler de keza ancak homolog (kökendaş) ribozomlarla tepkimeye girerler (CIFERRI et al). T ve G faktörleri ancak bakteriyel ribozomlarla (hayvanlarınkiyle, özellikle memeli hayvanlarınkiyle değil), transferaz-I ve II ancak hayvansal ribozomlarla (bakteriyel ribozomlarla değil) bağ yapabilir. *E. coli* ribozomlarında hem G hem T faktörlerinin görevini yüklenmiş bir polimerizasyon faktörü tanımlanmıştır; bu faktörün aktivitesi G ve T faktörlerinde olduğu gibi birbirinden ayrılmış durumda değildir (HOLLIS et al).

İkinci amino asidin kendi tRNA'sı üzerine bağlanmasından sonra, bunu ribozom üzerinde 1. ve 2. amino asitlerin birbirine bağlanması "Peptit Bağı" izler. Bu bağlanma kendiliğinden meydana gelen bir olay değildir. tRNA'ya bağlı amino asitteki enerji, peptit bağı için yeterlidir. Çünkü sentez edilen peptit bağlarının gerek duyduğu serbest enerji, amino açil-tRNA bağında bulunan enerjiden çok daha azdır. Bu peptit bağının oluşumu, ribozomal protein olarak 50 S alt birimi üzerine gömülmüş "Peptidiltransferaz" denen bir enzim tarafından katalizlenir. Peptit bağı bir amino asidin amino grubunun daha önceki amino asidin karboksil grubuna bağlanmasıdır (nukleofil bağlanma şeklinde) (Şekil 11.41).



Şekil 11.41: Bir amino asidin amino grubu ile diğer amino asidin karboksil grubu arasındaki nukleofilik tepkime.

Peptidiltransferaz, 50 S'lik alt birim üzerinde öyle bir yerde bulunur ki, ribozomun yapı değişikliklerinde kolayca örtülebilir. Peptit zinciri, peptidiltransferazın katılmasıyla adım adım uzar. RICH'in daha önce tahmin ettiği gibi, peptit dizilimi ilk olarak ribozom tarafından stabil (kararlı) bir duruma getirilir ve daha sonra, peptit zinciri belirli bir uzunluğa ulaştığında, doğal proteinler için tipik olan üçüncül yapıyı kazanır. Bunun için ribozom üzerinde peptit bağlarının ve geçici olarak zincirlerin kararlı olmasını (stabil hale geçmelerini) sağlayan bir kanalın ya da tünelin olduğu tahmin edilmiştir. BRUSKOV, kısa bir süre önce elektron mikroskobuyla aldığı resimlerde ribozomun büyük alt birimi üzerinde çapı 40 A° ve uzunluğu 110 A°'a ulaşan bir kanalın olduğunu göstermiştir (Şekil 11.42).



Şekil 11.42:
Büyük ribozomal alt birimin modeli.

Uzunluğu 110 A° olan böyle bir kanalın içine yaklaşık 30 amino asit sığar. Çünkü bir amino asit, çekilerek uzatılmış bir peptit zincirinin üzerinde 3.7 A°'luk bir yere, bir uzunluğa sahiptir. 30 amino asit bir ribozom tarafından bağlanan peptit yapı-taşlarının tam sayısıdır.

11.8.2.3. *Protein Sentezinin Bitirilmesi*

Sunulan kalıtsal bilgi tamamen kopya edildikten sonra, farklı iki düzenek protein sentezini durdurur. mRNA'nın 3' ucundaki son kodonda oluşan peptit kendiliğinden serbest kalabilir. Eğer yapay mRNA kullanılırsa, peptit zincirinin ribozomal kompleksten kendiliğinden ayrılması, ancak, mRNA, 3' uçta durdurma ya da terminal UAA, UAG ya da UGA kodonlarını taşıyorsa mümkündür. Bu bitirme kodonlarının işlevi için belirli tRNA türlerinin varlığı kabul edilir. Bu kodonlar amino asit taşımayan özel bir tRNA tarafından tanınır. Böylece zorunlu olarak zincirin o noktada kırılmasına neden olur. Bu varsayım bugüne kadar kanıtlanmamıştır (BRETSCHER).

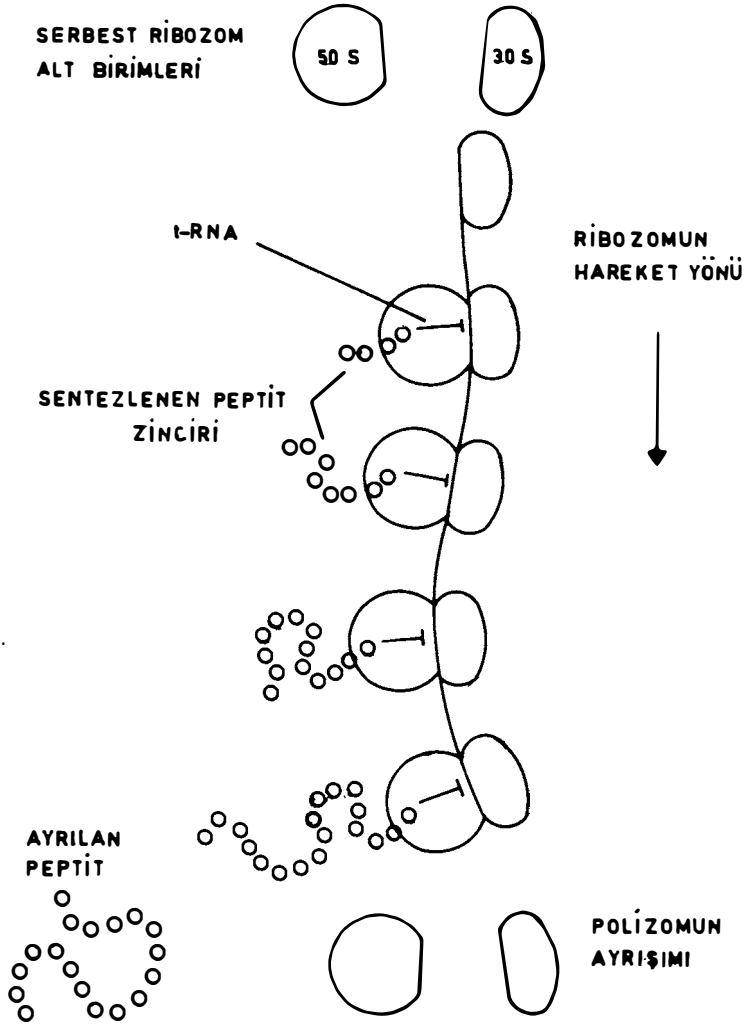
mRNA'nın 3' ucuna ulaşmanın, zincirin ayrılmasını açıklamaya, yalnız başına, yetmediği bilinmektedir. Çünkü, mRNA'nın ortalarında (uçlarında değil) meydana gelecek zararsız, anlamsız bir mutasyonla (nonsens-mutasyon) durdurma kodonu oluşabilir; bu da tamamlanmamış peptit zincirinin bu noktadan ayrılmasına neden olur.

Tam bir peptit zincirinin terminal kodon tarafından çözülmesinde, çok defa, şimdiye kadar üzerinde ayrıntılı bir araştırma yapılmamış ikinci bir sistem de etkilidir.

Bu, durdurma kodonu UAA ve UAG ya da UAA ve UAG çiftinin ikisine birden hitap eden releasing faktörlerdir (REVEL et al). Bu faktör, belki sonuncu tRNA için enerjice zengin karboksil-ester bağının parçalanmasını katalizleyen bir enzimle aynıdır (özdeştir) (CUZIN et al). Releasing faktörün moleküler ağırlığı yaklaşık 40.000 daltondur.

Zincirin kırılmasına neden olan ikinci düzeneğe bir dissosiyasyon (çözüşme) faktörü katılır (SUBRAMANIAN et al). Birçok gözleme göre mikrobiyal ve eukaryotların ribozomu, mRNA'yı alt birimler halinde terk ederler (KAEMPFER) (Şekil 11.43). Bu ayrışım ribozomların amino asit bağlayıcı biyolojik aktivitelerinin kaybolmasına neden olur.

$$70\,S + DF \text{ (dissosiyasyon faktörü)} \longrightarrow 50\,S + 30\,S/DF$$



Şekil 11.43 :

Bakteriyel ribozomların alt birimlerinin döngüsü.

Dissosiyasyon (çözünme) faktörü bu ayrılmadan sonra ribozomun küçük birimi üzerinde kalır. Belki bu faktör, bu nedenle, bir başlama faktörünün işlevini kilitler ya da onunla aynıdır (özdeştir) (KAEMPTER). Sonuç olarak bakteriyel ribozomlar ya 30 S ve 50 S'lik alt birimler halinde serbest olarak ya da mRNA üzerinde 70 S'lik komple ribozomlardan oluşmuş polizomlar halinde bulunur.

11.8.2.4. *Protein Sentezinin Bilançosu*

Protein sentezi için önemli enzim ve faktörler sırasına göre şöyledir.

Olay	Faktör
Amino asitlerin aktifleştirilmesi	Ligazlar
Messengerin bağlanması	f_3
Başlama (f-Met, $tRNA_f$ bağlanması ile)	f_1 ve f_2
Aminoaçil-tRNA bağı	T_s ve T_u faktörleri, keza aminoaçil-transferaz-I
Aminoaçil-tRNA'nın translokasyonu	G faktörü; aminoaçiltransferaz-II
Peptidil kökünün transferi (Peptit bağının oluşumu)	Peptidiltransferaz
Durdurma	Releasing ve dissosiyasyon faktörleri

Protein sentezi için ayrıca başlama ve bitirme kodonlarını taşıyan mRNA'ya, amino asitlerin bağlanması için serbest tRNA'ya, serbest amino asitlere, serbest ribozomal alt birimlere, GTP, ATP, Mg^{++} ve K^{+}'a gereksinim vardır.

Protein sentezinin enerji gereksinmesi enerjice zengin fosfat köklerinin kullanılması ile elde edilir. Her amino asidin aktivasyonu ve amino-açil-tRNA bağı için bir mol, amino asit için bir mol ATP'ye gereksinme gösterilir. Aminoaçil ve bununla ilişkin olarak peptidil-tRNA'nın ribozomun giriş ve çıkışı arasındaki gidip gelmesi (osilasyon) için, bağlanan her mol amino asit başına bir mol GTP'nin hidroliz olması gereklidir.

mRNA'nın faktör T ve G yardımı ile geriye itilmesi ve peptidiltransferazın katkısı ile peptit bağının oluşumu birbirine kuvvetlice bağlanmış tepkimelerdir (JOST et al). Bakteriyel sistemlerde her ribozom bir saniyede yaklaşık 50 amino asit kökünü peptit zincirine monte eder. Eukaryotların hücrelerindeki protein sentezi daha yavaş yürütülmektedir. Öyleki hemoglobinin bir alt birimindeki 50 amino asitlik kısmı yaklaşık 6 saniyede sentezlenir. Aminoaçil-tRNA'nın ribozom üzerinde mRNA ile teması translasyonun hızını saptayan bir adım olarak düşünülmektedir.

11.9. İN VİTRO (HÜCRESİZ ORTAMDA) PROTEİN SENTEZİ

Protein sentezlerinde kademelerin ayrı ayrı araştırılması açıkça, sentezlemenin farklı biyolojik nesnelerin komponentleri ve izole edilmiş ekstrakları üzerinde meydana geldiğini göstermiştir. Hücresiz bir ortamda protein sentezinin gerçekleşebilmesi için bu nesnelerin ortamda yeterince bulunması gereklidir. Bu maddeler:

Ribozomlar
Sentetazlar
mRNA
tRNA
ATP, GTP
Amino asitler
Mg^{++}, K^{+}, NH_4^{+}

Denemeler, bunların haricinde bazı maddelerin, polipeptit içerisinde amino asitlerin monte edilmesini uyardığı ve sistem içerisindeki komponentleri kararlı hale (stabil) geçirdiği saptanmıştır. Belirli bir sakkaroz derişiminin (0.25 M) ayarlanması, özellikle hayvansal dokuların özütlerinin elde edilmesinde büyük yararlar sağlamıştır. 6×10^{-3} M'lik glutathion aminoaçil-transferaz-II ve bununla ilişkin olarak G faktörünün koenzimi olarak gereklidir ve ayrıca sistem içerisindeki farklı enzimlerin kararlı etki etmesini sağlar. Tris tamponu (pH, 7, 6, 2×10^{-2} M) fizyolojik pH değerinin ayarlanmasında kullanılır. Hücresiz protein sentezleyebilmek için inkübasyon sisteminin şu maddelerden oluşması gerekir.

250	mM	sakkaroz
140	mM	NH_4Cl
10	mM	Mağnezyum asetat
6	mM	Glutathion
20	mM	Tris tamponu, pH 7.6
5	mM	ATP
0.1	mM	GTP
1	mg	Çözünür RNA/ml
200	μg	mRNA olarak polinukleotit/ml
10	mM	Amino asit; çoğunluk 2μCC-14 amino asitler/ml
1.5	mg	pH-5 enzimi

Ribozomlar (1 mg ribozomal protein/ml)

İnkübasyon hacmi kural olarak 0.25 ml'den fazla olmamalıdır. Bu koşullar altında amino asitlerin aktifleştirilmesi için yüksek ATP kullanımı olacağından ancak kısa bir süre protein yapımı sürdürülebilir. Bununla beraber 1 mM fosfoenolpirüvat (PEP) ve 40 μg pirüvatkinaz/ml eklemek suretiyle ATP'yi adenozin difosfattan (ADP) rejenere etmek mümkündür (Şekil 11.44).



Şekil 11.44 : PEP ve Pirüvatkinaz ile ATP'nin yenilenmesi.

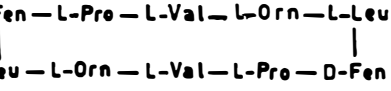
İn vitro olarak protein sentezleyen bu şekildeki sistemlerde, özel mRNA kullanımı ile, biyolojik olarak aktif enzimlerin yapımı sağlanabilir. M. NIRENBERG tarafından bulunan ve H. MATTHAEI ve diğer bilim adamları tarafından geliştirilen hücresiz pro-

tein sentezleme tekniği, hücreli (in vivo) ortamlardaki protein sentezleme konusunda bize çok değerli ipuçları vermektedir.

11.10. RNA'SIZ PROTEİN SENTEZİ

Proteini parçalayan enzimler "P r o t e i n a z l a r" belirli koşullar altında geriye doğru zorlanmak suretiyle katalizlenme tepkimelerine yöneltilebilir. Transpeptitleşme olarak adlandırılan bu tepkimelerle moleküler ağırlığı çok defa 1000 daltonun altında "P l a s t e i n" denen maddeler elde edilebilir. Bu şekildeki bir sentezlenmenin doğada olmadığı kabul edilmiş olmasına karşın, sıçanların karaciğerlerinden elde edilen mitokondrilerde aynı şekilde transpetitleşmenin meydana geldiği ve proteinlerin C ucu üzerinde monte edilen amino asitlerin görüldüğü bilinmektedir. Bununla beraber transpetitleşmenin protein sentez sistemleri içerisinde önemli bir biyolojik yeri yoktur.

Kısa zincirli antibiyotiklerin biyosentezinin incelenmesinde, nukleik asitlerin katılmadığı diğer bir protein sentez sistemi bulunmuştur. *Bacillus brevis*'de siklik decapeptit gramisidin S (Şekil 11.45) oluşur (POLLARD et al). Bunun sentezi normal proteinlerin sentezinden ribonukleazlardan (RNaz) etkilenmemesiyle ayrılır. Bu sentezleme de ATP'ye bağımlılık ve ayrıca in vitro olarak yüksek miktarlarda fosfata (400 mM) gereksinme gösterir. Sistem üzerinde RNaz'ın etkisinin olmamasından dolayı, hemen şu sonuç çıkarılabilir: Bu protein sentezleme düzeneğinde, ribozomlara, çözünür ve mRNA'ya gerek yoktur. Bu antibiyotik için protein sentezinin kendine özgü yolu çok önceleri tahmin edilmiştir. Çünkü içinde bulundurduğu D-amino asitlerinden dolayı diğer bilinen protein sentez sisteminden (alışıla gelen sistemde pek az D amino asit bağlanır) büyük bir ayrıcalık göstermektedir. Bu, yepyeni bir protein sentez düzeneğinin varlığı fikrine götürür gibi görünürse de, gerçekte bu görüş yanlıştır. Bu ve benzeri antibiyotikler öncelikle L-amino asitlerden oluşur ve daha sonra "R a s e m a z" denen belirli bir enzimle D formuna dönüştürülür.



Şekil 11.45: Decapeptit gramisidin S.

RNA'sız protein sentezinde her amino asit ilk olarak, normal protein sentezindeki sentetazlara benzemeyen bir enzim tarafından aktive edilerek enerjice zengin adenilil bağına çevrilir (OTANI et al). Örneğin:

$$\text{Ornithin} + \text{ATP} \xrightarrow[Mg^{++}]{\text{Aktifleştirici enzim}} \text{Orn-AMP} + \text{PP}$$

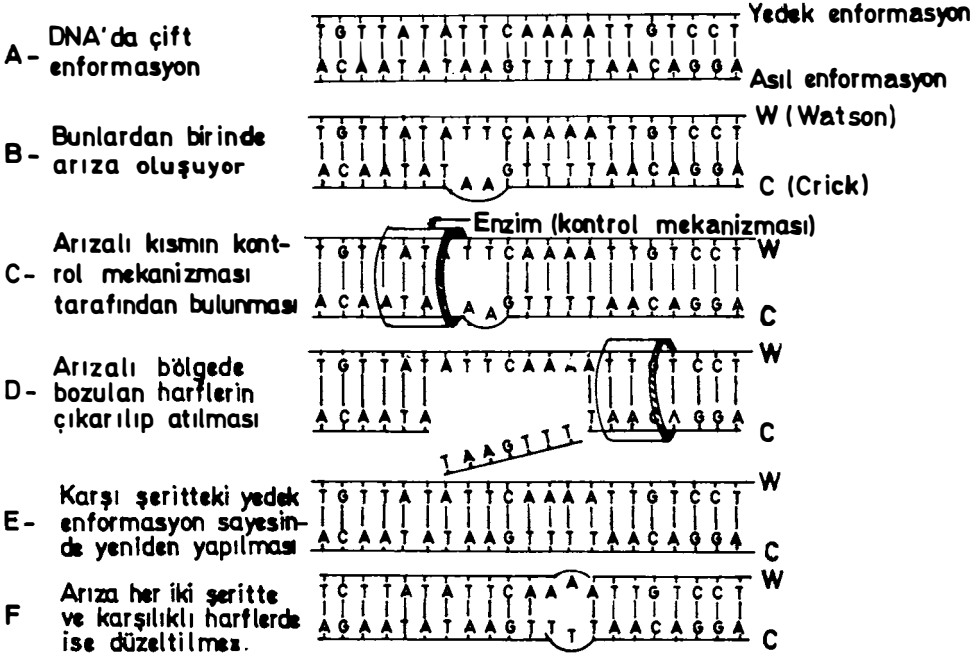
Tek tek aktifleştirilmiş amino asitler adım adım bir peptit bağlanmasına sevkedilir (GEVERS et al).

Daha sonra bu sentez mekanizmasına, normal memeli hayvan hücrelerinde, zincirlerin uzatılması için başvurulduğu gözlendi. Sıçan karaciğerinin postribozomal

fraksiyonundan aynı (benzer) enzimler izole edilmiştir. Bu enzimler amino asitlerin, proteinlerin N-terminal pozisyonuna monte edilmesini katalizler (KAJI). Bu nukleik asitlere bağımsız, ATP'ye bağımlı montaj işlemi şimdiye kadar arg, glu, met, trp ve leu amino asitleri için gösterilmiştir. Buna ek olarak ATP'ye bağımsız bir montaj sistemi ala, gli ve lis'in için gösterilmiştir. ATP'ye bağımlı amino asit bağlanmasında, her zaman, normal protein sentez zincirlerinin sentetazlarına benzer olmayan aktifleştirici enzimler vardır. Bu tepkimelerin biyolojik önemi bilinmemektedir.

11.11. DNA'NIN REJENERASYONU

DNA, kromozomlar içerisinde proteinlerle çevrilmiş olarak bulunmasına karşın, zaman zaman moleküler hareketlerden ve bazı dış koşullardan dolayı bozulmalara uğrar. Zincirin bir tarafında meydana gelecek herhangi bir harf veya parça yitirilmesi, karşısında komplementeri olduğu için özel bir enzim sistemiyle onarılır. Fakat zincirin karşılıklı iki tarafında da bozukluk meydana gelirse buna mutasyon denir ve onarımı olanaksızdır (Şekil 11.46).

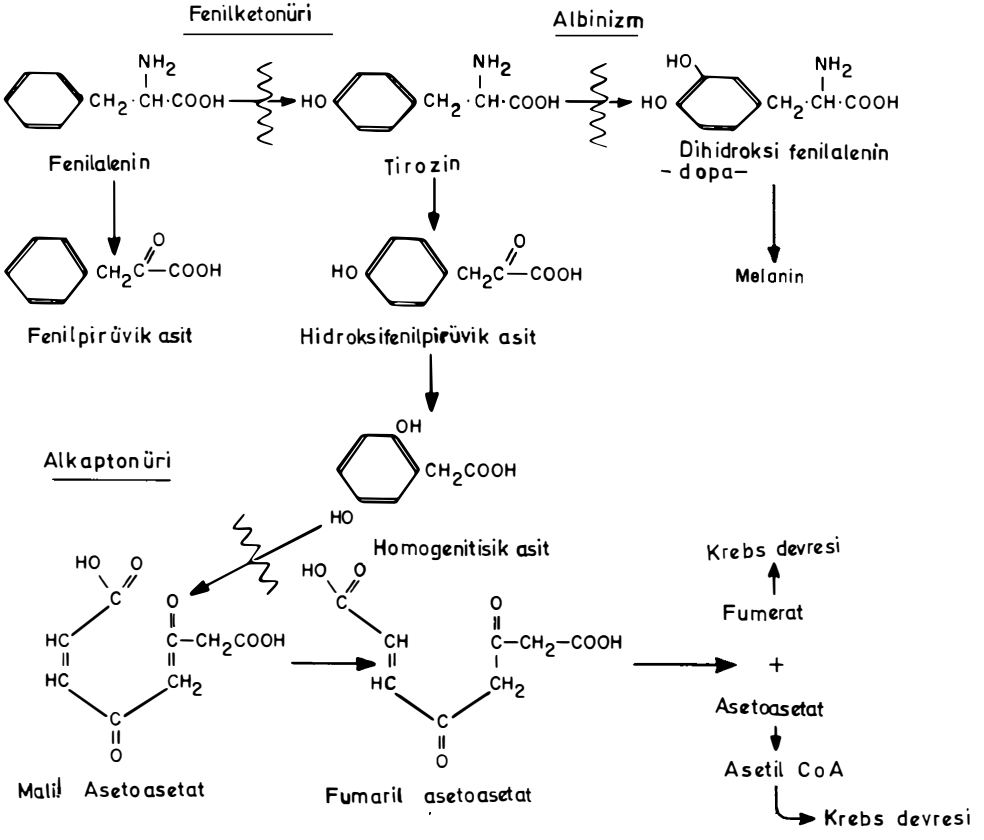


Şekil 11.46: DNA onarılması (DNA rejenerasyonu): DNA'daki yazının (enformasyonun) daima karşı şeritteki bir yedeği ile beraber bulunması DNA rejenerasyonunun temelidir. (A). Tek bir şeritte görülebilen bir ya da birkaç harfli bölümlerin kopması, yitirilmesi gibi hallerde (B), bu eksiklik özel kontrol mekanizmaları tarafından duyulunca (C), diğer şeritteki karşılıktan yararlanarak yitirilen bölümün yenisi yapılır (D) ve yerine takılarak eksiklik giderilmiş, kalıtsal bilgi yitirilmesi önlenmiş olur (E). Eğer iki şeridin aynı noktaları zedelenir ve karşılıklı harfler beraberce yitirilirse (F), hücre bunu düzeltemez; mutasyona uğramış olur. Eğer bu değişiklikten dolayı ölmezse; kendinden meydana gelecek yavru hücrelere kalıtsal bilgi olarak bu değişmiş DNA'yı verir (Bilge'den).

11.12. GEN-ENZİM İLİŞKİLERİ

11.12.1. RENK MADDESİ OLUŞUMU

Her genin yukarıda anlatılanların çerçevesi içerisinde özgül bir enzimin sentezlenmesini kontrol ettiğini öğrendik. Esasında biyolojik bir özelliğin ortaya çıkması birçok tepkimenin sonucudur. Bir tepkimedeki son ürün, diğer bir tepkimenin substratını (ana maddesini) oluşturur (Şekil 11.47). İnsanlardaki deri ve saç rengi melanin pigmenti ile meydana getirilir (Şekil 11.47). Bu madde dihidroksifenilalanin (dopa)'den, dihidroksifenilalanin de tirozinden, tirozin de fenilalaninden meydana gelir. Bu tepkimelerin her biri özel bir enzim tarafından kontrol edilir. Örneğin, dopa'nın melanine dönüşmesi tirozinaz enzimi tarafından kontrol edilir. Albinizm (akşınlık) melanin pigmentinin eksikliğinden olur ve tirozinaz enziminin yokluğundan meydana gelir. Albinizmde (a) geni tirozin üretmez; bunun için muhakkak (A) geni olmalıdır.

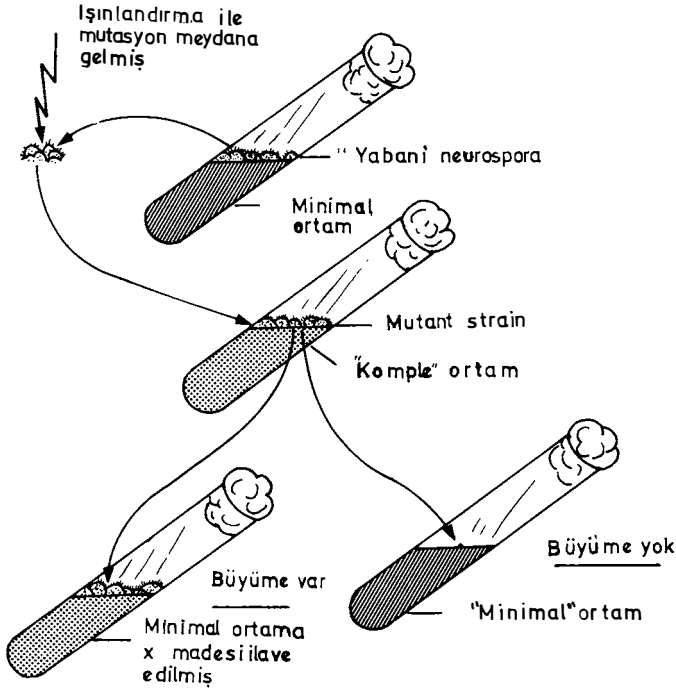


Şekil 11.47; Albinizm, alkaptonüri ve fenilketonürinin oluşumu. Fenilalaninin ve tirozinin metabolize edilme yolları. Mutantlarda herhangi bir kademeyi katalizleyecek enzim yok olduğunda birçok anormallik ortaya çıkar. ∿ işareti mutasyonun hangi kademede meydana geldiğini gösterir.

11.12.2. NEUROSPORA'DA MUTASYON KADEMELERİNİN SAPTANMASI

Bu konuda ilk çalışmalar bitkilerle olmuş; onların özütleri (şırası) alınarak renk pigmentleri analiz edilmiş ve kendine ait genlerle tepkimeler arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır. Daha sonraları memelilerdeki post renkleri, böceklerde ve diğer hayvanlardaki göz renkleri ile enzim-gen ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır.

Yabani *Neurospora* (bir cıvık mantar) yalnız şeker, tuz ve inorganik azot ve biyotinden hazırlanmış bir 'minimal besin ortamında' yaşar (Şekil 11.48). Konidiyaları (haploit eşeysiz sporları) x-ışınına ya da mor ötesi ışınlara tutulursa birçok mutasyon meydana gelir. Işınlamadan sonra artık bu cıvık mantar minimal ortamda yaşayamaz; amino asitlerden, vitaminlerden, pürinlerden, pirimidinlerden vs.'den oluşmuş bir maya ortamına yani 'komple bir ortama' gereksinim duyar. Bu şekildeki bireyler sürekli kontrol altında tutulmak suretiyle yaşatılabilir. Işınlandırılmış hücrelerden bazıları bu minimal ortamda yaşayabilir; o zaman büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan genlerde herhangi bir mutasyon yok demektir. Bazıları, minimal ortama bazı ekstra maddeler eklenmek suretiyle yaşayabilir; o zaman o eklenen maddeyi sentezleyen gen mutasyona uğramış demektir. Meydana gelen mutasyonlar dolayısıyla farklı strain (bir çeşit ırk)'ler ortaya çıkar. Fakat bir maddenin sentezlenmesi çok defa birçok kademeden meydana gelir demiştik. Bu kademeleri kontrol eden enzimlerden birine ait genin mutasyonu, madde sentezlenmesini aksatır. Biz o kademeden başlayarak gerekli olan maddeyi eklersek, canlı yaşamasına devam eder. Ayrıca, mutant sayısından, bu yolla sentezlenmenin minimum kaç kademede meydana geldiğini tahmin edebiliriz.



Şekil 11.48:
Neurospora'da mutantların biyokimyasal kontrolü.

11.12.3. FENİLKETONÜRİ

İnsanlarda metabolizma ile ilgili bu şekilde birkaç örnek verilebilir. Örneğin, fenilalanin ve tirozin kademesi arasında meydana gelen bir mutasyonla, enzimler bloke edilir ve bu, fenilaninin birikmesine yol açar (Şekil 11.47). Yüksek miktarlarda da beyni tahrip eder ve canlıyı geri zekalılığa iter; ketoform şeklinde sidik ile vücuttan atılır, bu yüzden 'Fenilketonüri' olarak adlandırılır. Doğumdan hemen sonra tanınabilir. Yapılacak dikkatli diyetle, fenilalanin minimal seviyede tutularak, birey delirmekten kurtarılabilir.

11.12.4. ALKAPTONÜRİ

İnsanlarda diğer ilginç bir örnek 1907 yılında İngiliz fizikçisi GARROD'un buluşudur.

Alkaptonüri çekinik genle kalıtılır ve bu çekinik genleri taşıyan bireylerin sidikleri havayla (O_2) temasa gelir gelmez kararır. Tirozin ve fenilalaninin metabolizması arasında 'Homogentisik Asit = Alkapton' denen bir madde vardır (Şekil 11.47). Dokularda bulunan bir enzim, homogentisik asidi, karbondioksit ve suya parçalayıp, atılacak şekilde oksitler. Alkaptonürik hastalarda bu enzim yoktur (daha doğrusu geni mutasyona uğramıştır) ve sonuç olarak dokularda homogentistik asit birikir, daha sonra kanla böbreğe gider ve sidikle dışarıya atılır.

Eskiden genlerin yapabildikleri kadar çok enzimi yönelttikleri zannediliyordu. Fakat son senelerde durumun öyle olmadığı, genlerin çevre koşullarına bağımlı olarak baskı altında tutulduğu, gereksinme duyulduğu anda serbest bırakıldığı denemelerle gösterilmiştir. Özünde, gen serbest bırakıldığında akıl alamayacak miktarlarda enzimin sentezini yöneltmektedir. Bir enzim hücrenin tüm proteininin % 5-8'ini sentezleyebilir. Bütün enzim molekülleri bu şekilde verimli çalışırsa, hücrede büyük bir karışıklık olacaktır; dolayısıyla gereksinime göre onların oranları düzenlenmektedir (genler arasındaki işbirliğine bkz.I).

11.13. BİLDİKLERİMİZİN IŞIĞI ALTINDA 'GEN NEDİR?'

11.13.1. ALLEL GENLERİN SAPTANMASI

Öğrendiklerimizin ışığı altında "Gen" mutasyona uğrayan ve bununla fenotipte değişiklik meydana getirebilen kalıtımın en küçük birimidir. Klasik genetikte aynı biyolojik işlevleri yöneltip yöneltmemesine, rekombinasyon olup olmamasına göre iki gen, allel (aynı) ya da allel olmayan (farklı genler), diye ayrılır.

Örneğin, daha önceki konularda işlediğimiz, gri-normal kanatlı bir sirke sineği ile, siyah-körelmiş kanatlı bir sirke sineğini çaprazladığımızda, F_1'in hepsi gri ve normal kanatlıdır; F_2'de ise çoğunluğu ana ve babaya benzeyen dört tip ayrılır; bunlardan iki tip, krossing-overli tipler, yani gri-körelmiş kanatlı ve siyah-normal kanatlı tipler sayıları az olmakla beraber yeni kombinasyonlardır. Bu örnekte iki genin arasında

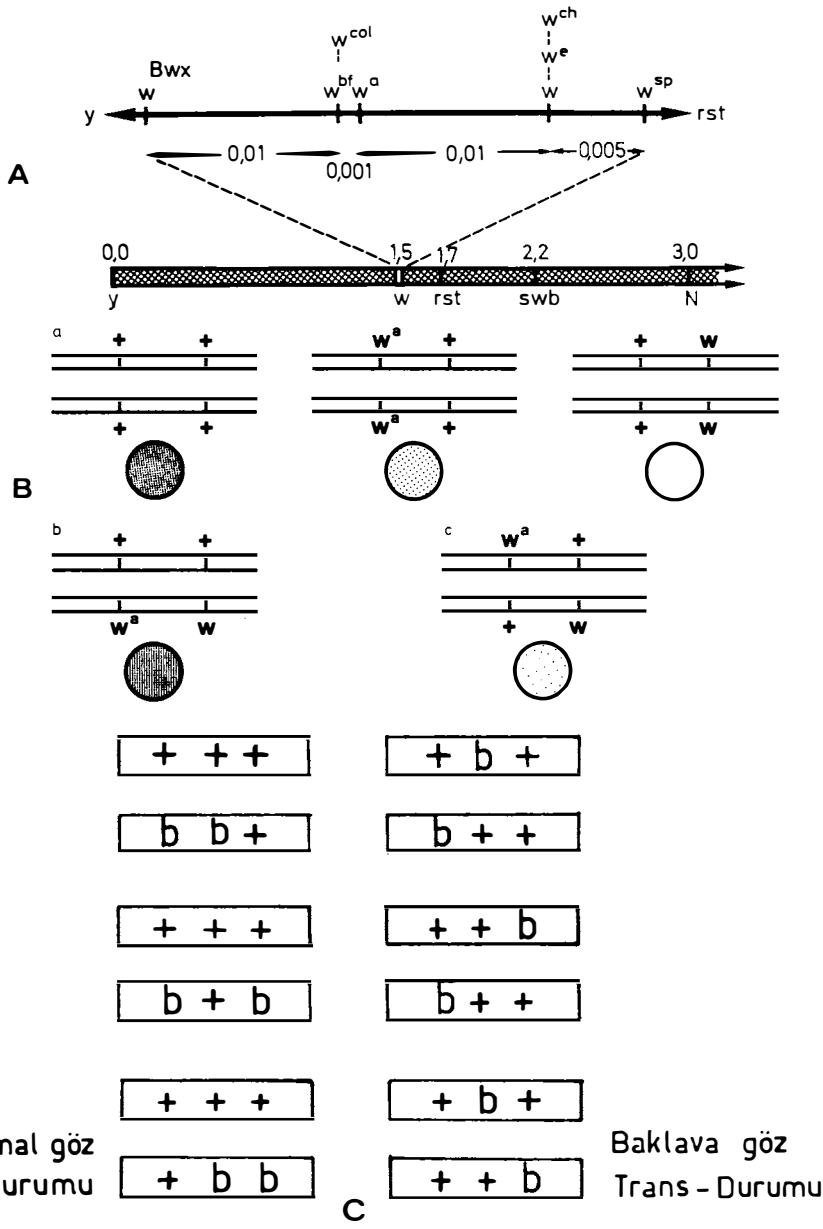
20 krossing-over birimi olduğundan krossing-overli tiplerin sayısı oldukça yüksektir. Bununla beraber gen aynı kromozom üzerinde birbirine çok yakın olsa idi, biz yalnız gri-normal kanatlı ve siyah körelmiş kanatlı bireylerden başkasını göremeyecektik (krossing-over yapmadıklarından). Bu durumda bir genetikçi vücudun rengi ile kanadın şeklinin aynı gen tarafından kalıtıldığını varsayacaktı. Zaten bir genetikçi iki özelliğin farklı genler tarafından kalıtıldığına, yalnız bu iki özellik arasında yeni kombinasyonların gözlenmesiyle kanaat getirebilir. Eğer iki gen aynı özellik üzerine etkin ise, bunların birbirinin gerçek alleli olup olmadığını anlamak çok güçtür.

11.13.2. CİS VE TRANS DURUMU

1949 yılında GREEN ve GREEN *Drosophila*'da baklava göz şeklinin aynı kromozom üzerinde birbirine çok yakın üç loki (lokusun çoğulu)'de toplanmış genler tarafından kalıtıldığını buldu. Bu üç farklı yerde toplanmış genlerin hepsi göz şeklini ve rengini kontrol eder. Baklava dilimi şeklini meydana getiren genler çekiniktir; heterozigotlar normaldir. Fakat iki mutant alleli içeren bireyler, bu iki mutan allenin homolog kromozomun bir zinciri üzerinde bulunması ya da birinin bir kolda, diğerinin karşısındaki homologu olan kromozomun üzerinde bulunmasıyla farklı fenotipler gösterir.

İki mutant allel aynı kromozom üzerinde ise normal gözü meydana getirir; halbuki iki mutant allel homolog kromozomun farklı kollarında (kromatitlerinde) ise mutant fenotipi, yani baklava gözlü bireyleri meydana getirir (Şekil 11.49). Bu olay şu şekilde yorumlanır. Bir ata gen bir bölge içerisine daha alt birimler şeklinde parçalanmış; fakat işlev olarak birliklerini korumuşlardır. Bu gen lokuslarında meydana gelecek mutasyonlar baklava gözlülüğü meydana getirirler.

Eğer her iki mutant allel aynı kromozom kolu üzerinde bulunursa buna "C i s D u r u m u" denir; bu durumda karşılıklı kromozomların kollarından birisi (+ + +) olacağından, yani tam yabani bir gözü meydana getirecek geni oluşturacağından, yabani normal göz meydana gelir. Fakat her iki baklava göz geni kromozomların karşılıklı kollarında bulunacak şekilde ise, o zaman tam bir gen oluşmadığından, baklava göz meydana gelecektir. Böyle, kökeni aynı iki genin homolog kromozomların karşılıklı kollarında ayrı ayrı bulunmasına "T r a n s D u r u m u" denir.



Şekil 11.49 : A) *Drosophila melanogaster*in beyaz-cistronunda göz rengini saptayan birkaç yalancı allel W^{Bwx} (kahverengimsi), W^{bf} (açık), W^{col} (renkli), W^{a} (kayısı renkli), W (beyaz), W^{e} (eozin), W^{ch} (kiraz rengi), W^{sp} (benekli). Üstte: Morgan biriminin rekombinasyon değeri olarak parçalara ayrılması. Altta: Beyaz-cistronun yeri (W) X kromozomun sol ucundadır. Komşu gen y (sarı), rst (dumanlı göz), swb (çilek şeklinde), N (kanat çentiği) genleridir.

B) *Drosophila melanogaster*'in beyaz lokusunda iki yalancı allel için cis-trans-pozisyon etkisi. a) Homozigotlar: Soldan sağa daire içerisinde olan yabani kırmızı, kayısı kırmızısı ve beyaz, b)Cis-durumunda yabani kırmızı, c) Trans-durumu mutanttır; W^{a} ve W arasında intermediyer

C) Trans ve cis durumu (açıklama metinde).

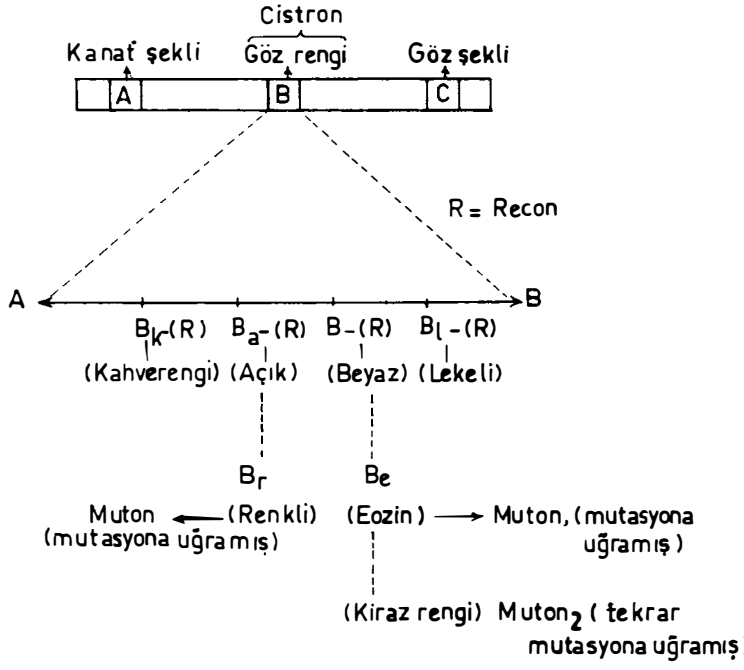
11.13.3. CİSTRON, MUTON VE RECON

SEYMOUR BENZER, kalıtsal işlevlerin farklı durumlarını belirlemek için 'C i s t r o n, M u t o n ve R e c o n ' terimlerini önermiştir. Sistronu biyokimyasal işlevi bakımından kalıtsal bir birim olarak tanımladı. Eğer iki gen biyokimyasal anlamda farklı ise, özellikle farklı enzimler meydana getiriliyorsa, bunlar farklı sistronlara aittir. Sistron kalıtsal testlerle saptanabilen çok küçük alt ünitelerden meydana gelmiş olabilir. Sistron, taşıdığı çekinik mutantlar trans halinde (sis halinde değil) iken, mutant bir fenotip meydana getiren kromozomun parçası olarak da tanımlanabilir.

Sistron uygun kalıtsal testlerle, BENZER tarafından 'R e c o n' ismi verilen rekombinasyonların en küçük parçasına bölünebilir (Şekil 11.50). Rekon, bir boyut içerisinde dizilmiş, rekombinasyonlarla yer değiştirebilen, değişebilir; fakat rekombinasyonlarla bölünemeyen en küçük parçadır. Böylece kromozomun rekombinasyonlarla bölünemeyen en küçük parçasına rekon denir; bir tek nukleotit çifti kadar küçük olabilir.

M u t o n, değişikliğe uğradığında mutasyon meydana getiren kromozomun en küçük parçasıdır. Bir baz çiftinin değişikliğe uğraması mutasyon meydana getirdiğine göre, muton baz çifti büyüklüğü düzeyindedir. Muton ve rekon, baz çifti büyüklüğünde olmasına karşılık, sistron binlerce nukleotit çiftini içerebilir.

Sonuç olarak 'G E N' tek bir polipeptit zincirindeki amino asitlerin dizisini saptayan DNA'nın belirli bir bölgesidir.

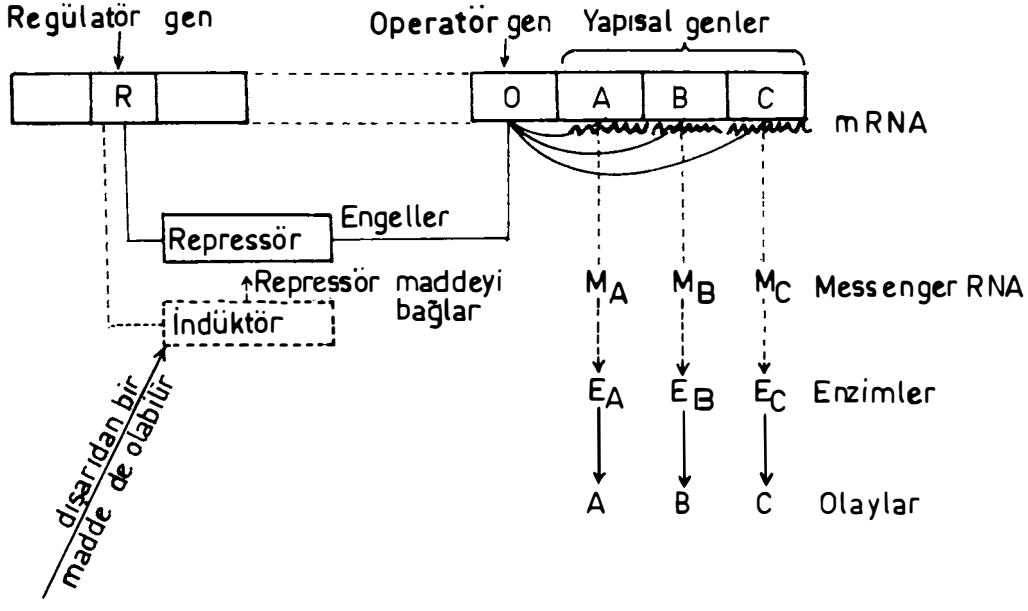


Şekil 11.50 : *Drosophila*'da göz rengi.

Bir genetik birimde meydana gelen mutasyon, polipeptit zincirinde de değişikliğin ortaya çıkmasına neden olur. En basit bir mutasyon (nokta mutasyon) tek bir bazın değişimiyle olur.

Bu şekildeki mutasyonlar insanın hemoglobin moleküllerinde gösterilmiştir. Bilindiği gibi hemoglobinin birbirine benzer iki α, yine birbirine benzer iki β zinciri vardır. α zinciri 141, β zinciri 146 amino asit taşır. Normal hemoglobin A'da β zincirinin altıncı sırasında glutamin asidi vardır. Orak hücreli anemide buraya valin asidi girer. Bu da normal olarak 6. sıradaki glutamin asidini kodlayan GAA (ya da GAU) tripletinin mutasyonla GUA (ya da GUU)'ya dönüşmesi demektir. Diğer bir mutasyon β-zincirinin 71. tripletinde bulunmuştur. Zürich Hemoglobini denen bu tip, özellikle sulfonamid grubu ilaçlara karşı duyarlıdır. Bu hemoglobin tipinde 71. amino asidin, yani arjininin yerine lösin girmiştir. Keza α zincirinde de farklı nokta mutasyonlar oluşmaktadır. Bunlar da, değişik amino asit kombinasyonları meydana getirmektedir.

Hemoglobinin her iki zincir çifti birer genle kodlanıyorsa ve bu genler farklı yerlerde mutasyona uğruyorsa, bu Mendel kalıtım faktörlerinin genel yapı ve etki prensibi için bir model olarak geçerli olabilir. Klasik "**Mendel Geni**" mutasyona uğrayabilen birçok alt işlev biriminden meydana gelmiştir. Mikroorganizmalar ve keza *Drosophila* üzerinde yapılan araştırmalar bu alt birimlerin intragenik krossing-overle birbirinden ayrılabileceğini göstermektedir. Şekil 11.50'de bir sirkesineğinin klasik geninde bu alt birimler gösterilmektedir. Tüm olarak gözün yabani kırmızı renkli olmasını sağlayan W^+ geni, en azından 0.026 sentimorgan uzunluğundadır. Bu



Şekil 11.51 : Operon-regülatör genler.

uzunluk içerisinde yabani kırmızıdan saf beyaz renge kadar kademe kademe göz rengini değiştiren mutasyonlara rastlanır. Gen olarak tanımlanan bu uzunluk içerisinde meydana gelen mutasyonlar farklı yerlerde oluşur ve krossing-overle bu mutasyonlar birbirinden ayrılabilir. Bu ayrılan allellere " P s e u d o a l l e l = Yalancı Allel " denir (örneğin W^a ve W^e). Gen molekülünde aynı alt birimlerde mutasyonlar meydana gelmişse (örneğin W ve W^e) direkt alleller olarak bilinir. Şekil 11.50 'b ve c' de gösterildiği gibi heterozigotlarda yalancı allellerin yerine göre iki durum ayırt edilir. Eğer mutasyonlar homolog kromozomlarda karşılıklı olarak (**Trans-Durumu**) meydana gelirse, her iki işlev birimi de bundan etkilenir ve fenotipte mutasyon ortaya çıkar. Ya da yalancı alleller aynı kromozom içinde yan yana bulunurlar (**Cis-Durumu**); o zaman yaban tipi özellikler ortaya çıkar. Çünkü bu arada mutasyona uğramayan işlev birimi normal ilkin üretimi sağlamaktadır. Bu şekilde cis-trans pozisyonundaki etkisiyle karakterize edilen genetik bir etki birimi " C i s t r o n " olarak adlandırılır. Bir geni işlev birimi olarak kabul ettiğimiz sürece, tüm genleri kendi peptit zincirlerini kodlayan cistronlar olarak tanımlayabiliriz. Cistronla, geni eşdeğer olarak kabul ettiğimizde, gen ne bir mutasyon birimidir (muton) ne de bir rekombinasyon (recon) birimidir. Mutasyonlar tüm gen bölgelerinde meydana gelebilir ve krossing-over de her bazda ortaya çıkabilir.

11.14. REGÜLASYON = DÜZENLEME

GENEL TANIM : Genler Arasında İşbirliği : Yapısal Genler —Operatör Genler— Regulatör Genler (Şekil 11.51).

Şimdiye kadar gördüğümüz hücredeki işlevleri, mRNA ile yürüten genlere, diğer bir deyimle mRNA meydana getirebilen DNA'nın bir kısmına ' Y a p ı s a l G e n l e r ' diyoruz. Bu genler rastgele değildir. Bir grup gen, ola ki aynı işlevi yüklenmiş genler, onlara çok yakın diğer bir şef genin kontrolü altındadır. Bu gene ' O p e r a t ö r G e n '; kontrol altındaki genler topluluğuna da ' O p e r o n ' denir. Operatör genden gelen sinyale göre operondaki genler çalışırlar. Operatör genlerin üzerinde de ve onlardan oldukça uzak diğer kontrol edici bir gen vardır. Buna, ' R e g ü l a t ö r G e n ' denir. Bu da operatör genleri kontrolü altında tutar. Regülatör gen repressör bir madde çıkarır, ' B a s k ı M a d d e s i '; bunlar operatör genlerle birleşerek onları çalışamaz duruma getirir; böylece bütün operon bloke edilmiş olur ve dolayısıyla mRNA meydana getirilemez. Regülatör genler ' İ n d ü k t ö r ' bir maddeye de sahiptirler ' H a r e k e t M a d d e s i ' . Bu madde baskı maddesi ile birleşerek operatör geni serbest bıraktırır. Bu açıklamaya ' J a c o p v e M o n o d K u r a m ı ' denir.

11.14.1. ALLOSTERİK PROTEİNLER (= Enzim İşlevinin Düzenlenmesi)

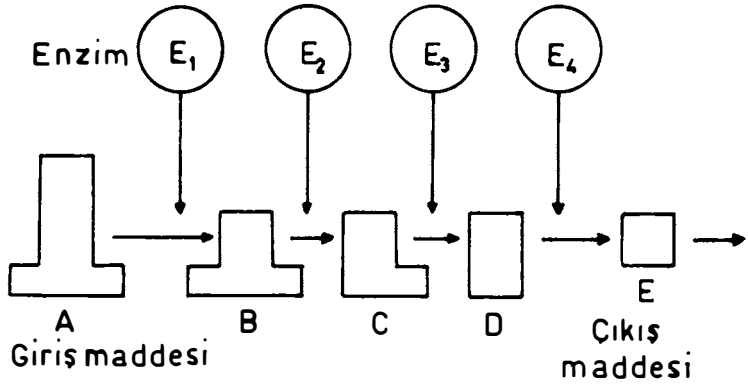
Bu bölüm içerisinde, daha önce, gen etkisiyle ilkin olarak özel protein yapımını incelemiştik. Fakat bir organizmanın belirli hücrelerinde neden ancak belirli proteinlerin üretildiğini açıklamamıştık. Örneğin, hemoglobin, ancak kan yapan hücrelerde;

sindirim enzimleri (pepsin ve tripsin gibi) ancak belirli bezlerde sentezlenmektedir. Acaba hangi etmenler genlerin iş görüp görmemesini kontrol etmektedir?

Düzenleme sadece çok hücrelilerde değil, aynı zamanda birhücrelilerde, örneğin bakterilerde de görülmekte ve hem maddenin hem enerjinin tutumlu bir şekilde kullanımını sağlamaktadır. Methionin içeren bir ortamda bakteriler bu maddenin sentezini derhal durdurarak dışarıdan almaya başlarlar. Diğer birçok madde için bu deneme başarıyla uygulanabilir. Bakteriler gibi ilkel birhücrelilerde bile hücre bileşiklerinin sentezini en tutumlu şekilde kontrol eden düzenekler vardır.

Şimdiye kadar bir genin, üretimi nasıl sağladığını incelemeye çalıştık. Halbuki düzenleme, tek tek oluşan tüm bu işlevlerin arasında anlamlı bir eşgüdümün niceliksel olarak nasıl sağlanabileceğini ortaya koymaktadır. İlkel bir bakterinin bu düzenleme şeması, en gelişmiş elektronik aygıtların çalışma ilkesine benzemektedir ve amaç tüm üretim ve tüketimi belirli bir zamansal eşgüdüm içerisinde yürütmektir.

Düzenleme mekanizmasının ilk adımı, enzim sentezinden ziyade, mevcut enzimin aktivitesinin düzenlenmesidir. Bu şekildeki bir düzenleme (= son ürünle durdurma; İngilizce feedback inhibition), aşağıdaki gibi yürütülür. Örneğin bir bakteride bir sentezleme zinciri şu şekilde gösterilebilir (Şekil 11.52). Arjinin en azından dört kademe sonunda sentezlenir; bunun için dört enzime gereksinme duyulur (Şekil 11.52); sırasıyla bu enzimler giriş maddesini değiştirerek sonuçta ürün olarak arjinini yaparlar.

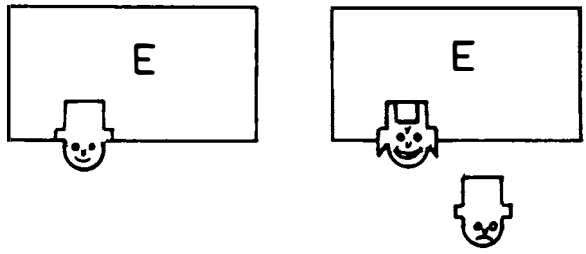


Şekil 11.52 : E_1'den E_4'e kadar enzim zinciri, A giriş maddesini dört kademede E çıkış maddesine çevirir.

Eğer bir kültüre radyoaktif olarak işaretlenmiş bir A maddesi eklenirse, sonuçta işaretli E maddesi ortaya çıkar (eğer işaretli atom değişimle = ışınım ile, parçalanmamışsa). Fakat aynı ortama işaretlenmemiş E maddesi ilave olarak eklendiğinde, işaretlenmiş E maddesinin oluşmadığı görülecektir. Bundan çıkarılan sonuç : Eğer bakteri dışarıdan hazır son ürünü sağlayabilirse, kendisi E maddesinin sentezini durdurmaktadır. Bu durumda yapılacak hücre özütleri, gerçekte, bu sentezlemeyi sürdürecek enzimlerin hücrede mevcut olduğunu göstermektedir.

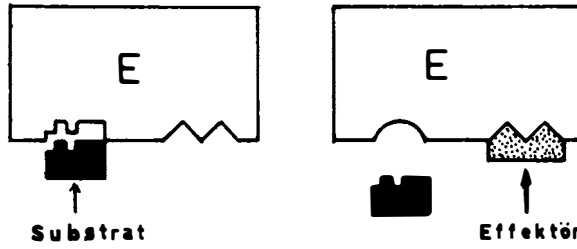
Bu konuda diğer bir kanıt : Daha önce gördüğümüz ve daha sonra da göreceğimiz gibi, bazı kalıtsal hastalıklarda, sentez zincirinin belirli bir kademesinde kesinti olmakta ve ara ürün hücrede birikmektedir. Bu birikim, keza dışarıdan minimal miktarda son ürün ilavesi ya da yardımı yapıldığı zamanlarda da gözlenebilir. Fakat yeterince son ürünle desteklenen bu hücrelerde, artık ara kademe ürünlerinin oluşmadığı görülür. Yani yeterince sağlanan son ürün tüm sentez dizisinin işlevini durdurmaktadır.

Enzim kimyasında uzun zamandan beri benzer maddelerle (kompetitif) durdurma, bloke etme bilinmektedir. Herhangi bir molekülü değiştiren bir enzim, bu molekülle (substrata) benzeyen diğer bir molekülle bloke edilebilir (Şekil 11.53). Aldatıcı molekül enzimin özelleşmiş (spesifik) yerine bağlanır. Başlangıç maddesi ile, çok fazla değişime uğrayan son ürün arasında, yapısal olarak çok az bir benzerlik olduğundan, böyle bir mekanizma gözlenen düzenlemenin temelinde bulunmayabilir. Özellikle başlangıç maddesine benzer ara ürünler sentez zincirini durduramayıp, son ürünler bunu yaptığı zaman düzenleme mekanizması geçerlidir.



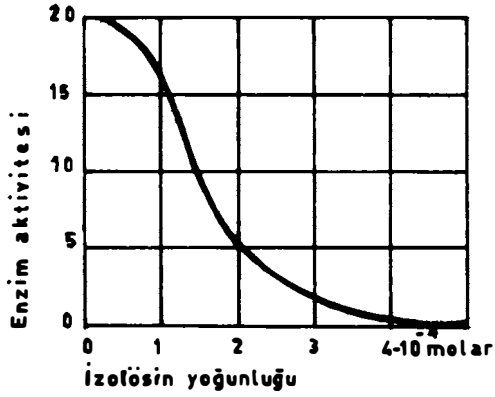
Şekil 11.53: Bir enzimin kompetitif olarak işlevinin durdurulması. Solda, normal durum (enzim ve substrat); sağda, yanıltıcı substratla (molekülle) bloke edilmiş enzim (Bresch ve Hausmann'dan).

Bu şekilde kontrol edilebilen bir enzimde iki özelleşmiş bölgenin bulunduğu varsayılır. Bir tanesi substrata, diğeri kontrol eden ya da düzenleyen (Effektör) maddeye (zincirin son ürününe) bağlanabilir (Şekil 11.54). Effektörün ortamda birikmesi ve sonuçta enzimin özelleşmiş bir yerine bağlanması ile, enzimin substrata bağlanmasını sağlayan yapının değişmesine neden olur ve enzim bloke edilir. MONOD ve JACOB, bunu, "Allosterik Etki" olarak isimlendirmişlerdir.



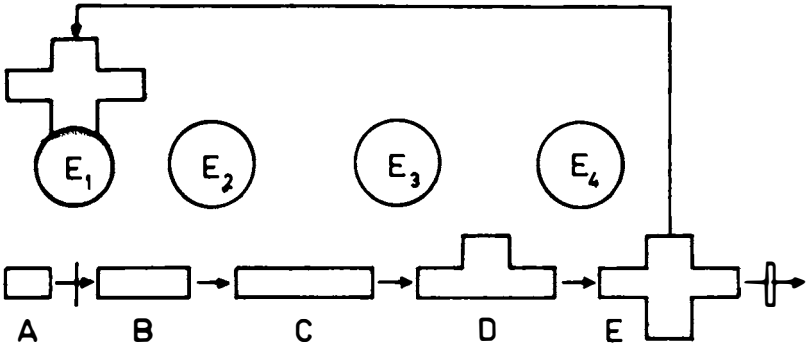
Şekil 11.54 : Özel bir effektörün (allosterik etkili) birikmesi ile düzenlenebilir bir enzimin aktif bölgesinin değişmesi. Solda, enzim aktif; sağda, bloke edilmiş durumda.

Effektör ve enzim bağı kısa sürelidir. Yeterli son ürün, enzimi bloke etmekle beraber; miktarı azaldığında serbest enzimler işlev görmeye başlar. Bu şekilde tek tek son ürün ve enzim arasında son ürünün derişimine göre bir düzenleme sağlanmış olmaktadır. Şekil 11.55'de enzim işlevinin son ürün derişimine göre değişimi gösterilmektedir. Örnek olarak threonin-deaminazda, deaminaz ilk kademede iş görmesine karşın threoninden birkaç kademede sentez edilen izolösin ile engellenir.



Şekil 11.55: İnhibe edici izolösinin derişimine bağlı olarak, threonindeaminaz ham özütünün aktivitesi.

Biyolojik olarak ilginç olanı, bir sentezleme zincirindeki tüm enzimlerin allosterik olarak kontrol edilmediği, genellikle ilk kademedekinin bloke edildiğidir. Bu şekilde hücre daha ekonomik ve tutumlu olarak çalışabilecektir. Çünkü son ürünün ara kademede yer alan diğer enzimleri bloke etmesi enerji ve madde yönünden savurganlık olacaktır (Şekil 11.56).



Şekil 11.56: İnce (hassas) düzenleme: Eğer son ürün E birikirse, doğrudan doğruya E_1'i bağlayarak onu inaktif hale geçirebilir. Böylece A giriş maddesinin işlenmesi durdurulmuş olur.

Allosterik enzimler —teknik nedenlerden dolayı— genellikle bakterilerden elde edilir. Bununla beraber yüksek organizmalarda da bulunur.

Diğer bir bulgu da : Allosterik etkinin diğer bir molekül tarafından önlenebilmesidir. Yani, effektörün ortamda bulunmasına karşın, enzim işlevinin devamı ancak diğer bir kompetitif (engelleyici, yerine geçebilen) molekülün bulunması halinde mümkündür. Böyle bir molekülün bulunması, effektörün birikmesini ve enzim işlevini durdurmasını engeller. Bu mekanizma, gerçek enzimin işlevi için gerekli olan ve koenzim olarak bilinen özgül bir molekül ile karıştırılmamalıdır. Koenzim, katalitik tepkimeye bizzat katılır. Böylece değişikliğe uğratılır ve diğer bir enzimle yenilenme zorundadır.

Aktivite için belirli metal iyonlarının birikimini sağlayan birçok enzim vardır. Bu mekanizmalar da düzenleyici işlevler için kullanılabilir. Bir metal iyonunun yoğunluğunun düzenlenmesi ile bir dizi enzimin aktivasyonu ve inaktivasyonu sağlanmış olur.

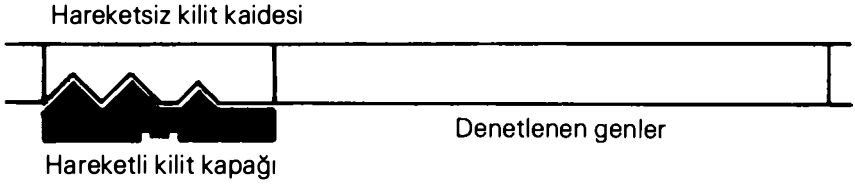
Allosterik düzenlenmenin en ilginç yanı, bir allosterik protein yardımı ile, normalde birbirlerine tepkime gösteremeyen moleküller arası etkileşim olanağının sağlanması ve effektörün özgül olmasıdır. Ayrıca, mekanizma için effektör ve madde arasında herhangi bir kimyasal ilişkinin olmadığı vurgulanmalıdır. Açıkça, evrim sürecinde, plansız mutasyon (değişim) ve hedefe yönelik seçim ile sentez zincirlerinin başlangıç enzimi o şekilde gelişmiştir ki, gereksinmeye göre, yani zincirin son ürününün var olması ya da olmamasına göre enzimin işlevi düzenlenir (son ürün engellemesi).

11.14.2. ENZİM SENTEZİNİN KONTROLÜ - I : OPERON

Allosterik olarak enzim işlevinin kontrolü, bir organizmanın tutumlu olması bakımından yararlıdır. Fakat çevrenin çok uygun olması halinde, uygun enzimin üretiminin durdurulması ise daha tutumlu bir davranış olacaktır. Evrim süreci içerisinde bu yeteneği kazananların başarılı olacağı kuşkusuzdur. Biz, protein sentezinin bu şekilde nasıl kontrol edildiğini öğrenmeye çalışacağız.

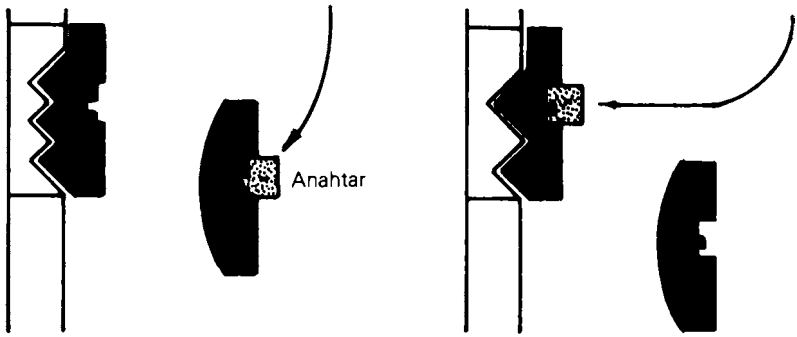
DEMEREC, HARTMAN ve arkadaşları *Salmonella* bakterisinin metabolizmasında, değişik kademelerde yetersizlik olan mutantlar izole etmişlerdir. Transdüksiyon ile bu mutasyon çeşitlerini fişlemek mümkün olmuştur. Sonuçta çok ilginç bulgular elde edilmiştir. Histidin sentez zincirinin farklı kademelerinde bozukluk meydana getiren mutasyonlar, komşu gen lokuslarında bulunmuştur. Bu bulgu diğer sentez zincirlerinde de saptandığından, bir rastlantı olmadığı ortaya çıkmıştır. On kademelik histidin sentez zincirini kontrol eden genler bir gen haritası içerisinde birbirine yakın bir grup oluşturur (Şekil 4.1). Aynı durum threonin ve izolösinde de saptanmıştır. Bakterilerde bir proteinin sentezlenmesini kontrol eden gen dizelerinin çoğunluk bir grup halinde komşu olarak dizildiğini görmemize karşın, bu genel bir kural değildir; örneğin, mantarlarda birçok sentez zincirinin değişik kademelerini kontrol eden genler genom içerisinde dağılmış durumdadır. Bakterilerde birbirine komşu bir gen dizilimin evrimsel ve uyumsal yararı, büyük bir olasılıkla düzenleme mekanizmasının işleyişidir. Genel bir düzenlemenin etkin yararı laktoz ve galaktozdan enerji kazanan, *E. coli*'nin iki grubunda saptanmıştır. Biz bu şekildeki bir düzenlemeyi kısaca göreceğiz.

Birbiriyle ilişkisi olan gen gruplarının, duruma göre ortak bir kontrol yeri (kilit) vardır. Tüm anahtarlar, işleyiş bakımından aynı ana ilkelere bağlı olmakla beraber, yapılışları bakımından kendilerine özgüdürler. Bunlar iki ana kısımdan meydana gelmişlerdir. Bir kısmı regülatör genlerle bağlıdır. Bu kısma "Kilit Kaidesi" denir. Diğer kısmı ise özel uyum sağlayabilecek ve serbestçe hareket edebilecek bir kısımdır; bu kısma da "Kilit Kapağı" denir (Şekil 11.57).



Şekil 11.57 : Bir genetik kilidin şematize edilmesi.

Anahtarlar kilit örtüleri üzerinde bulunur. Bunlar küçük özgül (spesifik) moleküllerdir. Kilit örtüleri hücrelere göre iki tip olarak yapılmıştır. Ya doğrudan doğruya anahtarsız olarak kilit kaidesine uyar (tüm kilit kapatılmış = sürgülenmiş olur); ya da ancak anahtar, kilit örtüsüne bağlandıktan sonra kilit kaidesine uyabilir (Şekil 11.58). Her kilit kaidesi için, özel bir gen tarafından bu ya da öbür tip kilit örtüsü üretilir.

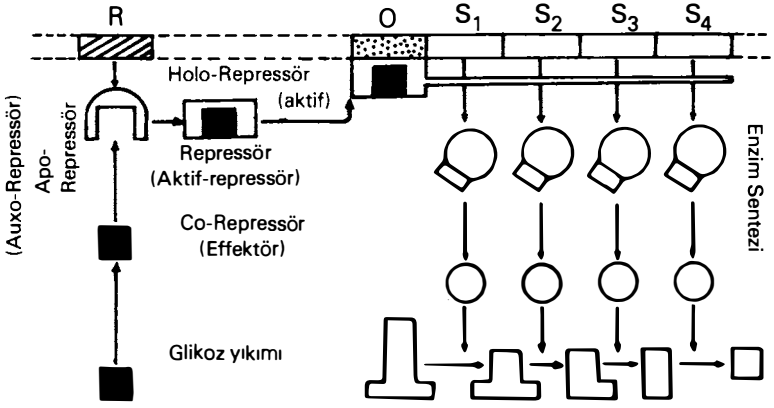


Şekil 11.58 : İki tip kilidin (kilit kapağı ile birbirinden ayrılır) şematize edilmesi. Solda, kilit kapağı boş iken kilit kaidesine uyum yapar; fakat anahtarla bu uyumu sağlayamaz; sağda, kilit kapağı boş iken kilit kaidesine uyum yapamaz; ancak, anahtar bağlandığı zaman bu uyumu sağlayabilir.

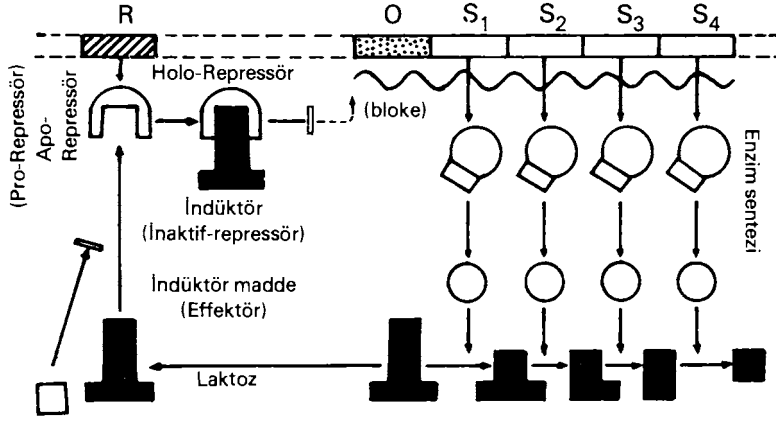
Burada dikkat edilecek husus, düzenlemenin çift özgüllük göstermesidir. a) Kilit kaidesi ve kilit örtüsü arasında, b) Kilit örtüsü ve anahtar arasında.

MONOD'un araştırmalarında, bakterilerdeki enzimlerin tümünün sürekli olarak meydana gelmediği gösterilmiştir. Ancak "Konstitutiv Enzimler" diye adlandırdığımız enzimler, ortama bağlı olmaksızın, bakterilerde her zaman bulunur. Örneğin glikoz yıkımı için gerekli olan en azından 10 enzim hiçbir zaman reprime edilmez (bloke edilmez). Gerekli enzimler her zaman hazır tutulur. Çünkü bu enzimler

hücrenin ana enzimleridir. Glikoz, laktoz yıkımının bir devamıdır. Dolayısıyla yeterince glikoz bulunursa, hücrenin yeniden laktoz için enzim üretmesine gerek yoktur. Bu nedenle de ko-repressör + apo-repressör = holo repressör yolu ile operatörü baskı altına alacak sistem gelişmiştir (Şekil 11.59). Yeterince glikozun olmadığı yerde, ko-repressör oluşamadığı için holo-repressörde oluşmaz ve operatör gen serbest kalır ve laktozu parçalayan enzimler sentez ettirilir (Şekil 11.60). Çünkü glikozu bol bir ortamda laktoz için enzim üretme karlı bir yol değildir. Buradaki ilginç nokta glikozun yıkımındaki son ürün, laktoz enzimlerinin üretilmesi için bağlayıcı bir faktör olmasıdır. Buna karşılık "A d a p t i v = U y u m s a l E n z i m l e r" ancak hücreye gerekli olduğu zaman mevcuttur. Örneğin enerji kaynağı olarak glikoz



Şekil 11.59: Glikozun yıkımından ko-repressör meydana gelirse, bu madde apo-repressörle birleşerek aktif holo-repressörü yapar ve operatör geni bloke eder. Bu şekilde laktoz yıkımı için gerekli enzimlerin sentezi durdurulmuş olur.



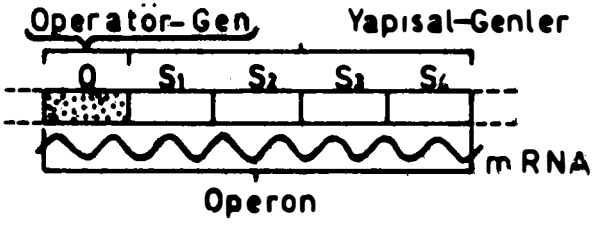
Şekil 11.60: Glikoz yıkımından çok az miktarda ko-repressör meydana gelirse ya da hiç meydana gelmezse, o zaman giriş maddesi laktoz, apo-repressörle birleşir. Sonuçta inaktif bir bileşim meydana gelir. Operatör gen (O) açık kalarak, laktoz yıkımı için gerekli enzimlerin sentezi başlar.

eklenmiş bir ortamda büyüyen kültürde, laktozu işleyebilecek iki enzimin ancak eser (iz) halinde ortaya çıktığı görülecektir (1-5 molekül/hücre). Bu enzimler beta (β) galaktozidaz (bazı β-galaktozidleri, örneğin glikozu ve galaktozdaki laktozu parçalarlar) ve galaktozid permeazlar (çevredeki galaktozidlerin hücre zarından alınmasını sağlar)'dır. Yani laktoz operonu bloke edilmiştir. Eğer ortama glikoz yerine laktoz verilirse, bu sefer hücre bu iki enzimi eski durumdakine yani glikozlu ortamdakine göre 1000-10.000 misli daha fazla üretmeye başlar. Eğer bakteri mutantları çaprazlandırılırsa (her eşte ancak bu iki enzimden biri bozuksa) ilgili gen yerlerinin komşu oldukları görülür.

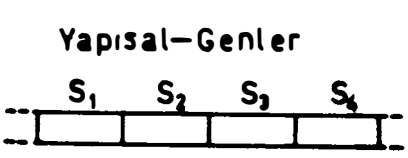
Benzer bir düzenleme, galaktozu sentezleyen ve yıkan enzimlerde görülür. Burada, galaktozun yapısal genleri üç çeşit enzimin üretimini (galaktoz-epimeraz, galaktoz-transferaz ve galaktokinazı) denetler ve bu üç gen birbirine komşu olarak bulunur. Her iki durumda da enzim grupları (uygun ortamda sentezleri genel olarak indüklenebilir) genetik harita üzerinde bir gruptur.

Bu şekildeki bir gen grubunda oluşan mutasyonlar ancak bir enzimin bozuk olmasına yol açar. Böylece mutasyonların nerede, örneğin beta galaktozidaz geninde (z^- mutantı) ya da permeaz geninde (y^- mutantı) olduğu saptanır. Bazen kontrol mekanizmasına isabet etmiş mutasyonlar çıkar. Bu mutantlar tam bir besin ortamında, laktoz dizisindeki iki enzimi ve galaktoz dizisindeki üç enzimi üretmeye devam ederler (normal bir yapıda, tam bir ortamda bu enzimlerin sentezlenmesinin durdurulması gerekmektedir). Kilit kaidesi bu mutasyonla bozulduğu için artık sürgüleme (durdurma) görevini yapamaz.

Çaprazlamalar bu şekildeki mutasyonların her zaman gen gruplarının başında olduğunu göstermektedir. Açıkça tüm bu grubu kontrol eden bir DNA birimi bulunmaktadır ve bu da kilit kaidesinin kendisidir. İşte bu DNA birimine "Operatör Gen" denir. (Şekil 11.61). Tüm kontrol birimi, yani operatör ve onun kontrol ettiği "Yapısal Genler" (Şekil 11.62) bir polipeptit zincirini kodlar ve her iki birimin tümüne birden "Operon" denir.



Şekil 11.61
Operon, yapısal genlerin ve yapısal genlerin önünde yer alan operatör genin tümüne verilen isimdir.



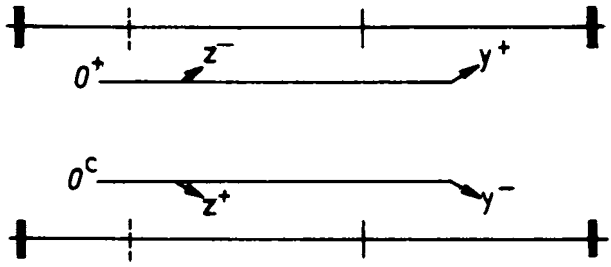
Şekil 11.62
S_1'den S_4'e kadar yapısal genler genom üzerinde birbiri ardısıra dizilmiştir ve E_1 enziminden E_4 enzimine kadar sentezlemeyi birbiri ardına aynı sırayı izleyerek sağlar.

Laktoz operonu z ve y yapısal genlerinin dışında üçüncü bir a genini de içerir. Bu sonuncusu işlevi tam olarak bilinmeyen bir transasetilazı kodlar. Önemli olduğu varsayılmadığı için, nadiren sözkonusu olur. Bu duruma göre operondaki dizilim şu şekildedir : Operatör gen (O) -Yapısal gen (z) -Yapısal gen (y) -Yapısal gen (a).

Bu durumda akla bazı sorular gelmektedir : Acaba yapısal genle, operatör gen komşu olmak zorunda mıdır ? Operatör genin yapısal gene etkisi nasıl olmaktadır ? Bu etki plazma üzerinden mi yürütülmektedir ?

Eşey düksiyonu (seks-düksiyon) ile kararlı heterogenotlar (düblikasyonlar) yapılabilir. Bunlar tam bir genom ile bir genom parçasından oluşmuştur ve operatör içinde heterogenot (düblikat) olabilir. Örneğin O^c/O^+.

O^c çekinik O^+ başattır. O^c ve O^+ taşıyan bir düblikasyonda (yani kromozomun biri O^c operatörünü diğeri ise O^+ operatörünü taşısın), ortamda yeterince sözkonusu enzim olsa dahi, yine üretilmeye devam eder; çünkü O^c sorumlu olduğu yapısal genlerin işlevini önleyemez. Buna karşın aynı ortamda O^+ operatörü sorumlu olduğu yapısal genlerin işlevini durdurur. Ayrıca bu operonun genlerinden bir tanesi daha mutasyona uğramış olabilir, örneğin $O^cz^+y^-$ (enzim y bozuktur, enzim z ise konstitutif olarak üretilir) ve $O^+z^-y^+$ (enzimler kontrol edilebilir; fakat, ancak y enzimi üretilebilir). Heterogenotta ($O^cz^+y^- / o^+z^-y^+$) ancak z enzimi işlev görür durumda konstitutif (bağımsız, emir dinlenmeksizin) üretilir; buna karşın aktif y enzimi ancak indüksiyondan sonra ortaya çıkar. Buradan şu sonuç çıkarılır : Her bir operatör ancak yapısal olarak bağlı olduğu genlere etki edebilir, diğer alleline değil. Hangi bilginin kromozom parçası (kırıntısı) üzerinde, hangisinin komple genom üzerinde olması önemli değildir. Çünkü diğer bir yapının içindeki ilgili gene uzaktan etkisi yoktur (Şekil 11.63).



Şekil 11.63 : Heterogenot bir bakteride iki laktoz operonundaki operatörün yapısal olarak bağlanma etkisi : Yani her operatör kendi operonuna etki edebilir.

Yapısal bağlantının önemi konusunda diğer inandırıcı bir husus, operatöre rastlayan bir delesyonda, lak-operonunun düzenlenmesi laktozun varlığı ve yokluğu karşısında tamamen işlevsizdir; buna karşın pürin-nukleotitlerinin sentezi ile değişen ortama karşı duyarlılık göstermektedir. Laktoz operatörünün uzaklaştırılmış durumunda, lak-operonu açıkça komşusu olan pürin-operonuna bağlanmıştır ve komşu

operatörden gelen emirlere uyum göstermektedir. Yani lak operonunun genleri kendisi için anlamsız olacak bir kontrol sisteminin emri altına girmiştir. Büyük delesyonlarda lak-operonu keza daha uzaktaki triptofan-operatörünün emri altına da girebilir.

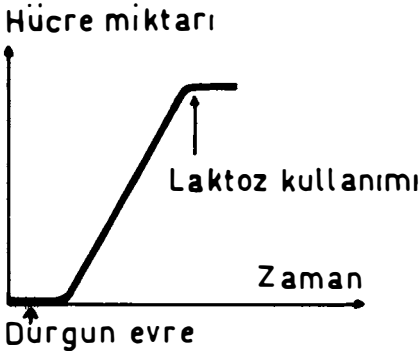
11.14.3. ENZİM SENTEZİNİN KONTROLÜ - II (Katabolik ve Anabolik Enzimler)

Bakterilerdeki madde değişiminde anabolik ve katabolik tepkimeler ayırt edilebilir. Katabolik madde değişimi ortamdan alınan besin maddelerinin küçük yapı maddelerine (moleküllere) kadar yıkımı demektir. Keza bundan hücrenin enerji gereksinmesi karşılanır. Anabolik madde değişiminde amino asit, nukleotit ve benzeri moleküllerden hücrenin kullanacağı yeni, büyük moleküller sentezlenir. Katabolik ve anabolik tepkimelerde, geçiş zinciri içerisinde keza değişik formlarda daha başka yan ürünler de oluşabilir (ara ürün ya da intermediyer madde değişimi).

Madde değişiminin tüm çeşitleri enzimlerle yürütülür. Tutumlu hücre görüşünden bakıldığında her katabolik ve anabolik enzimin farklı kontrol edilmesi gerekmektedir. Yıkıcı enzimler, ancak, bu enzim tarafından yıkılacak maddeler besin içerisinde olduğu zaman gereklidir. Bu substratların uygun enzimlerin sentezlerini uyarmaları "indüksiyon" gerekmektedir. Böyle bir indüksiyonu laktozda görmüştük.

Glikoz yıkımında meydana gelen ko-repressör karşısında indüktörün şansı yoktur. Fakat ko-repressör azaldığı zaman, indüktörün apo-repressörle birleşme şansı artar ve apo-repressörü inaktif hale geçirir (ko-repressör aktif hale geçirirdi). Dolayısıyla apo-repressör + indüktör, etkisiz bir repressör oluşturur. Operatör gen de kapatılamayacağı için (de-reprime) yapısal genden mRNA okunması başlar ve laktozu yıkan enzimler meydana gelir (Şekil 11.50). Bu indüktör madde de laktozun kendisidir. Burada dikkat edilecek husus glikoz yıkımından meydana gelen ko-repressörlerin bulunduğu ortamda indüktörlerin (laktoz) iş görmez durumda olması ve ko-repressör + apo-repressörün aktif repressörü (represyon), indüktör + apo-repressörün (indüksiyon) inaktif repressörü meydana getirmesidir.

Laktoz bulunan bir ortamda, glikozdan enerjisini sağlayan bakteriler ilk olarak durgun bir evre geçirirler (latent süre) ve bu evrede laktoz yıkımı için gerekli enzimlerin sentezlenmesi sağlanır ve laktoz kullanımı hücre sayısına bağlı olarak artar (Şekil 11.64).



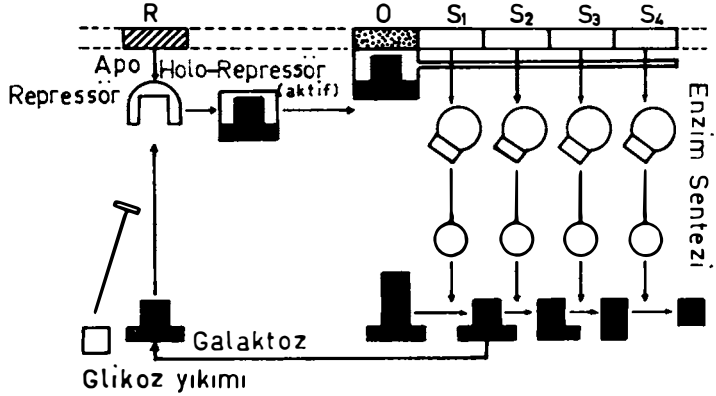
Şekil 11.64
Laktozlu ortamda bir bakteri süspansiyonunun hücre çoğalması, enzim oluşumu indüke edilmesine karşın, ilk olarak durgun bir evre geçirdikten sonra başlar (latent süre).

Glikoz bulunan bir ortamda ise glikoz yıkımı hemen başlar (glikoz enzimleri konstitutif olduğu için) ve ortamda glikoz bitince (ko-repressörler azalınca) bir durgunluk evresinden sonra laktoz yıkımına geçilir (Şekil 11.65) (indüksiyon).



Şekil 11.65
Glikoz ve laktozlu ortamda hücre çoğalması, bekleme evresi (latent süre) olmadan başlar. Glikoz yıkımı için enzimler daha önce vardır (konstitutif). Glikozun kullanılmasından sonra ilk olarak laktoz yıkımı için operonun açılması gereklidir. Daha sonra gerekli enzimlerin sentezi başlatılır; işte bu açılma ve sentezleme süresi durgun evredir (latent süre).

Daha sonraki kademede, laktoz yıkılırken ara ürün olarak galaktoz meydana gelir ve bu ürünün birikmesiyle ko-repressörler ortaya çıkar ve ko-repressörlerin apo-repressörle birleşmesi sonucu repressör tekrar aktif hale geçerek operatörü kapatır ve laktoz yıkımını sağlayan enzimlerin üretimi galaktoz yoğunluğu eski düşük durumuna geçinceye kadar durdurulur (represyon). Tüm bu düzenek birbirini izleyen duyarlı ve ince bir kontrol mekanizmasını oluşturur (Şekil 11.66).



Şekil 11.66: İnce (hassas) düzenleme: Laktoz yıkımındaki bir ara ürün (burada B) birikirse, bu madde ko-repressör olarak etki ederek, apo-repressörle birleşir ve holo-repressörü yapar. Sonuncu bileşim operatör geni (O) kapatarak, laktoz için gerekli enzimlerin sentezini bloke eder.

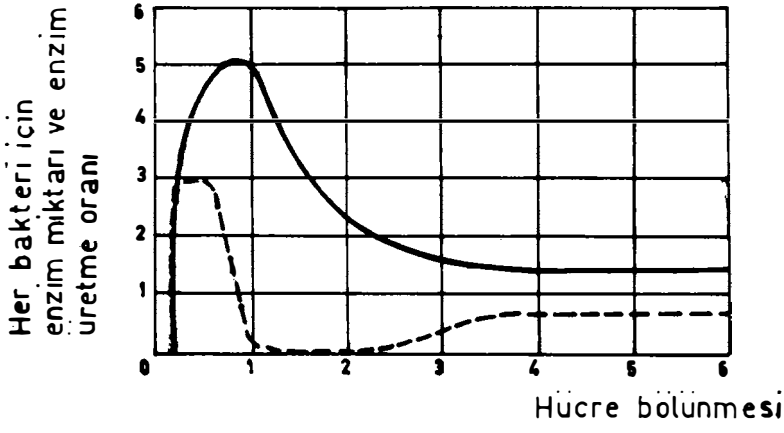
Buna karşılık anabolik enzimler, hücrede son ürün olmadığı zaman bulunmak zorundadır. Burada, yukarıdaki enzimin tersi bir durumla karşılaşmaktayız. Yani yeterince son ürün ilgili enzimin sentezini durdurmaktadır. Bu durum "Repression" olarak bilinmektedir. Her iki düzenleme mekanizması, Effektör olarak bilinen küçük moleküllerle (anahtar) kontrol edilmeleri açısından benzerdir. Yalnız birinde effektör, sentezi başlatır; diğerinde durdurur.

1953 yılında MONOD ve arkadaşları, triptofanın bulunduğu bir besin ortamında, bakterilerin, triptofan sentezleyen enzimlerinin oluşumunu durdurduklarını gözlediler. Benzer etkiler methionin, histidin, arjinin ve diğer amino asitleri sentezleyen enzimlerde de gösterildi. Amino asitlerin besin ortamından uzaklaştırılması ile enzimlerin sentezi tekrar başlatılıyordu. Burada dikkat edilecek husus enzimlerin oluşumunun sözkonusu olmasıdır, yoksa mevcut enzimlerin (11.12.1)'deki gibi aktivitelerinin düzenlenmesi değildir.

Sekiz kademeli arjinin sentezinde, örneğin ornithin-transkarbamilaz (OTC) tepkimeyi

Ornithin + Karbamilfosfat ⟶ Citrullin

şeklinde yöneltir. Arjininin varlığında OTC diğer yedi enzim gibi ancak eser halde üretilir. Eğer hücre yıkanır ve arjininden yoksun bir ortama konursa OTC derişiminin (konsantrasyonu) nasıl yükseldiği Şekil 11.67'deki eğri ile gösterilmiştir. Hücre bölünmesi ile enzimin seyreltilmesinden, her hücre için enzim üretim hızı tahmin edilebilir. Bölünme periyodunun yaklaşık 1/5 oranında geciktirilmesi (enzim üretiminin hazırlanma fazı) OTC'nin sentez oranını hızlandırır ve hücrede aşırı OTC derişimi meydana gelir ve yavrulara böylece iletilir. Bu şekilde elde edilen enzim, yeterince arjinin sentezler ve arjininin varlığı da tekrar enzim sentezlenmesini önler.



Şekil 11.67: Her bakteri için arjininin uzaklaştarılmasından sonra, zamana bağlı olarak OTC miktarı (düz çizgi) ve OTC'nin üretilme hızı; yani her zaman biriminde üretilen enzim miktarı (kesik çizgiler).

Hücrenin bölünmesi normal olarak sürdürülürse, iki bölünme sonunda enzim yeterince arjinin sentezleyemeyecek kadar seyrelir. Buradan OTC sentezinin (diğer yedi enzim gibi) hücre içi arjinin derişimi ile sürekli kontrol edildiği anlaşılmış olur.

Represyon ve indüksiyonda enzim üretiminin sözkonusu olduğuna değinmiştik. Gerçekte mevcut enzimin işlevinin kontrolüyle ilgisi yoktur. İndüksiyondan sonra ya da bir sentez zincirindeki son ürünün uzaklaştırılması ile, enzim, amino asitlerden yeniden sentez edilir (yeni sentezlenen proteinlerin yoğun olarak işaretlenmesi ve gradiyentte ayrılması ile gösterilebilir).

Bu kontrolün moleküler açıklanması konunun en önemli noktasıdır. Küçük özgül moleküller (effektörler) bir grubun operatörünü nasıl etkiliyor ki, enzimin üretimini başlatıyor ya da durduruyor ? Daha önce öğrendiğimiz gibi bir genin bilgisi, ilk olarak mRNA'ya aktarılmaktadır (transkripsiyon). Bu durumda acaba mRNA'nın üretimi mi kontrol ediliyor, yoksa mRNA sürekli olarak veriliyor da, protein sentezi için okunması mı (translasyon) kontrol ediliyor?

DNA ve mRNA'nın hibrit olabilme yeteneğine dayanılarak bu seçenekler araştırılmıştır. Bir düzenekle, λ -faji kullanılarak, bakterinin gal-bölgesi ile ilişki kurulmak suretiyle, mRNA/DNA hibridinin, enzim üreten hücrelerden mRNA elde edildiği zaman ölçülebilir oranlarda ortaya çıktığı gösterilmiştir. Diğer bir anlatımla : Reprime olmuş hücrelerde ilgili özgül mRNA eksiktir. Repressiyon sadece fazla olan enzimin sentezini değil, aynı zamanda ilgili mRNA'nın da verilmesini önlemiştir. Bu deneme ile mRNA'nın sentez edildiği; fakat anında tekrar yıkıldığı olasılığı da çürütülememektedir.

Kabul edelim ki, mRNA'nın oluşumunun başlangıcında ya da DNA'dan çözülüşünde, operatör kontrol edilmektedir. En azından triptofan-operonunda, operatörün sonundan itibaren sürekli bir mRNA zincirinin transkripsiyonu gösterilmiştir. Tek bir peptit zincirindeki dağılımı terminatör (bitirme) ve initiatör (başlama) kodonları saptamaktadır. Bu, bize, bunların bir operatör gibi birçok geni kontrol altında tuttuğunu göstermektedir.

Şimdi biz küçük özgül effektör moleküllerinin operatörleri nasıl etkilediğini ve DNA bilgisinin okunmasını ve bloke edilmesini nasıl sağladığını açıklamaya çalışalım.

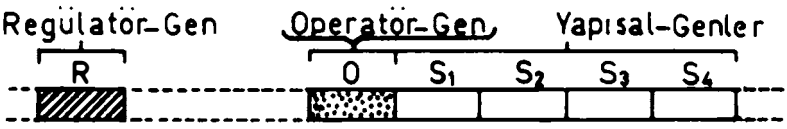
β-galaktozidazın indüksiyonunda indükleyen effektörün (kısacası indüktör) özgüllüğü kontrol edilebilir ve laktoz gibi diğer bir maddeyle enzim indüklenebilir. Bu, gerçekte laktoza sterik olarak benzer birçok bağ dizisi ile başarılır. Bu effektörlerin hepsi indüklenecek enzim için substrat olarak hizmet göremez. Birkaç bilinen effektör enzim için ölçülebilir bir afinite göstermez, yani effektör-enzim kompleksi oluşturmaz. Bu, açıkça effektör-enzim afinitesinin, kontrol mekanizmasında rolü olmadığını göstermektedir. Aynısı,madde değişiminde anabolik enzimlerin üretiminin durdurulması için de geçerlidir. Ancak son ürün (zincirin ara ürünleri değil) operonun tüm enzimlerinin sentezini durdurur. Önleyici maddenin ve enzimin sterik bir afinitesine gerek yoktur.

Laktoz gibi indüktör moleküllerin ya da enzim sentezini önleyen arjinin gibi son ürünlerin ilgili operatör için özgül olması gereklidir. Öğrendiklerimize göre, operatör kalıtsal bilginin bir parçasıdır ve diğer DNA parçasının karşısında özgüllük kazanması için, belirli bir nukleotit dizisinden oluşmak zorundadır. Bu dizinin uzunluğunun karşılaştırılmasında (büyük diziler 10-100 nukleotitli) özgül düzenleyici moleküller çok küçük kalmaktadır. Bu büyüklük farkları, operonun küçük bir molekül ile doğrudan doğruya, operatör, effektör arasındaki ilişkiyle düzenlenmesini olanaksız kılar.

Bu koşullar altında —protein sentezinde amino asitlerin diziliminde olduğu gibi— büyük özgül moleküllerin varlığını kabul etmekten başka yol yoktur. Bu moleküller bir aracı olarak çift afinite gösterirler; bir yandan operatörün belirli baz dizilerine, diğer yandan kontrol eden effektöre bağlıdırlar. Yani, DNA'ya özgül aracı molekül belirli bir baz diziliminin üzerinde olmalıdır. Ancak o zaman doğru operatörü, olası birçok baz dizilimi içerisinden doğrulukla seçebilir. Bunun, kilit örtüsünün kendisi olduğunu daha önce incelemiştik.

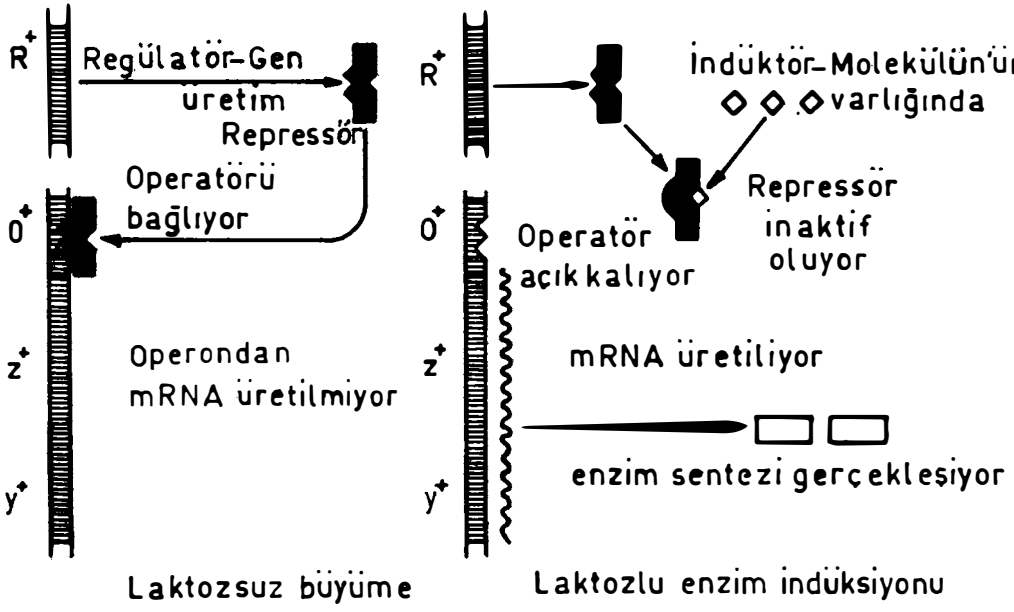
11.14.4. ENZİM SENTEZİNİN DÜZENLENMESİ - III
Regülatör Gen = Kaba Düzenleme

Lak-operonunun operatörünün konstitutif üretiminde mutasyona uğrayabileceğini gördük (O^c). Bu mutasyonlar ancak düzenleme mekanizmasını etkiler. Enzimin kendisi tamamen normal olarak kalır. Konstitutif mutasyonların bu türü dışında diğer bir çeşidi daha vardır. Bu çeşitte lak-operonunun enzimleri değişmez ve keza operonun tüm genlerinin konstitutivitesi devam eder (mutasyon olmaması kaydıyla). Bu mutasyonların lokusu operonun yanındaki operatöre yakındır. Fakat mutantın davranışı O^c mutantından o derece farklılık gösterir ki, operonun kontrolüne katılmış ilave bir genin varlığına hükmedilir (Şekil 11.68). İlk bulucusu onu "R e g ü l a t ö r G e n" olarak adlandırmıştır. Bu R geni farklı şekillerde mutasyona uğrar. R^- mutantları konstitutivdir (enzimler sürekli üretilir). O^c mutantından, heterogenotlardaki davranışıyla ayrılır. $O^cz^+y^+/O^+z^+y^+$ heterogenotu konstitutif olduğunda, O^c, O^+'ye başattır. Ancak heterogenot $R^-z^+y^+/R^+z^+y^+$ konstitutif olmamalı ve laktozla indüklenebilmeli, yani R^-, R^+'ya karşı çekinik olmalıdır. Diğer gen kombinasyonları için de bu geçerlidir, örneğin $R^-z^-y^+/R^+z^+y^-$'de. Bu, O^c ile R^- mutasyonları arasındaki en temel farktır. Operatörün etkisi, yapıya bağlı olmasına karşın (ancak *cis* durumu), regülatör gen uzak etki gösterir (*cis* ya da *trans*). Burada R^+ allelinden plazma aracılığıyla gelen ve keza R^- allelindeki operona etki eden bir gen üretiminin olması gereklidir. JACOB ve MONOD bu bilgi üzerine



Şekil 11.68: Regülatör gen "R" operondan uzakta bir yerdedir ve operatör geni kontrol eder.

enzim oluşumunun kontrolü ile ilgili genel bir "kabul edilebilir" varsayım (hipotez) kurdular ve yıllarca bu varsayımda bazı düzeltmeler yapıldı ve katkılar oldu. Bu varsayıma göre : Regülatör gen, ürün olarak " R e p r e s s ö r " denen bir madde üretir (yani kilit örtüsü) ve bu madde yığılma ile (Şekil 11.69) operatöre etki eder. Repressörün etkisi operatör üzerinde sürdükçe, ilgili operondan mRNA meydana gelmez. İndüklenen laktoz molekülü repressör ile tepkime yapabilir. Sonuçta yığılma ile repressör inaktif hale geçer; yani operatör üzerindeki etkisi kalkar ve dolayısıyla operonda bilginin okunması sağlanır. İndüksiyondan sonra mRNA sentezinin kinetiği ve bu mRNA'nın kendiliğinden inaktive edilmesi birçok deneyle gözlenmiştir.



Şekil 11.69 : Bir katabolik operon üzerindeki regülatör genin etki düzeneğinin şematize edilmesi.

O^c mutasyonunda operatör, repressörün kendini kilitleyemeyeceği kadar değişebilir. Regülatörün mutasyonu (R^-) ya hiç ya da pek az repressörün meydana gelmesine neden olur, bu da artık operonu kilitleyemez. Bir heterogenotta (heterozigotta), örneğin R^+O^+/R^-O^+'da R^+'dan oluşan repressörler, her iki operatörü de bloke eder. Bu nedenle heterogenotlar kontrol edilebilir.

R^t, regülatör gende mutasyonun ikinci bir çeşididir; ancak düşük sıcaklıklarda (25°C) etkili bir repressörün oluşmasına ve düzenlenmenin sağlanmasına izin verir. Buna karşın 40°C'de represyon sistemi inaktif olur ve enzim sentezi konstitutif yürütülür.

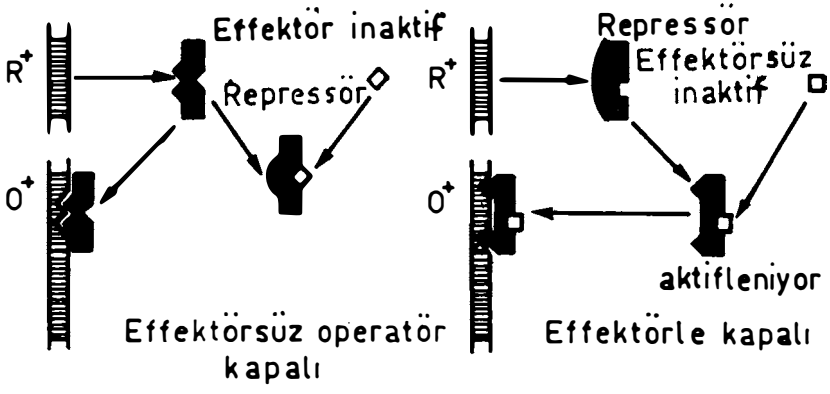
R^s (süperreprime), indüklenmeyen diğer bir mutasyondur. Hatta normal olarak yabanıl tipte etkili olan laktoz derişiminin 100 misli dahi indükleyemez.

Çaprazlama denemeleri lak-operonun yapısal genlerinin sağlam olduğunu, mutasyonun, regülatör gende (R^s) oluştuğunu göstermektedir. R^s'den oluşan rep-

ressör, indüktör molekül için daha zayıf çekicilik (afinite) gösterir. Bu mutantlar, düzenleme mekanizması için repressörden indüktöre sterik affinitenin olduğunu; kontrol edilen enzimden indüktöre doğru olmadığını göstermiştir. Ayrıca repressörün indüktörüne karşı afinitesini yitirse de daha önce olduğu gibi operatörünü tanıdığı gösterilmiştir. Repressör, keza, operatör ve indüktör için ayrı ayrı tanıma yerine (bölgesine) sahiptir. Beklenildiği gibi $R^s 0^+/R^+0^+$ heterogenotu R^s'nin kendisi gibi zor indüklenebilir. R^s'den çıkan repressör her iki operatörü da kilitler. R^s, R^+'ya başattır. R^s, indüklenebilecek durumda değilse, bu mutasyon laktoz yıkımı yeteneğinin tümden yitirilmesi demektir. R^s, bu durumda başat; fakat bozuk mutasyonlara nadir örneklerden biridir. Düzenleme sistemini bozan birçok başat mutasyon yorum yapmaya olanak sağlar.

11.14.4.1. *Anabolik Operonlar İçin Modelin Kullanımı*

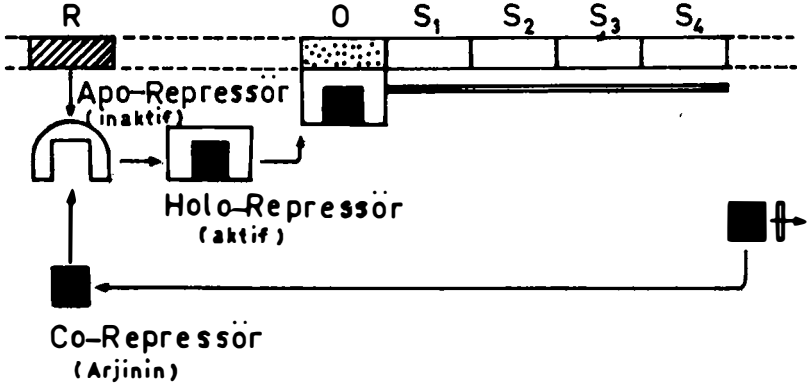
Biz bir katabolik operonun indüksiyonuna verilen örnek üzerinde düzenleme sistemini tartıştık. Acaba aynı mekanizma anabolik operonların represyonları için de geçerli olabilir mi ve bunun için bir şema değişimine gerek var mıdır ? Eğer bu modeli benimsiyorsak regülatör gen üretiminin (repressörün) operatöre yığılarak kilitlediğini, reprime eden effektörlerin, örneğin arjininin bu yığılım için repressörü etkili duruma getirdiğini kabul etmeliyiz. Effektör keza aynı şekilde katabolik tepkimede olduğu gibi; fakat ters yönde repressöre etki gösterir (Şekil 11.70). İlgili repressör (A p o - R e p r e s s ö r) molekülüne represyon yeteneği veren bu şekildeki effektörlere



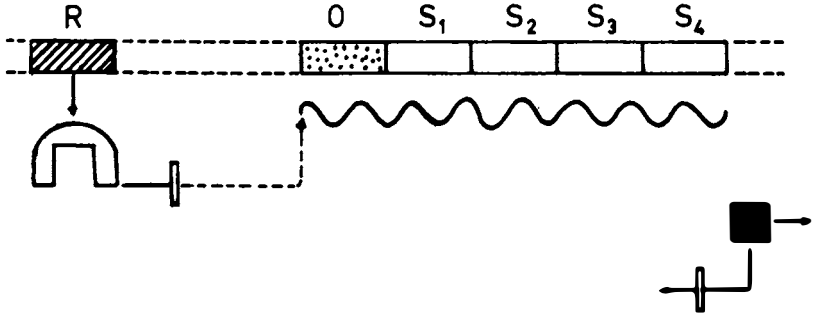
Şekil 11.70 : Anabolik ve katabolik enzimlerin düzenlenmesinin karşılaştırılması.

" C o - R e p r e s s ö r l e r " (ko-repressör) denir (Şekil 11.71). Her iki molekülün birleşmiş hali de, enzimlerden esinlenerek, " H o l o - R e p r e s s ö r " ismini alır. Yani regülatör genden aktif olmayan bir repressör maddesi (apo-repressör) üretilerek sitoplazmaya verilir; bu molekül birikmiş son ürünle (ko-repressörle) birleşince aktif hale geçer ve holo repressörü yapar. Bu da operatör geni reprime ederek, örneğin tüm arjinin operonunu işlemez hale getirir. Ortamdaki arjinin tekrar kullanılmak suretiyle azalırsa, örneğin protein yapımı için kullanılırsa, apo-repressör serbest kalacağı için, operatör üzerindeki baskı kaldırılır ve enzim üretimine tekrar geçilir (Şekil

11.72). Fakat bu işlem oldukça karmaşık olduğundan ve uzun bir yol gerektirdiğinden, genellikle kaba düzenleme olarak adlandırılır. Çünkü son üründen operatörün kapatılmasına kadar geçen süre, gereği olmadığı halde bir sürü enzimin sentezlenmesine engel olamaz.



Şekil 11.71 : Regülatör gen R, bir inaktif apo-repressör üretir. Eğer bu madde ko-repressörle bağlanırsa (burada birikmiş son ürün "E" olan arjininle), aktif hale geçerek holo-repressörü oluşturur. Bu sonuncu madde operatör geni (O) kilitleyerek E_1'den E_4'e kadar enzimlerin sentezlenmesini sağlayacak bilginin okunmasını önler.



Şekil 11.72 : Eğer son ürün hemen işlenirse, o zaman holo-repressör oluşmaz. Operon açık kalır. Böylece kalıtsal bilginin okunması ve enzim üretiminin devamı sağlanır.

Bu yoruma uygun olarak keza anabolik düzenlemede (represyon) R^- mutantları bulunmuştur. Bunlar sentez zincirinin son ürünü ile artık reprime olmazlar, yani repressör oluşturamadıklarından ya da bozuk repressör oluşturduklarından, effektörlerin varlığında dahi operatörü kilitleyemezler (konştitutif enzim üretimi). Bununla beraber R^-O^+/R^+O^+ heterogenot mutantlarda effektör ile yine kontrol mümkündür.

Regülatör genin operona etki mekanizmasının doğrudan doğruya olmadığını öğrenmemize karşın, çok defa regülatör genin operona yakından bağlı olduğu gözlenmiştir [örneğin, lak, ara ve lamda (λ) immunitesi]. Bu, rekombinasyonda bir seçme üstünlüğü yaratarak, birbirini kontrol eden sistemlerin koparak (krossing-overle) ayrılmamasını sağlar.

Bu bölümdeki açıklamalara dayanarak, gen düzenlemesinde esas mekanizmanın repressörlerin allosterikliğinde yattığını, yani ikili (doppel) özgüllükten (spesifiklik) ileri geldiğini söyleyebiliriz. Özgül küçük moleküller belirli bir repressörü aktif hale geçirir ya da inaktive eder. Diğer taraftan repressör, spesifik operatörlerle tepkimeye girer ve gen gruplarını işlev dışı bırakır. Repressör, plazma ve genom arasında bir çeşit aracıdır. mRNA bilgiyi genomdan plazmaya, repressör de bilgiyi plazmadan genoma götürür.

Bu iki haber iletme yöntemi birbirinden farklıdır. Birinde uzun bir emir (mRNA) ve bilgi, diğerinde ise enzim üretimini başlat ya da durdur gibi sadece kısa bir haber vardır. İkinci fark, genomdan plazmaya giden bilginin amaca yönelik olmamasına karşın, plazmadan genoma giden haberde belirli operonlar üzerinde amaca yönelik etki vardır. Genom, adresi belirsiz uzun yazılmış bir haberi sanki şişenin içerisine koyarak plazmaya göndermekte; buna karşın plazma ancak evet ya da hayır yazılı bir haberi genoma göndermekte; yalnız adresi belirli bir mektupla. Bu adres belirli operonların adresidir. Fakat, plazmanın yazma yeteneği olmadığı için, bir çeşit hileye başvurur; genomda adresi yazılı mektup zarflarını (repressörleri) kullanır ve böylece plazmada mevcut belirli moleküllerin üzerindeki haberi bu zarfları kullanarak adreslerine gönderir. Diğer bir tanımla : Repressör, genomun ölçme sondasıdır ve bir çeşit ajan ya da piyasa araştırıcısı olarak görev yapar.

Bu konuda değişik tanımlamalara çeşitli kitaplarda farklı şeklide rastlamak olasıdır. Bu nedenle şimdiye dek geçen terimleri bir daha kısaca açıklamaya çalışalım.

İndüktör : Bir repressörün inaktif hale geçirilmesini sağlar; yaptığı işleve de indüksiyon ya da indükleme denir.

Represyon : Son ürünün repressörü aktif hale geçirmesine denir.

İndüktör ve repressör, indüklemede ve represyonda analog (görevdeş) elementler değildir.

Repressör, indüksiyon ve represyona katılır. Tepkime arkadaşı (reaksiyon partneri) effektördür [indüksiyonda indüktör, represyonda ko-repressör (son ürün) dür].

Repressör etkisi her zaman olumsuzdur. Aktif repressörler operonlarından bilgi verilmesini önlerler (negatif kontrol).

11.14.5. PROFAJLARDA VE DİĞER EPİSOMLARDA DÜZENLEME

Düzenleme şeması lizogeni sorununda kullanılabilir. Bir lizogenin bağışıklığı, yani profaj taşıyan hücrenin, aynı tip fajların enfeksiyonuna karşı dayanıklılığı, plazmatik repressörlerin varlığıyla anlaşılabilir. Bu repressör, fajın bir geni tarafından bizzat ürettirilir. Bu, yeni enfekte olan fajın ve bizzat profajın replikasyonunu durdurur; bununla beraber bakteri genomunun replikasyonunu sağlayan profajın replikasyonunu önlemez. Bu yorum aşığıdaki bulgulara dayanılarak yapılmaktadır.

1. Eğer bir koli konjugasyonunda, lizogen (Hfr) özellikli bir profaj (bakteri genomu içerisinde), lizogen olmayan (F^-) bir hücreye iletilirse, alıcı hücre liziz olur. Çünkü alıcı hücre profajın serbest replikasyonunu önlemek için plazmatik repressörlerden yoksundur. Eğer alıcı hücre buna karşın bir lamda (λ) lizogeni taşıyorsa, sevkedilen profajın fragmenti bunu taşısa da taşımasa da, liziz olmaz.

Aynı şekilde R^+z^+ verici hücresi ile R^-z^- alıcı hücresi arasındaki konjugasyonda, ortamda laktoz olmamasına karşın, geçici olarak z enzimi üretilir. Alıcı hücre (R^- bozuk mutasyonundan dolayı) repressör içermez. Bu nedenle fragmentin z^+ geninden, ilgili repressörü üretecek, regülatör genin enjekte edilmesine kadar; enzim üretilir.

2. Bir λ profajı ve gal bölgesi ile bağlantılı F faktörü kazanılabilir. Bu faktörün bir gal - λ- hücresi ile (lizogenik değil) nakli bir heterogenot Gal - λ-/FGal$^+$ λ^{++} (klor amfenikol ile zigotik indüksiyondan kaçınılabilir) oluşturur. Her iki durumda da immunitet immunzsuzluğa başattır; yani her iki heterogenot da yeni λ enfeksiyonuna karşı bağışıktır.

3. Termolabil (sıcaklığa karşı kararsız) repressör üreten λ mutantı bulunabilir. Regülatör gen konfigurasyon R^+'ye mutasyonla dönüşür. λR^+ profajlı lizogenik bakteriler düşük sıcaklıklarda (25°C) normal çoğalır; fakat 40°C'de hepsi liziz olur; çünkü o zaman repressör profajın serbestçe çoğalmasını artık önleyemez.

Rezistans faktörlerde ya da kolizinojen faktörlerdeki gibi episomlarda repressörler bilinmektedir; örneğin erkek F-pilus sentezini durdururlar. Bir R^+z^+ vericisi ile bir R^-z^- alıcısının konjügasyonu sırasında geçici enzim sentezinin analogu hemen bir alıcı hücreye nakledilirse, başlangıçta onlar tarafından kodlanan F-pilus sentezini durduracak durumda değildir. İlk olarak, nakilden birkaç saat sonra yeterince repressör biriktiği için, ortaya çıkar; bu arada F-pilus sentezine konukçu hücrede devam edilir.

Nitekim, klasik F faktörü onun tarafından kodlanan F-pilus sentezini reprime edecek durumda değildir; öyleki F^+ hücreleri her zaman çok verimlidir (fertil). Fakat F^+ hücreleri belirli rezistans ve kolizinojen faktörler tarafından enfekte edilirse, o zaman bunlar F faktörü tarafından kodlanan pilus sentezini reprime eder. Klasik F faktörü bir R^- mutantı gibi davranır, yani kendine özgü repressör yapmaz; fakat diğer belirli bir episom tarafından kodlanan repressöre uyum gösterecek operatör geni taşır.

F-pilus sentezi hücre için o kadar kullanılır ki, ilgili genin zamanla devre dışı bırakılması, kontrol mekanizmasının gelişiminde bir yarar (seleksiyon avantajı) sağlar.

11.14.6. REPRESSÖRLERİN KİMYASAL YAPISI

Lizogen bir hücrede, özgül repressörün molekül sayısı/hücre oranı küçük olması nedeniyle ancak sınırlı bir bağışıklık gösterdiği bilinmektedir. Eğer bir bakteri,

P_2 profajı taşıyorsa, yeni enfekte olacak birkaç P fajına karşı bağışık olabilir; ancak 20-30 faja karşı bu bağışıklık sürdürülemez.

Aynı sonuç lamda fajı ile kanıtlanmıştır. Bakterilerin %50'sinin bağışıklığını kırmak için 25-30 enfekte edici partiküle gereksinme duyulmuştur. Eğer hücre çift lizogen ise o zaman gerek duyulan partikül sayısı 60-70'e yükelir. Bu, her lamda profajının repressör sentez eden bir regülatör geni taşıdığını gösterir.

Belirli bir repressörün küçük sayılarda temsil edilmesi, onun kimyasal olarak yalıtımını (izolasyonunu) zorlaştırır. Regülasyonun özgüllüğü, kimyasal materyal olarak proteinleri yine gündeme getirir. Proteinlerin effektör ve repressör arasındaki iki taraflı etkisi, allosterik çerçeve içerisinde kolayca anlaşılabilir. 1966 yılında GİLBERT ve MÜLLER-HİLL, lak repressörünü, 1967'de de PTASHNE, lamda repressörünü izole ettiler. Her ikisi de proteindi. Bir hücrede normal olarak birkaç düzine repressör molekülü olduğu için, istenen bir repressörün izolasyonu çok ayrıntılı bir teknik istemektedir. İzole edilen bu repressörler işaretlenmiş moleküllerle test edildikten sonra kesin olarak emin olunmuştur. Elde edilen ilk repressörün sadece IPTG (effektör molekülü) ile değil, aynı zamanda lak-operonundaki DNA'ile de bağlandığı saptanmıştır. Ayrıca O^C operatöründeki DNA ile zayıf bağlanmakta, operatör bölgesi olmayan DNA ile hiç bağ yapmamaktadır.

Repressör proteinin ağırlığı yaklaşık 150.000'dir ve birbirine eşit dört alt birimden oluşmuştur.

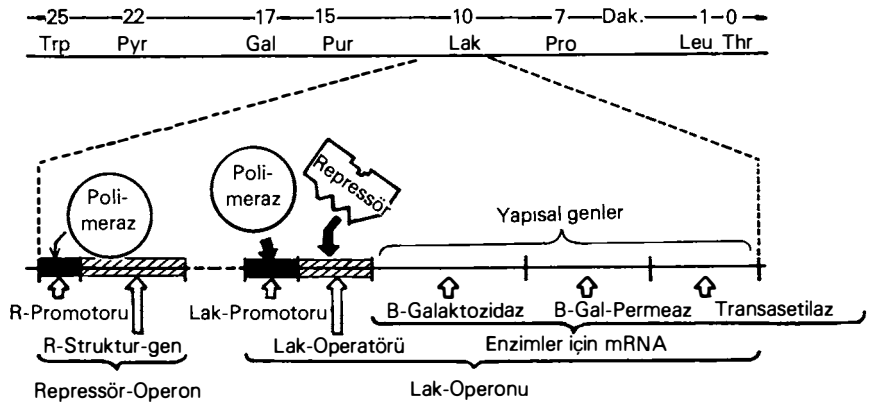
Bugün lak-repressörünün izolasyonu çok daha kolay yapılmaktadır. Çünkü mutasyonlarla bu repressörün sentezi fazlalaştırılabilmektedir. Lamda repressörünün moleküler ağırlığı da 30.000 kadardır. Lamda repressörü de ancak lamda DNA'sı ile özgül bağ yapmaktadır (diğer fajların DNA'sı ile değil). Bu repressörle lamda-mRNA sentezi in vitro olarak bloke edilmektedir. Repressörlerin izolasyonu operatörlerin kimyası konusunda da bilgi vermektedir. Eğer repressör deneysel olarak DNA'ya bağlanırsa ve DNA nukleaz ile yıkılırsa, geriye repressörün kapattığı DNA operatörü kalır (yani enzim bu kısmı parçalamamıştır). Böylece lak-operonu GİLBERT tarafından diğer DNA zincirinden izole edilmiş ve operonun yaklaşık 20 nukleotitten oluştuğu bulunmuştur.

11.14.7. PROMOTOR

Şimdiye kadar bir operonun düzenlenmesinde operatör iki işleve sahipti:

1. Repressör için bağlanma yeri,

2. Repressörün yokluğunda RNA-polimeraz için özgül başlangıç ve bağlanma yeri. Modelimize göre bu iki işlev de bir bütün oluşturur. Galaktoz-operonunun incelenmesinde, şimdiye kadar bu iki işlevin birbirinden ayrı olduğunu gösteren kalıtsal bir esasa rastlanmamıştır. Buna karşılık lak-operonunda (Şekil 11.73) komşu olarak bulunan DNA parçalarının mevcut olduğu ve her birinin bir işlevi yüklendiği saptanmıştır. Yani dar anlamda yalnız repressör için bağlanma yeri olan operatörün yanında



Şekil 11.73: Lak-operonunun ve regülatör geninin şeması. Üstte koli haritasının büyük bir kısmı (Bresch ve Hausmann'dan).

yatan diğer kısmında "P r o m o t o r" olarak RNA-polimeraz için özel çıkış yeri olduğu bulunmuştur.

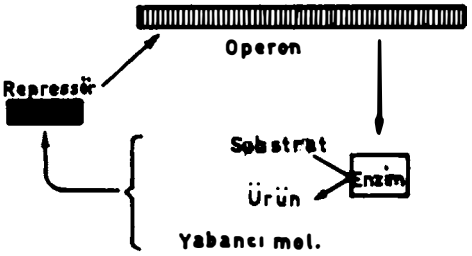
Promotor ilk defa bozuk mutantlarda tanınmıştır. Koli mutantlarının incelenmesinde, lak enzimlerinin yabani tipten daha az üretildiği saptanmış ve bunun operatör genin solundaki (Şekil 11.73'de solda) bir bölge aracılığıyla düzenlendiği bulunmuştur. Promotor denen bu bölge operonun RNA-polimeraz aracılığıyla transkripsiyonuna etkili olmaktadır. Bu bölgede (promotorda) oluşacak bir delesyon lak-operonunun transkripsiyonunu tümüyle önler. Regülatör gen de yine bir polimeraz molekülüne afinitesi az olan promotora sahiptir. Dolayısıyla regülatör gen ancak zaman zaman kopya edilir. Promotorda meydana gelecek bir mutasyon polimeraz afinitesini yükselteceği için repressör üretimini artırır.

11.14.8. DÜZENLEMENİN İŞLEYİŞ ŞEMASI

Şimdiye kadar hücre içindeki düzenlemenin ana işleyiş ilkelerini kısaca gördük. Bunların kendi aralarında hangi düzene göre etkili olduklarını özetleyelim.

11.14.8.1. *Bir Çember Şeklindeki Etki Düzeneği*

En basit durumda, repressör, effektör ve operondan oluşmuş bir çemberdir (Şekil 11.74). Repressörün iki ana tipi vardır. Birinci tipi effektörsüz aktiftir. Buna "P r o t o r e p r e s s ö r" denir. İkinci tipi effektörlü aktiftir. Buna da "A u x o - R e p r e s s ö r" denir. Burada effektörler kontrol edilen operonun ürünü ve substratıdır; duruma göre yabancı bir madde de olabilir. İki ana tipe göre durum aşağıdaki gibidir.

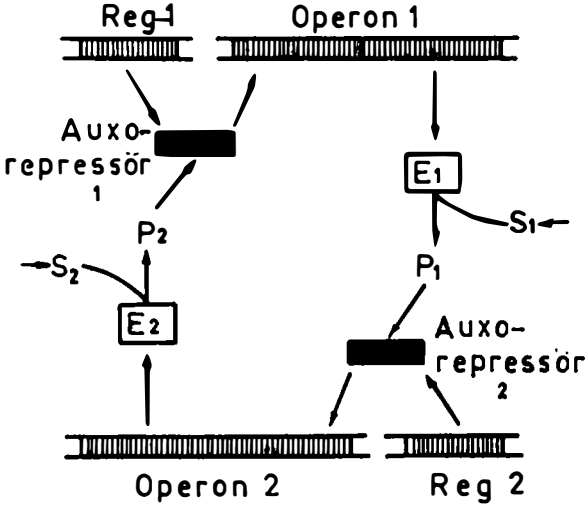


Şekil 11.74: Çember etkileşim düzeneğinin genel bir şeması (Bresch ve Hausmann'dan).

Effektör	Auxorepressör	Protorepressör
Substrat	Substrat, kendi madde değişimini önler	Substrat, kendinin ürüne dönmesini sağlar (katabolik enzimlerin indüksiyonu)
Ürün	Ürün, kendi derişimini sabit tutar (son ürün inhibisyonu)	Ürün, kendi sentezini sürekli kılar
Yabancı Molekül	Substratın ürüne dönmesini önler	Substratın ürüne dönmesini sağlar

11.14.8.2. *Delbrück Modeli*

Bu modelde esas düşünce Şekil 11.75'de şematize edilen iki enzim tepkimesinin karşılıklı bloke edilmesidir. Eğer plazma içerisinde enzim-1 varsa, ürün-1 oluşur. Bu, effektör olarak auxorepressör-2 ile tepkime gösterir ve operon-2'yi devre dışı bırakır. Enzim-2 oluşmadığında, aynı şekilde ürün-2 meydana gelmez, yani auxorepressör-1 inaktif kalır ve operon-1 fonksiyon görür. Eğer dıştan bir etkileşim olursa, örneğin, substrat-1 girerse, ürün (P_1)'in sentezini önler ve operon-2 aktifleşir. Bunun ürünü (P_2) auxorepressör-1'i aktive eder ve böylece operon-1 devre dışı kalır. Dıştan herhangi bir etki (madde girimi) olmazsa operon-2 durumun hakimi olarak kalır. Bu



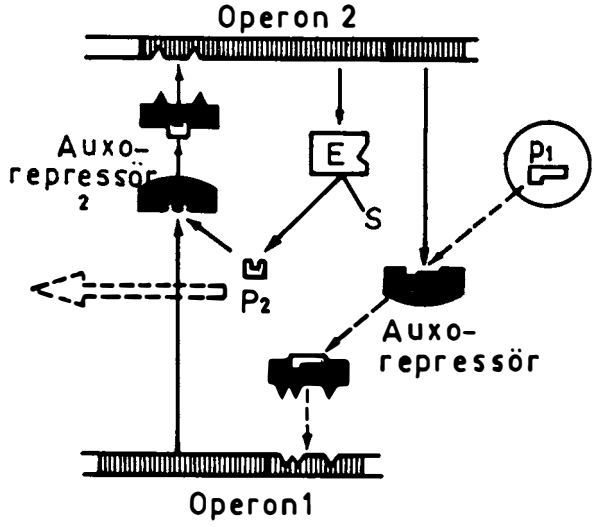
Şekil 11.75: Delbruck Modeli (Bresch ve Hausmann'dan).

plazmatik; fakat alternatif durum hücre bölünmesinde çoğaltılır. Çünkü yavru hücreler de bu enzimlere sahiptir. Bu, bir çeşit sitoplazmik kalıtım içerisinde değerlendirilir.

11.14.8.3. *Özel Hücreler*

Karmaşık düzenleme olaylarının bilirli bir zaman dizisine göre sırayla yürütülmesi zorunludur. Dolayısıyla hücrenin bir zaman ölçüsü olması gerekir. Bu saat biyokimyasal maddelerle başarılır. Özellikle bazı maddelerin birikimi ya da harcanması ile sağlanır. Madde miktarı kritik derişimin altına ya da üstüne çıkınca düzenleme mekanizması harekete geçer. Bir dizi şeklindeki çözülme ya da bağlanma bir operondan diğerine iletilir. Bu şekildeki bir saat, özel hücrelerde önemli rol oynar.

Benzer hücrelerden oluşmuş bir hücre topluluğunda, bir hücre farklı gelişim gösterebilir. Potansiyel olarak, komşu hücreler de bu değişimi gösterebilecek durumda olmalarına karşın, benzer bir gelişim ortaya çıkmaz. Yani özel gelişimin meydana geldiği hücre diğerlerinin değişimini engeller. Şekil 11.76'de auxorepressör-2'nin ürünü operon-1'in kontrolü altındadır. İşlek durumda operon-2, auxorepressör-1 ve kısa ömürlü ya da allosterik kapatılabilen enzimleri (E) üretir. Bu ezimler operon-2'yi bloke edecek auxorepressörü aktif hale geçirecek ürünleri (P_2) yapar. Böylece P_2'nin derişimi düşük bir düzeyde tutulur. Bu durumun dengesi auxorepressör-1'in aktive edilmesiyle bozulur. Bu da bir saatin kontrolü altında hücrede derişimi kritik noktaya kadar yükselen ürün-1 (P_1)'in sevk edilmesiyle sağlanabilir. Şimdi operon-1 devre dışı bırakılmıştır; auxorepressör üretimi durmuştur ve operon-2 sürekli işlev görür. Ürün-2 (P_2)'nin büyük miktarlardaki üretimi, artık operon-2 tarafından önlenemez. Çünkü bunun için gerekli repressör-2 yoktur.



Şekil 11.76 : Bir özel hücredeki düzenleme şeması (Bresch ve Hausmann'dan).

Diğer taraftan ürün-2 (P_2), hücreden dışarıya diffüzyonla çıkar ve komşu hücrelerin içindeki auxorepressör-2 ile operon-2'nin işlevi bağlanır. Bunu takiben, bu hücrelerde artık auxorepressör-1 üretilemez, yani operon-1 sürekli işlevini sürdürür; keza ürün-1 (P_1) yüksek derişimlere ulaşsa da, auxorepressör-2 sürekli üretilir ve dışarıya da diffüzyonla çıkan ürün-2 (P_2) ile operon-2'yi sürekli devre dışı tutar. Buna karşın özel hücrelerde operon-2 aktif, operon-1 inaktif olursa, diğer hücrelerin hepsinde karşıt durum ortaya çıkar, yani operon-1 işlev görür; fakat operon-2 devre dışı kalır.

11.14.8.4. *Effektörlerin Antagonistik Etkisi*

Bir effektörle protorepressörlerin inaktivasyonu ya da bir auxorepressörün aktivasyonu, repressörün allosterik yerinde tutulan diğer bir molekül aracılığıyla bloke edilebilir. Bu çember düzenlemenin durumu o zaman effektörün derişimi ile değil, özellikle ikili derişim oranıyla (effektör ve bloke edilen molekül = anti-effektör) saptanır.

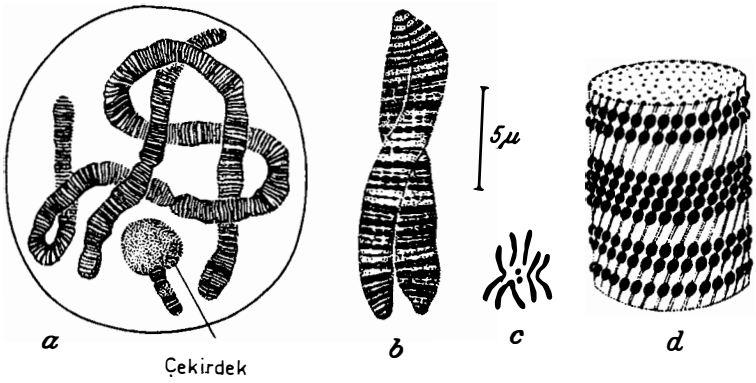
Eğer effektör ve anti-effektör bir hücre içerisinde üretilir ve her iki madde de diğer hücrelere diffüze ederse, anti-effektörün daha yavaş hareket ettiğini varsayarsak, komşu hücrelerde effektörün etkisi bloke edilmesine karşın, çıkış hücresinden belirli bir mesafede effektör etkisini göstermeye başlar. Periyodik olarak ortaya çıkan (bir ara bir sıra) örnekler bu şekilde meydana gelebilir.

Birçok düzenleme şeması yapılmıştır ve yapılabilir. Bir operonun iki farklı repressör tarafından kapatıldığı (her iki repressör inaktif olduğu zaman operon iş görür), yani farklı effektörler olduğu zaman ya da bir repressörün bir grup operona etkili olduğunu, ya da tek bir effektörün bir dizi repressörü değiştirdiğini varsayan şemalar günümüzde hala tartışılmaktadır.

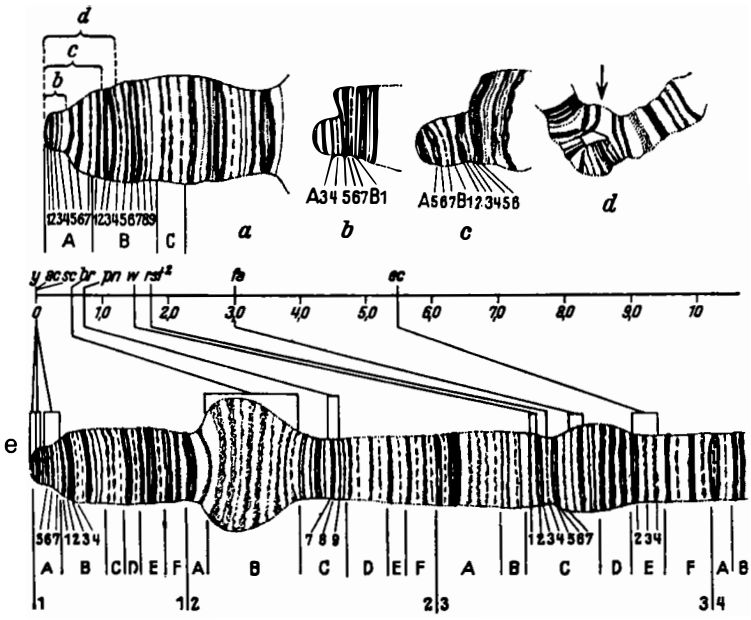
11.14.9. DÜZENLENME VE KROMOZOM YAPISI

11.14.9.1. *Politen Kromozomların Pufları*

Tüm genlerin sürekli işlek olmadığını; ancak düzenlenme mekanizması ile belirli genlerin iş görür olduğunu daha önce inceledik. Genlerin kopya edilmesini mikroskop altında sineklerin politen (dev) kromozomlarında görmek mümkündür. Bu şekildeki kromozomlar enine bantlarla (Şekil 10.7 ve 11.77) kolayca tanınırlar (daha geniş bilgi için 10.2.1.'e bkz.I). Farklı dokuların ve gelişim evrelerinin karşılaştırılmasında, aynı kromozomun farklı bölgelerinde; fakat belirli yerlerinde, yapıda bir çözülme ve dışarıya doğru balon gibi "Puff" denen şişme görülür (Şekil 11.78). Bu, bir tel demetinin belirli yerlerinde gevşeyerek dışarıya doğru çıkıntı yapmasına benzer (Şekil 11.79). Birkaç saat süren bir gelişim olayının incelenmesinde bu pufların değiştiğini ya da ardı ardına, sanki bir yılanın bir besini yutmasına benzer şekilde yer değiştirdiğini gözleyebiliriz (Şekil 11.80'de belirli bir zaman süreci içerisinde bir pufun değişimi görülmektedir). Küçük ve büyük puflar vardır. Çok büyük olanlar ilk gözleyicisinin ismiyle "Balbiani Bilezikleri" olarak anılır. Belirli bir süre

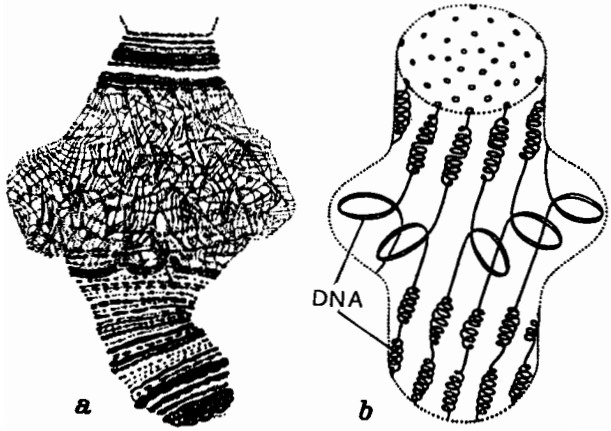


Şekil 11.77 : Dev kromozomlar (sineklerin tükrük bezindeki çekirdeklerde). a) Bir *Chironomus* larvasının çekirdeğindeki kromozomlar, b) *Drosophila melanogaster*'in tükrük bezinden küçük bir kromozom parçası, c) *D. melanogaster*'in çekirdek bölünmesi sırasında kromozom takımı; b'de gösterilen kromozom aynı büyültme ile c'deki nokta kromozomun dev şeklidir, d) Sayısız kromonemadan yapılmış bir dev kromozomun şematik görünümü (Kühn'den).

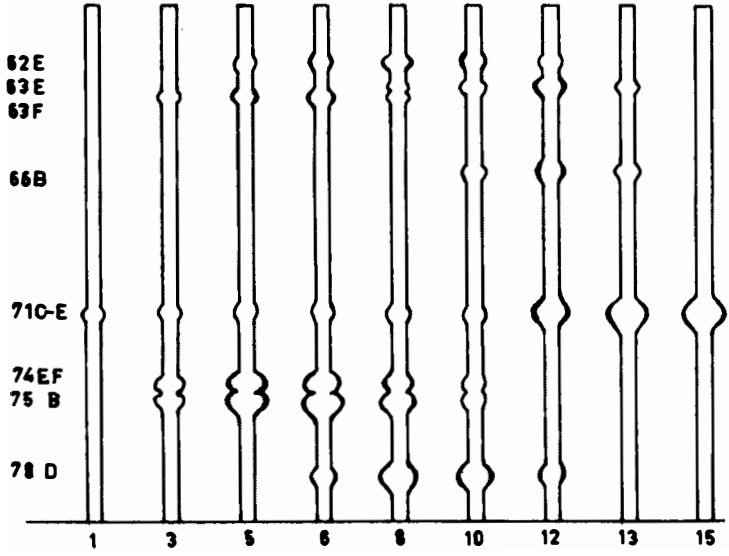


Şekil 11.78 : *Drosophila melanogaster*'in tükrük bezi kromozomları. a-d) I. kromozomun (X kromozomu) ucu, a) Kromomer dizisinin dağılımı, b-d)Parça yitirilmesi, b ve c'de kromozomların ucundan, d'de okla gösterilen bölgede, e) Parça yitirilmesiyle birkaç genin lokalizasyonu (Kühn'den).

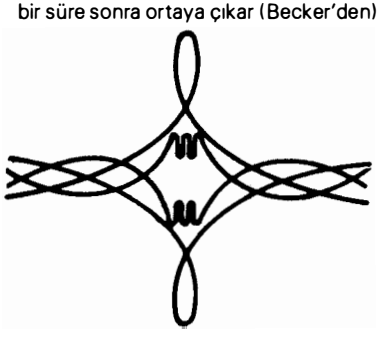
gözlenen bu pufların, tekrar eski halini aldıkları görülür. Bir pufun şematik görünümü (Şekil 11.81)'deki gibidir. Bu şeklin, bant içerisinde kendi üzerine spiral şeklinde kıvrılmış iplikçiklerin çözülmesi ve dışarıya doğru fırlamasıyla oluştuğu varsayılmaktadır (Şekil 11.79). Bununla beraber pufun bulunduğu bölge boyuna uzamadığı için, birçok iplikçikten birkaçı yine spiral formunu devam ettirir.



Şekil 11.79 : Bir dev kromozomun bir kromomeri üzerinde puf oluşumu. a) Bir *Chironomus*'un tükrük bezi kromozomundaki puf, b) Bir genin bulunduğu yerde şematik olarak puf oluşumu (Kühn'den).



Şekil 11.80 : *Drosophila*'nın 3. kromozomunun son kolunda birbirini izleyen puf dizileri (1-15). 1-12. evreler krizalit (puf) olmadan yaklaşık dört saat önce başlar. 12-15. evreler krizalit olduktan kısa bir süre sonra ortaya çıkar (Becker'den).



Şekil 11.81 :

Bir pufun şeması
(yüzlerce politen kromozomundan ancak dördü gösterilmiştir).

Ana ve babadan gelen kromozomlar birbirine yapışık olarak endomitozla birçok defa kendini çoğaltığı için, kromozom sayısı hücrede haploit (n) olarak görülür. Bu kendini çoğaltmanın 1000'den daha fazla olduğu durumlar vardır. Koyu boyanan bant kısımları DNA'nın olduğu yerlere denktir. Bu enine bantların sayısı *Drosophila melanogaster*'de 5000'e ulaşır. Meydana gelecek mutasyonlar bu bantlarda çok güzel saptanabilir. Çünkü binlerce defa büyültülmüş olarak görünürler. Bu bantların küçük populasyonlarda değişiklik göstermesi evrimsel açıdan kromozomların ne ölçüde değişmelere uğradığını açık bir şekilde göstermektedir.

BEERMANN, belirli dokularda (tükrük bezi, malpiki bezi, yağ doku vs.) gelişimin belirli zamanlarında, kromozomların özelleşmiş bölgeleri üzerinde belirli büyüklükte pufların olduğunu gözledi. Bu görünüm, açıkça belirli genlerin ya da gen gruplarının işleviyle ilişkiliydi. Buna kanıtlayabilmek için şu deneme yapılabilir: *Chironomus*'ların belirli türleri, tükrük bezlerinin bir grup hücresinde granulaya sahiptir (diğer hücrelerde görünmez). Bu granulara ilişkin (bağlantılı) olarak, granulası olmayan hücrelerde görülmeyen özel bir puf görülür. Granula oluşturan ırklarla, granula oluşturmayan ırkların çaprazlanmasından meydana gelen melezler, ilgili kromozom parçasının içerisinde bir çatallaşma, yani ata kromozomunun benzeri olmayan bir durum ortaya çıkarır. Bu melez hücrede gözlenen puf, ancak kromozom çatalının bir kolunu gösterir ve buna uygun olarak da yarı sayıda granula meydana gelir.

Böceklerde krizalit (pup) olma " E c d y s o n " denen bir hormonla başlatılır. Bu hormon bir bireyin gelişmesi sırasında, belirli bir zamanda ve belirli bir süre için prothoraks bezinden üretilir. Başkalaşımın (= metamorfozun) karmaşık işleyişini açıkça indüke (uyarma) eder. Ektizonun enjekte edilmesiyle sadece krizalit olma değil, CLEVER ve KARLSON'un gösterdiği gibi, kromozomlarda şekli çok belirgin olan pufların da oluşumu sağlanır. BECKER tarafından *Drosophila*'da, normal koşullar altında, krizalit olmadan önceki puf oluşumları incelenmiştir. Krizalit olmadan yaklaşık 4 saat önce çok aktif bir evre başlamaktadır (bu zamana doğru hormon salgılanması artmaktadır). Üçüncü kromozomun sol kolunda yaklaşık 100 kadar çoğunluk küçük puf oluşumu ortaya çıkar. Pufların zamana bağlı olarak ortaya çıkışları Şekil 10.7 ve 11.80'de gösterilmektedir.

Dev kromozomlar, gen işlevlerinin düzenlenmesini gözümüzle izleme olanağını vermektedir. Krizalit olma bir dizi olayın gerçekleşmesidir. Ekdizonun salgılanması olayı başlatır. Bir dizi gen, hormanla aktif hale geçerek pufları meydana getirir. Bu gen dizisi başkalaşımın (metamorfozun) ilk basamağını başlatır ve belki kendinin salgıladığı yeni maddelerle, yeterli derişimlerde, diğer genlerin aktif hale geçerek yeni puflar yapmasını sağlar. Bu yeni puflar ikinci basamağı oluştururlar. Analog (benzer işi gören) aktiviteye sahip işlev dizileri keza normal kromozom üzerindeki gelişim olaylarında da aynıdır. Fakat gözlenmeleri zor ya da şimdilik olanaksızdır.

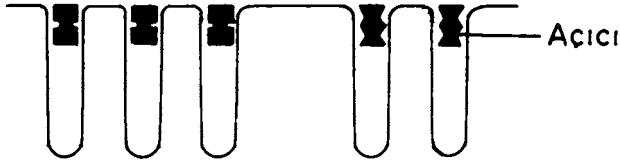
Gen işlevlerinin zamansal olarak birbirini ilginç bir şekilde izlemesini kanıtlayan bir gözlem de MECHELKE tarafından yapılmıştır. *Acricotopus*'da başkalaşımın (metamorfozun) başından itibaren 15 kadar enine banttan geçen bir puf ile meydana geti-

rildiği görülmüştür. Açıkça birbirini izleyen bir dizi gen, sırasıyla aktif (işlek) hale geçmektedir. Bu uygun dizi, kromozom içerisinde lokalize olmuştur.

Gen aktivasyonunun düzenlenmesinde en güzel örneği daha önce de değindiğimiz gibi çevre koşulları ile sentez düzeneği kontrol edilen bakterilerde gözlenmiştir. Bazı sineklerin larvası, amino asitce zengin besinlerle beslendiğinde, politen kromozomlarının birbirine sıkıca bağlanmış demetler halinde kaldığı çok iyi bir şekilde gözlenir. Amino asitlerce fakir beslenmede, birçok kromatit ipliğinin belirgin olarak demet şeklinde olmadığı görülür. Bu, gerek duyulan amino asitleri sentezleyebilmek için, ilgili genlerin puf şeklinde açılmasından ileriye gelmektedir. Doğal olarak birçok pufun bulunması iyi bir demet yapmayı önler.

Biz bir pufun işlevini ve oluşumunu iki noktadan tartışabiliriz :

a) Tek tek birçok ipliğin kromozomun özgül yerlerinden dışarıya çıkıntı yapması, bu iplik yumaklarının ve keza oluşturdukları birliklere özgül yapısal elementlerin kalıtıldığını göstermektedir (Şekil 11.82). Bu çıkıntıların büzülme ve yığılma işlevleri bir effektörün etkisiyle önlenerek bileziklerin çıkıntı yapması sağlanır. Böyle bir açıcının (tutucunun) kimyasal niteliği bilinmemektedir. Aynı şekilde bu maddenin kromozomun sert kısmı mı olduğu yoksa yığılmış bir ilave madde mi olduğu bilinmemektedir. Ayrıca bu açıcının (tutucunun) aynı zamanda gen düzenlenmesini kontrol edip etmediği ya da düzenlemeyle ilgisi olup olmadığı bilinmemektedir (birincisinin olasılığı daha fazladır). Yalnız kesin olan, bu açıcının (tutucunun ya da yapıştırıcının) varlığı ve özgüllüğüdür. Bu açıcıların içinde repressörlerin olduğu tahmin edilmekte ve özgül effektörler üzerindeki etkisinin allosterik olduğu varsayılmaktadır.



Şekil 11.82 : Hipotetik özgül açıcı (tutucu), kromatitlerin puf oluşumunu ve duruma göre düzenlenmesini sağlar (Bresch ve Hausmann'dan).

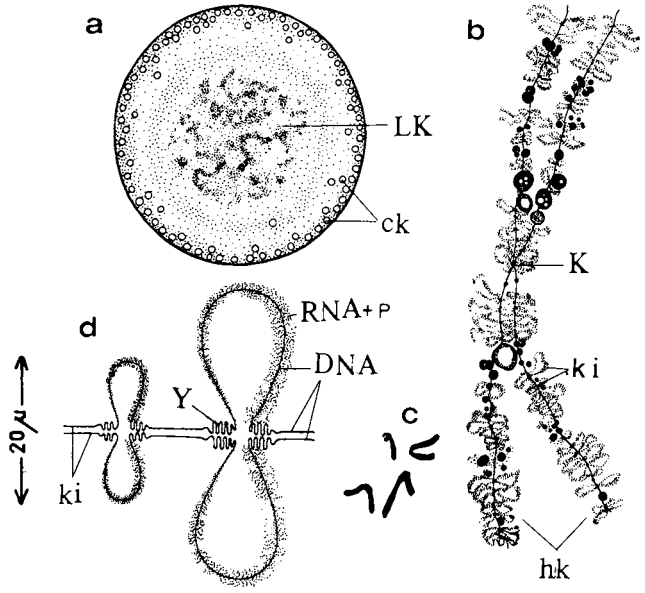
b) Bir puf bir gen grubunun (operon ?) aktive edildiğini gösterirse, bu, o bölgedeki kalıtsal bilginin kopya edildiğine, yani mRNA'nın sentezine işarettir. Gerçekte tritium-uridin ile beslenen böcek larvalarındaki dev kromozomların puflarında autoradyografik olarak RNA sentezlendiği gösterilmiştir. Mikro metotlarla her puftan tek tek elde edilen bu RNA'ların baz bileşimi saptanmıştır. Buna göre her puftan farklı RNA üretildiği görülmüştür.

11.14.9.2. *Lamba Fırçası Kromozomları*

Politen kromozomların haricinde dev kromozomların diğer bir şekli daha bilinmektedir (Şekil 11.83a). Bu tip kromozomlar amfibi, balık ve kuşların dişilerindeki mayoz bölünmede, yani yumurta oluşumunda görülür.

Çift kromozomlar (bivalent) ilk profozda (birkaç ay sürer) spirallerinin açık olması nedeniyle oldukça uzundurlar (semenderlerde yaklaşık 1 mm. kadar) (Şekil 11.83/b). Daha sonra yanlarından (200 μ uzunluğa kadar) bilezik şeklinde, lamba fırçası gibi kıvrımlar meydana gelmesiyle kromozomların boyları oldukça kısalır (Şekil 11.83). Bu kıvrımların dizilimleri, büyüklükleri ve şekilleri, tükrük bezlerindeki kromozomların pufları ve bantlarında olduğu gibi (Şekil 11.83) bir kromozomun durumu ve gen lokusuna göre özellik gösterir. Profazın sonunda kıvrımlar (bilezikler) yeniden çekilir (büzülür) ve kromozomlar bu evreyi izleyen mayoz evrelerinde tekrar normal büyüklüğü olan 20μ'e küçülünceye kadar kısalır ve yoğunlaşır (Şekil 11.83/c).

Orta eksen ve onun üzerinde bulunan kromomerlerin yanlara doğru bu kıvrılmaları yapmalarına karşın, esasında kesiksiz bir iplik şeklinde uzayan yapıya sahip olduğu kabul edilmektedir (Şekil 11.83/d).



Şekil 11.83: Lamba fırçası kromozomları (LK), a) *Triturus cristatus*'un oositindeki çekirdeğin içinde sayısız çekirdekçik (çk), b) iki homolog kromozom arasındaki eşleşmeden bir kesit (ki), hk, kardeş iplikler, K. Kiyazma, c) b'dekine eşit büyütülmüş vücut hücrelerinde kromozomların görünümü, d) Lamba kromozomunun varsayılan şekli, DNA ince bir iplik şeklinde; kıvrımlar (çıkıntılar) RNA ve protein (p) tarafından çevrilmiş ve örtülmüş. Y.Kromomer şeklinde yumru (Kühn'den).

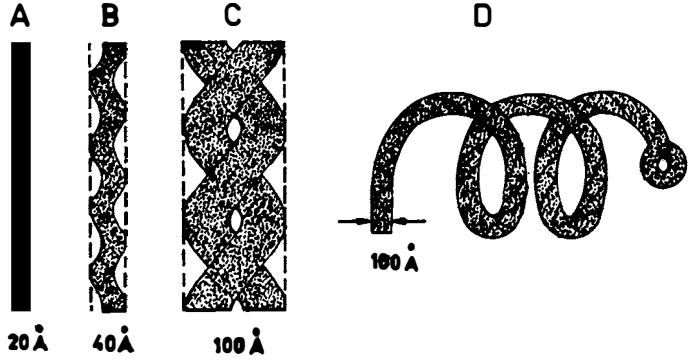
Bu tip kromozomlar, iki uçtan çekilince (bu şekildeki bir mikro manipilasyon ancak büyük büyültmeler altına mümkündür), çift kıvrımların ve ışık mikroskopu altında görülmeyen bilezikler arasındaki köprülerin açılmasıyla uzar. Bu şekilde boyuna uzayan bir kromozom ipliğinin uzunluğu, semender kormozomlarında birkaç santimetreye ulaşabilir. İpliğin esas kısmı tahminen DNA'dan oluşmuştur. Çünkü DNaz etkisiyle hem halkalar hem orta eksen birçok küçük parçaya ayrılmaktadır.

Bu halkaların dışarıya doğru yaptıkları çıkıntı ve kıvrımlar politen kromozomların puflarına analogtur (yani benzer işlevler için oluşmuşlardır). Kıvrımların oldukları bölgede genlerin kopya edildiğini gösteren RNA ve proteinler, yine işaretlenmiş moleküllerle çok açık bir şekilde gösterilmektedir (Şekil 11.83/d). Bilgi kopya edilmesinin ayrıntıları çok karmaşıktır ve henüz tam anlamıyla açıklanamamıştır. Duruma göre iki tip kıvrım vardır. Çoğunluk sayıca fazla ve küçük olanlar tüm uzunluğu boyunca; buna karşılık daha az sayıda ve büyük olanlar da ancak kıvrımın orta eksene bağlı olduğu yerlerde RNA sentezler. Bu RNA, daha sonra kıvrım boyunca iletilir. Kıvrımların bizzat hareket edip etmedikleri bilinmemektedir. Yani kromomerlerden çıkan bu bağlanma yerlerinden biri üzerinden diğerine sarılma olmaktamıdır? (pufların hareketine benzer şekilde). CALLAN, kromozomların özel bölgelerindeki kıvrımların oluşumunu izleyebildi ve heterozigot durumlarda, homolog kormozomlardan ancak birinde bir kıvrımın oluştuğunu gördü.

Dev kromozomlara genellikle endopoliploidinin olduğu hücrelerde rastlamaktayız. Bu hücreleri, çoğunluk yumurta hücresi ya da sindirim salgılarının üretiminden sorumlu olan salgı hücrelerinde, yani proteinlere çok gereksinme olan kısımlarda görmekteyiz.

11.14.9.3. *Histonlar*

Elektron mikroskopuyla bir kromozomu incelediğimizde ince yapısıyla ilgili pek az şey görürüz. Genellikle fibrilli bir yapı görünümündedir. Bu fibrillî yapının kalınlığı ve sıklığı, kıvrılma derecesine göre farklılıklar gösterir. Keza fibrillerin kalınlığı da kıvrılma derecesine bağlı olarak artar. Çoğunluk, temel (elementer) fibril çapı 100 A° kadardır (Şekil 11.84/D). Bunlar bazen daha büyük bir yay şeklinde kıvrılmıştır (Şekil 11.84/D). Ola ki 100 A°'luk fibriller her birinin çapı 40 A° olan birbirine büklüm yapmış iki iplikçikten oluşmuştur (Şekil 11.84/C). Bunlar ihtimal ki kendi içinde büklüm yapmış DNA-çift heliksleridir (çapları yaklaşık 20 A°, Şekil 11 84/A). Belki histonların yığılımı ile 40 A°'luk spiral şekle dönüşmüştür (Şekil 11.84/B).



Şekil 11.84: Kromozomun elementer fibrillerinde varsayılan hiyeraşik dizilim. A) DNA çift heliksi, B) Fazladan spiralleşmiş hali (histon yığılımı ile), C) İki tane 40 A°'luk ipliğin birbiriyle büklümü, D) 100 A°'luk ipliğin kıvrımı (Bresch ve Hausmann'dan).

Kromozomun önemli bir kısmı daha önceleri " M a t r i k s " diye adlandırılan bir maddedir. Bu madde, etrafına protein yığılmış çok sayıda DNA kıvrımından oluşmuştur. Kromozomun üzerinde özel bir zar yoktur.

Tüm kromozomal DNA'ları çeviren histon moleküllerinin işlevleri tam olarak bilinmemektedir. Özgül repressörlerin aksine (enzim sentezinin düzenlenmesi — III'e bkz.) histonlar DNA'ya genel bir afinite gösterirler. Bu nedenle, bu bazik proteinlerin rolü (moleküler ağırlıkları 10-20.000), asidik DNA'ları bir çeşit doyurma olarak düşünülebilir. Bununla beraber daha birçok işlevinin olduğu da varsayılmaktadır.

Histonların farklı fraksiyonları vardır. Bunlardan bir kısmı arjinince, diğeri lisince zengindir. Bu şekildeki histon fraksiyonlarının, farklı organ ve farklı organizmalarda karşılaştırılması canlıların köken birliği üzerinde değerli katkılar getirmektedir. Örneğin dana timüs bezinde ve bezelye tohumlarında arjinince zengin belirli bir fraksiyon, pratik olarak aynı amino asit dizilimine sahiptir. Diğer taraftan, özellikle lisince zengin histonlar duruma bağlı olarak farklılıklar gösterir. Aynı şekilde belirli histon fraksiyonları farklı kökenden gelen DNA'lara farklı afinite gösterirler.

Histonların yanısıra, kromozomlarda büyük miktarlarda bazik olmayan proteinler bulunur. Replikasyonda, gen kopya edilmesinde ve DNA'nın tamiri için enzim aktivasyonunun haricinde bu proteinlerin etkisi hipotetiktir (faraziyedir). Aşağıdaki işlevler için önemli bir rol oynadıkları varsayılır :

A) Düzenleme = Regülasyon (repressör ve aktivatörlerle) : Duruma bağlı olarak histonlarla birlikte etki eder. Bazik olmayan kromozom proteinleri hem DNA'ya hem de histonlara afinite gösterir. Bu özelliğiyle antijen-antikor tepkimelerine benzer bir işlev görür. Özgül proteinler, örneğin özgül olmayan histonların yığışımı ya da uzaklaştırılması ile hangi genin bloke edileceğine ya da aktive edileceğine karar verir (farklılaşma konusuna bkz.). Kopya edilecek DNA kısmının bir çeşit kapatılmasını ya da açılmasını sağlar. Bazik olmayan proteinler histonlara karşı bir kılavuz ödevine de sahip olmuş olabilir ve belki hormonlarla (özgül effektörlerle) etkilenir.

B) Yapısal İşlev : Proteinler, elementer fibrillerin özel yerlerine yığılır (Şekil 11.82) ve onların düzenli olarak paketlenmesini, dolayısıyla kromozomların kendine özgü şekillerini almasını sağlarlar. Yapısal ayrıntılar üzerindeki bilgilerimiz de bugün için yetersizdir. Bununla beraber lamba fırçası kromozomları üzerindeki araştırmaların gelişmesi genel bir tasarım için geniş olanaklar sağlayacağı varsayılmaktadır.

Sonuç olarak bir zigot tüm kalıtsal bilgiyi taşımak ve meydana getirdiği hücrelere vermekle beraber, gelişmenin sonuna yaklaştıkça bu kalıtsal bilginin büyük bir kısmının kapatıldığını (iş görmez hale getirildiğini) görmekteyiz. Bu kapatılmanın histonlar tarafından yapıldığı 1950 yılından beri savunulmaktadır. Özellikle bloke etmenin adenin ve timince zengin DNA kısımlarında olduğu bilinmektedir. Bununla beraber heterokromatik ve eukromatik kromozom bölgelerinde yani reprime (heterokromatik) ve deprime (eukromatik) edilen bölgelerdeki histonlarda şekil ve sıkılık bakımından önemli bir farkı yoktur. Buna karşılık eukromatik bölgeler fosfo-proteinler

bakımından zengindir. Bunlar kromatinin histon ekstraksiyonundan sonra geri kalan proteinleridir ve polikatyonik nükleer histonların antagonistleri olarak varsayılır. Sentetik polianyon, örneğin, polietilen sülfat, kromatinin DNA-matriks aktivitesini her zaman yükseltir. Kalıcı protein (residual protein) bu nedenle gen effektörü olabilir. Bunun özelliği bakteri repressörlerinin tersidir. Yüksek organizmalarda bu rezidual proteinlerin düzenlemede rol oynadığını gösteren kanıtlar vardır. Memeli hayvanlarda birçok protein sentezinin indiktörü olarak bilinen steroitler, reseptör olarak rezidual proteinlerle bağlıdır. Rezidual proteinlere benzer sitoplazmik proteinlerin tümör hücrelerinde çoğaldığı gösterilmiştir.

DNA bilgisinin düzenlenmesi, yani belirli DNA nukleotitlerinin kapatılması ve açılması GIERER tarafından ortaya atılan bir modele göre açıklanmaktadır. Bu modele göre DNA içerisindeki dallanmalar, bunu izleyen dizilimin kopya edilmesini önler. Belirli proteinler enerji yönünden uygun olmayan bu dallanmış konfigürasyonları sabitleştirirler. Bilginin okunması için bu proteinlerin çözülmesi gerekir. Bu şekildeki açık noktalar, DNA'yı değiştiren (metilazlar ya da DNaz'lar) enzimlerin işlev gördüğü noktalar olarak bilinir.

11.14.9.4. ÇEKİRDEKÇİK VE GEN - KUVVETLENDİRİLMESİ (Gen Amplifikasyonu)

Kromozomların yapısı ve düzenleme ile ilişkin olarak önemli bir düzenek olan niceliksel (kalitatif) gen kopye edilmesinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu, gen kuvvetlendirilmesi ya da gen amplifikasyonu olarak bilinir. Bu düzenek (mekanizma) ilk defa PAVAN tarafından tahmin edildi; fakat başlangıçta dikkati çekmedi. Bu düzenekte, ürünlerine büyük gereksinme duyulan bazı genlerin, seçilerek replikasyonunun sağlanması söz konusudur.

KEYL, bu düşünceyi bir denemeyle kanıtladı. Deneyinde iki tür *Chironomus* kullandı. Bu hayvanların politen kromozomlarındaki DNA tek tek bantlar şeklinde (UV absorbsiyonu ile) ölçülebilir. *C. thummi* türünde, *C. piger* türünün benzer bantına göre eşit ya da 2, 4, 8, 16 veya daha fazla DNA bulunmuştur. Bu gözlem ancak kromozomların özel bölgelerinin politen kromozomların oluşumundan sonra çoğaltılması ile meydana gelen dalga değişimi ile açıklanabilir.

Bu olay sadece dev kromozomlara özgü değildir. Büyük bir olasılıkla yüksek organizmalarda gen aktivasyonunu niceliksel olarak düzenleyen genel bir mekanizmadır. Fazla işlevinden dolayı replike edilen DNA, "M e s s e n g e r - D N A" olarak adlandırılabilir.

Bu düzenek, yani seçici gen replikasyonu, pençeli (tırnaklı) kurbağanın oositindeki çekirdekçiklerin (nukleoli) incelenmesinde, açıkça görülür. Bugün RNA ve DNA'nın hibritleşmesinden, ribozomal-RNA'nın çekirdekçik içerisinde belirli genler tarafından çıkarılan mRNA'lar ile sentezlendiği bilinmektedir. Bu genlerin ürünlerine çok gereksinme olduğu için, açıkça kopyaları çoğaltılmaktadır ve bunlar "Ç e k i r-

dekçik (nukleolus) — Organizatörü" denen bir kromozom kısmında bulunur. Buradan yeni çekirdekçikler (nukleoli) oluşur.

Bir yumurta hücresinde bu çekirdekçiklerden 1000 kadar oluşabilir. Her çekirdekçik, genlerinin birkaç yüz kopyasını birbiri ardına taşıyan halka şeklinde DNA içerir. Bunu, bir 28 S ve bir 18 S — rRNA molekülü için belirli aralıklarla dizilmiş ardışık (bir ara bir sıra) genler izler. Coli bakterisinde bu şekildeki yaklaşık 8 gen birbiri ardına aynı genomda lokalize olmuştur.

Bu bölgenin nasıl kopya edildiğini ve düzenlenmesini açıklamak mümkün olmuştur. Elektron mikroskopunda alınan resimler, çekirdekçik içinde uzun, iplik şeklinde aksların ve bunların üzerine de yanlarda püskül şeklinde, periyodik grupların bağlanmış olduğunu göstermiştir. Her grup gerçekte bu püsküllerden 100 kadar taşır. Eksen, DNaz ile (RNaz ile değil), yan püsküller ise bunun tersi olarak RNaz ile (DNaz ile değil) yıkılır. Bu ise rRNA ile ilgilidir. Aksın uzunluğu boyunca, baştan itibaren, gittikçe püsküllerin boyu artar. Çünkü başlangıçta kısa RNA'lar, yani kısa püsküller; sonda ise uzun RNA'lar, yani uzun püsküller kopye edilmiştir.

İlginc olanı benzer birçok rRNA molekülünün aynı zamanda, yumurta hücresinin kalıtsal bantı üzerinde sentez edilmesidir. 1000 (çekirdekçik) × 500 (gen kopyası) × 100(püskül) = 5.10^7 rRNA-Molekülü.

Ribozomun protein alt birimlerinin genleri için, bir gen çoğaltmasına (kuvvetlendirilmesine) aynı ölçüde gerek duyulmaz. Çünkü her bir mRNA'dan birçok protein sentez edilebilir. Doğal olarak eşit ölçülerde üretilmesi zorunludur. Gerçekte ribozomal protein sentezini rRNA sentezine bağımlı kılan düzenlemeler vardır.

Gen çoğaltılmasının en önemli sorunlarından biri, bu çoğaltılmanın nasıl oluştuğudur. Bazıları bir genomda genlerin birçok kopyasının bulunduğunu ve bunların çekirdekçik oluşumu için replike edildiğini (ikinci aşamada) varsayarlar. Zamanla bu genlerin birçoğunun mutasyonla bozulacağı ve gereksiz bir yük olacağı için, bazılarının "bey gen" bazılarının da "köle gen" şekline dönüştüğüne inanırlar. Bey genler, esir genler içerisindeki mutasyonları tekrar düzeltirler (I).

Kromozomlar içinde ilk olarak ancak bir genin bulunduğunu; ondan birçok kopyanın yapıldığını; fakat bir eşeysel çoğalma sırasında bu genlerden ancak bir tanesinin (tesadüfen birkaçının) gelecek döle verildiğini benimsemek daha uygun görünmektedir. Bu koşullar altında, diğer genlerde olduğu gibi, bozuk genlerin seçilmesi daha kolay olacaktır.

11.14.9.5. *X Kromozomunun İnaktivasyonu*

Daha önce (4. bölüme bkz.) eşey kromozomlarının üzerinde, eşey oluşumuyla ilgisi olmayan genlerin bulunduğunu öğrenmiştik. Ayrıca bu kromozomların sayı ve parça değişiklikleri bakımından ortaya çıkan duyarlı niceliksel gen balansının neden olduğu bozuklukları incelemiştik. İlk defa sitolojik ve kalıtsal açıdan bu kromozomların durumu, 1961 yılında LYON tarafından incelendi ve "Lyon Varsayımı" dendi.

Sitolojik olarak tüm memelilerde, dişilerin vücut hücrelerinin (somatik hücreler) içinde "Eşey Kromatini ya da Barr Cisimciği" bulunur (Şekil 4.29). Bu cisim, kromatinle (ilave protein) örtülmüş, yoğunlaşmış bir X kromozomudur. Çekirdek zarına bağlı olarak bulunur ve hücre bölünmesinde diğerleri gibi replike olur. X kromozomu polizomlarında, yani bir hücrede ikiden fazla X kromozomu olduğu durumlarda (Şekil 4.29), bir X kromozomu hariç hepsi barr cisimciği (kromatin leke) halinde görülür. Bir autozom üzerine translokasyonunda ya da büyük bir delesyonda X kromozomu yine kromatin leke olarak tanınabilir ve kromatinle örtülü olduğu için de inaktiftir.

Kalıtsal bulgular, dişi dokularında, duruma göre ancak bir X kromozomunun kopya edilebilir durumda olduğunu göstermektedir. Zira heterozigotlarda mozaik şeklinde ya anadan ya da babadan gelen X kromozomu iş görür durumda olduğu için, X'e bağlı özellikler de vücutta mozaik şeklinde ortaya çıkar (kuşlarda, kedilerde mozaik şeklindeki tüy ve post desenlerinin oluşması gibi). Bir kromozomun inaktivasyonu zaman olarak erken embriyonal evrede ortaya çıkar. Çünkü mozaik şeklindeki bölgeler birbirine benzer çok sayıda hücreden meydana gelmiştir. Doğal olarak X kromozomunun aktivasyonu ve inaktivasyonu ne kadar geç evrelerde saptanırsa, kapsayacağı hücre sayısı da o kadar küçük olacağından, vücuttaki mozaik yapı da o oranda küçük olacaktır.

İnaktivasyon tesadüfe bağlı olarak bu ya da öbür X kromozomuna rastlayabilir. Daha sonraki tüm mitotik hücre bölünmelerinde, aktif ya da inaktif olarak bu başlangıçtaki kromozom yavru hücrelere verilir. Büyük bir olasılıkla her iki yavru kromozom ana kromozomdan "Rehber Protein" olarak bilinen, yeniden kromatin yığılımını ve inaktivasyonunu sağlayan belirli proteinleri kazanırlar. Örneğin :

a) Memeli hayvanlarda post rengi X kromozomu üzerindeki genlerle kalıtılır. Heterozigot sarı-siyah benekli kedilerin dişileri LYON Varsayımını kanıtlar. Bu kedilerin erkekleri ya sarıdır ya da siyahtır. Fakat heterozigot dişilerinde siyah ve sarı benekler yan yanadır. Siyah beneklerde, sarı rengi veren X kromozomları, sarı beneklerde siyah rengi veren X kromozomu inaktiftir.

b) Bir çeşit kas erimesi (muskulusdistrophi) bakımından heterozigot olan kadınlarda, sağlam kas liflerinin (bu liflerde hasta lifleri meydana getirecek X kromozomu inaktiftir) yanında, hasta kas lifleri bulunur (bunlarda sağlam lifleri meydana getirecek X kromozomu inaktiftir). Bu kadınlar fenotipik olarak normaldir. Çünkü sağlam lifler fazla görev yüklendiklerinden, normalden daha fazla gelişerek bu kusurları kısmen kapatırlar (hipertrofi).

c) Tüm dokularda bulunan glikoz-6-fosfat dehidrojenaz (G6PD) enzimi X kromozomundaki bir gen tarafından kodlanır. Elektroforez ile birçok varyasyonu bilinmektedir. Bu gen bakımından heterozigot olan kadınlarda enzimin her iki varyantı da gösterilmektedir. Eğer doku kültüründe, bu kadınlardan alınmış hücreler, ayrı ayrı koloniler halinde yetiştirilirse, bazı hücrelerin yalnız bir varyantı, bazılarının diğer var-

yantı meydana getirdiği görülür. Bununla beraber G6PD bakımından heterozigot olan kadınların yaklaşık %1'inde kan kürecikleri, yalnız bir tek varyantı sentezlerler. Buradan X kromozomu inaktivasyonunun, kan dokusunu yapacak hücrelerin ayrılmaya başladığı evrede, yani ancak 8 blastomerli evrede saptandığı anlaşılır. Rastlantı olarak 8 blastomerin 8'inde de aynı kökenden gelme X kromozomu (ya babadan ya anadan gelen kromozom) inaktif olmaktadır. Bunun ortaya çıkma olasılığı $(\frac{1}{2})^8 = \frac{1}{256}$ dır. Bu nedenle ancak 1/100 oranında gözükür. LYON Varsayımı sadece X kromozomundaki genler için gen-doz-etkisinin taksimi ve kompenze edilmesini değil, keza belirli embriyonik dokulardaki determinasyonun zamanı konusunda da bilgi verir.

G6PD'nin patolojik dokularda araştırılmasında değerli bulgular elde edilmiştir. Örneğin, bir tümörün ancak bir tek ana (çıkış hücresi) hücreden mi yoksa birçok bağımsız hücreden mi kaynaklandığını açıklar. Böylece **multipli myelom**'da, tüm lökomik hücrelerin tek bir hücreden (çıkış hücresi, ana hücre) kaynaklandığı gösterilmiştir. Buna karşın rahimdeki multipli tümörlerde (**leiomyom**) her bir tümördeki hücrelerin aynı G6PD varyantlarından oluştuğu; fakat rahimde bulunan diğer tümörlerin her iki varyantı da taşıdığı bilinmektedir. Bu bulgu enfeksiyon kökenli (virüs benzeri aşılayıcılar) tümör oluşumuyla benzerlik göstermektedir.

LYON Varsayımındaki ana sorun, yani bir X kromozomunun inaktivasyon mekanizması, daha çözümlenememiştir. Ancak bir X kromozomu neden inaktif, neden aktif hale geçmiştir? Bir hücrenin iki X kromozomundan neden bir tanesinin aktif hale gelmesi öngörülmüştür? Bu sorular henüz cevaplandırılamamıştır.

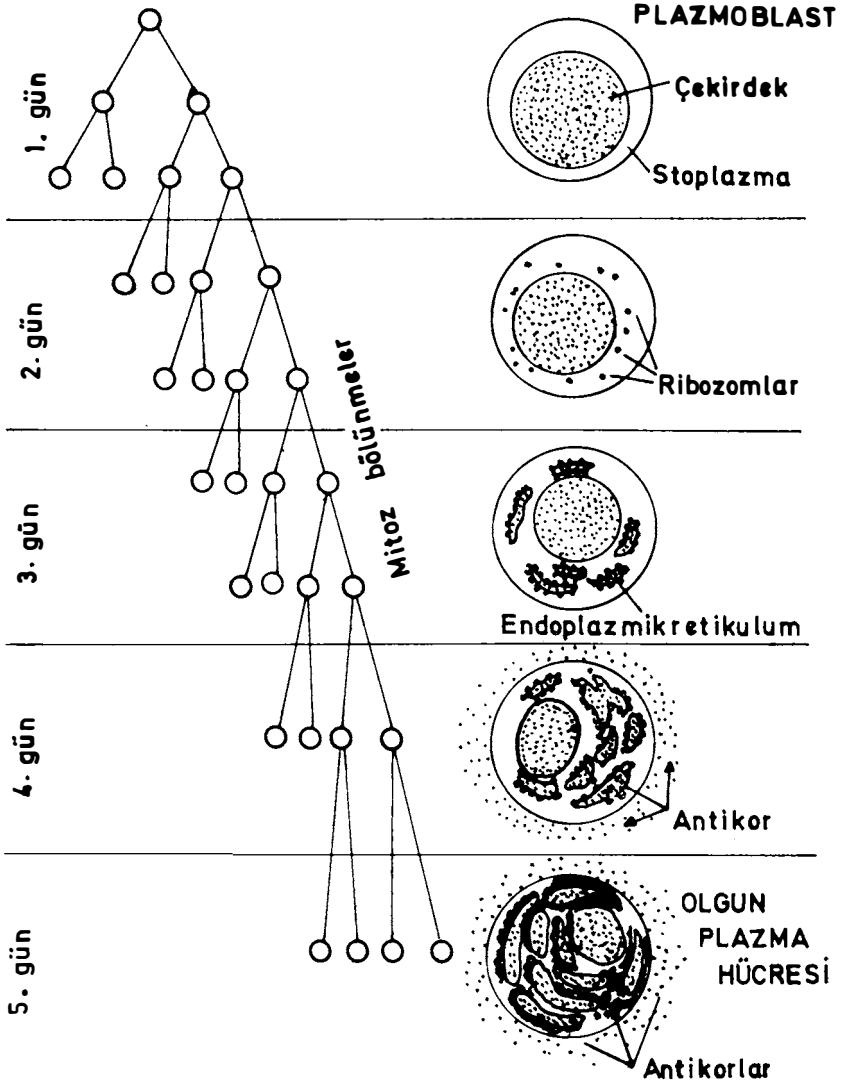
11.15. YABANCI PROTEİNLERE (Antijen) KARŞI ANTİKOR OLUŞUMU (= İMMÜNOLOJİ) YA DA SAVUNMA MEKANİZMASI (= BAĞIŞIKLIK)

GENEL TANIM :

Genellikle vücuda giren yabancı proteinlere karşı retikulo-endoteliyal sistem ve bununla ilişkin olarak plazma hücreleri antikor yapmak suretiyle onların zararlarını ortadan kaldırmaya ya da asgariye indirmeye çalışırlar. Bu savunma sistemine dahil olan lökositler ve bunlardan özellikle nötrofiller fagositoz yeteneğine fazlaca sahiptirler. Bunların çoğu amoboit (amibsi) hareketlerle yabancı hücreleri, bakterileri ve ölmüş hücre kalıntılarını fagosite ederler (yutarlar) ve sitoplazmalarında eritirler. Lökositlerden lenfositler, monositler ve histiositler iltihap olaylarında makrofaj adı verilen dev fagositlere çevrilerek çok miktarda bakteriyi fagosite ederler. Bunlardan bazıları yabancı maddeleri sitoplazmalarında hapsederler; bazıları yabancı hücreleri birbirine yapıştıran 'aglutinin' dediğimiz antikorları çıkararak kana dökerler; bazıları yabancı proteinleri kuagile etmek için antikor çıkarırlar; buna 'P r e s i p i t i n'

maddesi denir. Aglutinin, presipitin, hücrelerin çeperini delip eritmek için kullanılan lisin ve bakterilerin zehirlerine karşı çıkarılan antitoksin bileşiklerinin hepsi proteindir.

Bir plazma hücresi tek bir antikor çıkarmak için özelleşmiştir. Diğer bir antikora gereksinim duyulduğunda '**Plazmoblast**' denilen multipotent (çok amaçlı) ana hücreler özel bir başkalaşımla yeni tip plazma hücresi üretir (Şekil 11.85). Bu yeni tip plazma hücresi vücut içerisine giren yabancı proteine daha doğrusu antijene karşı özel bir antikor sentezler. Antijenle antikor kilitle anahtar gibi birbirine uymalıdır. Vücut içerisine giren antijen bir çeşit kalıp olarak alınarak buna en etkili olabilecek



Şekil 11.85: Belirli bir antijen etkisi altında, antikor yapımı için hücrelerin döllerarası işbirliği. Antijeni plazmoblastlar alır ve ona karşı yapılacak antikoru saptar. Gerekli antikoru ise bu plazmoblastlardan türeyerek birkaç kuşak sonra ortaya çıkan plazma hücreleri yapar (Bilge'den).

antikor planlanır ve ondan sonra protein sentezlenmesi ile savunucu antikor proteinleri sentezlenmiş olur. Fakat herşeyden önce antijene karşı savunucu proteini sentezleyecek mRNA nasıl oluşturulur ? Bunun için birçok karanlık nokta vardır. Bir kere antijen kalıp olarak plazma hücresine girse dahi, eğer hücre yeni ise meydana getireceği antikorla antijeni yok edecektir; yok eğer önceden oluşmuşsa zaten bu hücre değişip yeni antijene karşı antikor meydana getiremez. Antikor meydana getirecek hücreler yalnız plazmoblastlardan oluşturulur ve 4-5 günlük uzun bir olgunlaşma ve bölünme ile yeni bir döl üretilebilir. Bu durumda antijeni alıp ona karşı modeli hazırlayan hücre ile esas mücadeleyi yapacak ve maddeyi sentezleyecek hücreler generasyon bakımından birbirinden farklı olmalıdır. Burada döller arasında bir işbirliği vardır. Yeni antikor için gerekli mRNA'yı üretmeye yarayan gen DNA da bulunmayabilir; ola ki plazmoblast hücreleri işte bu yeni geni yapmayı başarırlar. Bazen böyle bir genin düzenlenmesi mümkün olmadığından antijene karşı antikor meydana gelemez. Antijene karşı hazır antikor varsa 'Bağışık' = İmmun olduğu söylenir. Bazı antijenlere bağışıklık çocuklukta 'Doğal Bağışıklık'; bazılarına da sonradan kazanılır 'Kazanılmış Bağışıklık'.

Canlılar ömürleri boyunca bağışıklık sınırını genişletirler ve ola ki birçok halde bu yeni gen formüllerini genetik miras olarak yavrularına geçirirler. Embriyolojik evrede bazı yabancı proteinler verilirse, canlı ömrü boyunca bu proteinlere artık yabancılık duymaz ve onları kendi proteini gibi kabul eder. Buna 'İmmunolojik Toleranş' ya da bazı hallerde zehirli hayvanlara karşı 'Şerbetlilik' denir. İnsanlarda A ve B kan gruplarına ait a ve b aglutininleri çocukluk çağında kendiliğinden hazırlanır. Buna karşılık Rh faktörüne karşı Rh aglutinini ancak Rh— bir şahsa Rh+'lı bir kan verilirse oluşur.

Son zamanlarda yapılan böbrek, kalp vs. naklinde dokuların birbirleriyle uyuşmamasının nedeni bu konuyla ilgilidir. Canlı, yabancı proteine tepki göstermektedir. Uyuşmazlığın önlenmesi için kullanılan ilaçlar bir dereceye kadar yarar sağlayıp immunolojik toleransı artırmaya yaramaktadır.

11.15.1. TEHDİT VE KORUNMA "Bağışıklık Nedir ?"

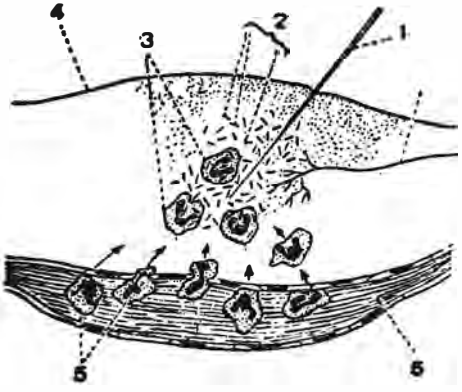
Yaşam var olduğundan beri, her organizma ve buna ilişkin olarak her birey, afetlerin, yaralanmaların, avcılarının, bakteri ve virüslerin tehdidi altındadır. Bunlardan korunmak için çeşitle önlemlerin yanı sıra kalıtsal olarak değişerek ayakta kalmaya çalışır. Ölüme karşı önlem almak hem başarılmamış bir yetenek olmuş, hem de gereksiz kalmıştır. Çünkü meydana getirdikleri döllerle sürekliliklerini sağlayabilmektedirler.

Birhücrelilerden insana kadar çeşitli organizmalar, çok değişik korunma ve savunma sistemleri geliştirmişlerdir. Bu çok değişik organizmaların tüm savunma sistemlerini incelememiz olanaksızdır. Bu kitabın ve bu başlığın altında ancak, insanın ve kısmen omurgalı hayvanların enfeksiyonlara karşı savunma sistemlerini inceleyeceğiz. Bunlar sırasıyla :

a) Bakteri ve virüsleri geçirmeyen deri sistemleri
b) Vücut açıklıklarını çeviren kıllar
c) Deri salgıları
d) Gözyaşı bezlerinin salgısı
e) Tükrük salgısı
f) Birçok yabancı maddeyi parçalayan mide salgılarıdır.

Korunma ve savunma için yukarıda değinilen yapılar, gerçekte özelleşmiş değildir; tüm yabancı madde ve cisimlere karşı koruyuculuk ödevi vardır. Örneğin bir verem basiline ya da çocuk felci virüsüne karşı özel (spesifik) bir savunma sistemi oluşturmaz. Tüm yapılar, ta gelişmenin başından itibaren vardır; kalıtsal olarak normal bireylerde her zaman ortaya çıkar. Tehlikeyle karşılaştıklarında oluşma ya da ortaya çıkma diye bir durum söz konusu değildir.

Bağışıklık, işte bu yukarıda değindiğimiz yapısal engelleri aşabilen enfeksiyon yeteneği olan bakteri ve virüslere (bazen yabancı maddelere) karşı yapılan savunma ve korunma önlemlerinin tümüdür. İmmünoloji bilimi bu engellerden aşan bakterilerle ve virüslerle yapılan savaşın ve alınan önlemlerin öyküsüdür (Şekil 11.86). Bu savunma ve korunma sistemi yukarıda anlatılanların aksine, gelişimin başından itibaren mevcut değildir. Örneğin insan hiçbir zaman doğuştan tifo, difteri, kızamık ve tetanoza (= kazıklı humma) karşı bağışık olarak doğmaz. Fakat daha sonra bu bağışıklığı kazanabilir. Kural olarak yaşam süreci içerisinde bu bağışıklık değişik şekillerde kazanılır. Biz aktif ve pasif bağışıklık diye ikiye ayırabiliriz.



Şekil 11.86
Akyuvarların mikroplarla savaşı. Deriye (4) batan iğne (1) ile vücut içine mikroplar (2) giriyor. Akyuvarlar (5) kılcal kan damarlarından (6) damar zarını delerek mikropların bulunduğu yere göç ediyor ve mikropları sararak yok etmek üzere içlerine (3) alıyorlar.

Pasif Bağışıklık : Genellikle yapay olarak oluşturulur. Örneğin, bir yaralanmada, vücut içerisine giren tetanos bakterileri ölüm tehlikesi yaratır. Bu bakterileri yok etmek için daha önce hazırlanmış serum (antikor) kana enjekte edilir. Anti-tetanos serumu basilleri zararsız hale getirerek, tehlikeyi ortadan kaldırır.

Aktif Bağışıklık : Bir organizmanın, enfeksiyonda kendi gücüyle mikropları ortadan kaldırmasına ve dayanıklılık kazanmasına denir. Bazı hallerde, örneğin, verem basilleri çok güçlü olduğu için, bu aktif bağışıklığı kazanma rizikolu olabilir. Bu rizikoyu ortadan kaldırmak için aşı bulunmuştur. Genellikle genç yaşlarda, zayıflatıl-

mış basiller ya da basillerin zehirli maddesi enjekte edilirse, tehlikeli olmadığı gibi, vücudun o basile karşı dayanıklılık kazanmasını da sağlar. Bu şekildeki yapay bir aşı tamamen tehlikesizdir. Herhangi bir hastalık belirtisi ortaya çıkarmaz. Vücut kendi anti-serumunu oluşturduğu için, ilerideki bir enfeksiyona karşı dayanıklılık kazanmış olur. Vücut bir kere —aşı ile ya da başka bir yoldan— anti-serum üretmeyi öğrendi mi, ilerideki herhangi bir enfeksiyon esnasında kolaylıkla, bol miktarlarda ilgili bakteriye karşı anti-serum üretebilir. Bireysel bellek gibi, bu kazanılan yeteneğin yavrulara aktarımı söz konusu değildir.

Bağışıklık mekanizması ile özelleşmemiş savunma mekanizması arasındaki en önemli fark; bağışıklık bir defa kazanıldığında genellikle ömür boyu bu yeteneğin sürdürebilmesidir. Örneğin bir insan kızamık, difteri, tifüs ya da kolera hastalıklarına yaşam boyunca ancak bir defa tutulur. Yalnız bir hastalığın bağışıklık bakımından diğerine yararı yoktur. Her hastalığın bağışıklığı tamamen kendine özgüdür. Bu başlık altında biz bağışıklığın aşağıdaki yönlerini inceleyeceğiz.

a) Anti-serumun özgüllüğü (spesifikliği) nedir ?
b) Bir organizma bağışıklığı nasıl kazanır ?

Bu iki soru da birbiri içine geçmiş durumdadır. Birinciside zehirli maddelerin etkisini ortadan kaldıran bir koruyucu maddenin, kimyasal olarak nasıl oluştuğu; ikincisinde, bağışıklık aygıtlarının ve bağışıklığın nasıl kazanıldığı incelenmeye çalışılır. Daha sonra göreceğimiz gibi her iki olayın meydana geldiği yerler farklıdır. Biz, daha basit göründüğü için önce birinci kısmı inceleyeceğiz.

11.15.2 ANTİJEN VE ANTİKOR "İki Düşman Kardeş"

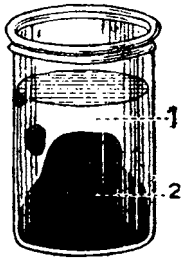
Bu iki madde birbirinin zıttıdır ve birini, diğerini göz önüne almadan düşünmek hatalıdır. Dışarıdan vücut içerisine giren bakteri, virüs ve zehirli bir madde (eksojen) eğer girdiği organizmayı tehdit ederse " A n t i j e n " ismini alır. Antijen terimi, Anti-Somato-Gen (anti = karşı, zıt; soma = vücut; gennan = etki eden, ortaya çıkaran)'nin kısaltılmış şeklidir. Antijenlere karşı insan ve diğer hayvanlarda, ortaya çıkan koruyucu maddelere de " A n t i k o r " denir.

Antikor oluşmasını sağlamayan herhangi bir madde antijen olarak kabul edilmez. Fakat zehirli maddeler sınıfına konur. Antikor hiçbir zaman kendi başına oluşmaz. Ancak bir antijenin bulunduğu ya da uyardığı yerde oluşur. Her yabancı madde antijen değildir; fakat her antijen vücut için yabancı maddedir. Oluşan antikor yalnız vücuda giren o yabancı maddeye karşıdır; diğerlerine etkisi yoktur. Meydana gelen bu antikor, o organizmayı tüm yaşamı boyunca ya da kısa bir süre için, giren o yabancı maddeye karşı bağışık kılar.

Buraya kadar, antijen ve antikoru, ayrıntıya girmeden birer kavram olarak kullandık. Fakat gerçek yapının bilinmesi için şu soruların açıklanması gerekmektedir : 1) Neler antijen olarak etki edebilir ? 2) Antikor nedir, nerede ve nasıl oluşur ? 3) Antijen ve antikor arasında hangi olaylar meydana gelir ? 4) Organizma, antijeni nasıl tanır ?

11.15.3. SERUM "Antijen ve Antikorun Karşılaştıkları Yer"

Antijen ve antikor arasındaki kimyasal tepkimeleri görmeden önce, olayların geçtiği yeri tanımaya çalışalım. Bu yer, damarlar içinde dolaşan, alyuvarlarında taşıdığı hemoglobinden dolayı kırmızı renkli görünen ve alyuvarlara göre çok daha az sayıda akyuvar içeren kan sıvısıdır. Tüm bu hücreler bir sıvı içerisinde yüzerler. Bu sıvı diğer hücrelerin çöktürülmesi ile hücresiz olarak, genellikle renksiz halde elde edilebilir (Şekil 11.87). Bu saydam sıvı, arı su değildir. İçerisinde diğer maddelerin ve albüminin yanı sıra bol miktarda kan proteini "Globulin" (globus = küre; molekülleri genellikle küre şeklindedir) içerir. Globulin birçok çeşidiyle temsil edilir. Bunlar alfa, beta ve gamma globulindir. Bunlardan gamma globulin ve beta globulinin bir alt grubu olan β_2 globulin bağışıklık düzeneğinin en önemli maddeleridir. Bu gamma (ve β_2) globulin, özelleşmemiş koruyucu yapıları (deriden, mide özsuyuna kadar) aşarak kan dolaşımına girmiş herhangi bir antijenle ve daha sonra antikorla ilişkiye geçer. Kan dolaşımına giren bu yabancı maddeler, antikor üretmek üzere bazı



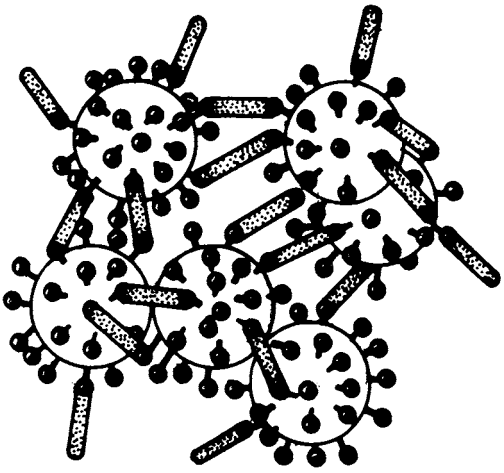
Şekil 11.87: Kanın pıhtılaşması. 1. Serum ve 2. Pıhtı.

vücut hücrelerine sinyal verirler. Üretilen antikorlar kana verilir. Bu üretim konusuna daha sonra değineceğiz. Bu başlık altında, üretilmiş uygun antikorun işlevlerini incelemeye çalışalım. Yapılan gözlemler, tüm antikorların ne fiziksel ne de kimyasal olarak gamma globulinlerden ayrılmadığını ortaya koymuştur. Fakat enfeksiyondan önce serumda bulunmamasıyla globulinden belirgin olarak ayrılır. Bunlar antijenle serolojik olarak tepkimeye girerler. Esas globulinlerden serolojik olarak farklı olduklarından dolayı antikor içeren seruma anti-serum denir.

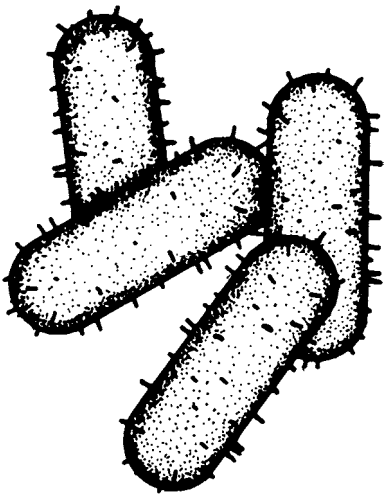
Bir enfeksiyondan sonra serumda, esas globulinler, antijen ve antikor bulunur. Son ikisi serolojik olarak tepkimeye girer.

Bu tepkimeler vücut içine giren antijenin yapısına göre farklı şekilde yürütülür. En basitinden antijen çözünebilir bir maddedir. Yabancı bir globulin, ya da zehirli bir madde; örneğin, *Bacterium clostridium* dediğimiz tetanos bakterilerinden özütlenen tetanos toksini (Toxikon = Yunanca ok zehiri demektir) çözünebilir antijenlerdir. Eğer bu toksini daha önce tetanoza tutulmuş bir kimsenin anti-serumu ile karıştırırsak (bir deney tüpünün içinde) bir tutam saç demeti gibi çökelti meydana gelir. Bu olaya "Presipitation", çökeleğe "Presipitat" denir. (Praecipitare = Latince çökelme demektir) (Şekil 11.88).

Özütlenmiş antijen yerine bizzat bakterinin kendisini koyarsak başka bir olay meydana gelir. Sıvı içerisinde tek tek bulunan bakteriler birbirlerine yapışarak topak-



Şekil 11.88
Presipitasyon: Antijenin (küre şeklinde ve üzerinde yuvarlak çıkıntıları olan) antikorlarla (çubuk şeklinde) çökelmesidir (şematik olarak gösterilmiştir).



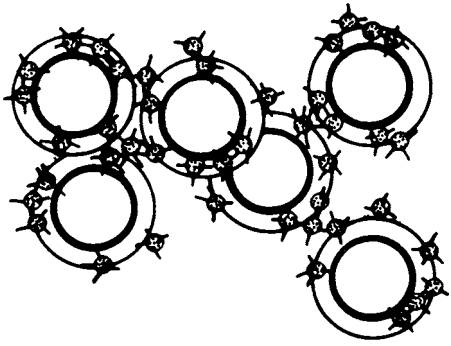
Şekil 11.89
Agglutinasyon: Bakteri leşlerinin (büyük hücreler) antikorlarla (diken gibi çıkıntılar) çökelmesidir.

lar meydana getirirler, yani "A g g l u t i n e" olurlar (Agglutinare = Latince tutkal demektir). Dibe çöken bu maddeye "A g g l u t i n a t" denir (Şekil 11.89).

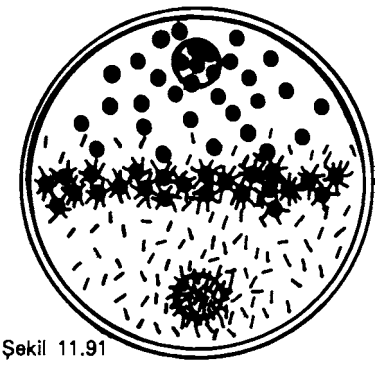
Serolojik çalışmalarda çok net sonuç verdiği için özellikle kullanılan yöntem Hem-Agglutinasyonudur. Bu yöntemde, özütlenen antijen kana verilir. Antijenler alyuvarların üzerine yerleşir. Daha sonra bu antijene uygun anti-serum verilince, hemoglobin taşıyan alyuvarlar birbirine yapışarak çökerler; buna "H e m a g g l u t i n a s y o n" denir (Şekil 11.90).

Her üç durumda da tehlikeli antijenler artık tek tek kendi başına yüzmemekte, antikorun aracılığıyla birbirine birleştiğinden, büyük çözünmez yığınlar meydana getirmektedir. Presipitat ve agglutinatlar bu form içerisinde kanın makrofajları tarafından yenebilmekte ve sindirilebilmektedir.

Presipitasyon ve agglutinasyonun olması antikorun özel bir yapısına dayanmaktadır. Tüm antikorların bivalent özelliği vardır (= iki değerlikli ya da iki taraflı bağ yapma özelliğindedir). Bir antikor molekülü aynı zamanda iki antijen molekülüyle bağlanabilir. Buna karşılık antijen çoğunluk polivalent özelliktedir (= çok değerlikli ya da birçok bağ yapma yeteneğindedir). Birçok antikor molekülüyle bağ yapabilir. Bu bize özelleşmenin nasıl olduğunu açıklamaz; fakat çökmenin (presipitasyonun) nasıl meydana geldiğini açıklayabilir. İki değerli antikor molekülleri ile bağlanan antijen molekülleri ağ şeklinde dev yığışımlar (kompleksler) meydana getirir. Bu büyüklükten dolayı artık çözünemediği için çökelirler.



Şekil 11.90
Hemagglutinasyon : Alyuvarların (büyük yuvarlaklar) üzerine yapışmış antijenlerin (küçük kürecikler) antikorlar (küçük küreciklerin üzerindeki, iğne şeklinde olan çıkıntılar) aracılığı ile çökelmesidir.



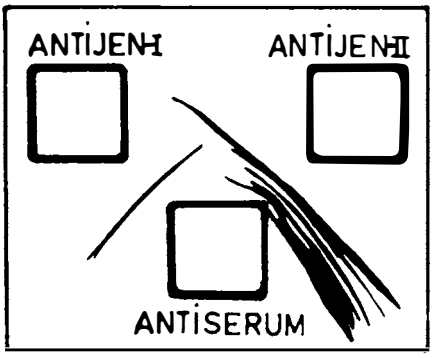
Şekil 11.91
Agar plakada iki delik açılarak üsttekine (yuvarlak, içi siyaha boyanmış olanlar) antijen, alttakine (çubuk şeklinde) antiserum konmuştur. Her iki çukurdan da çevreye bir madde yayılımı başlamış ve ikisinin karşılaştıkları orta hatta bir çökelme meydana gelmiştir.

Deney tüpünde aşağı yukarı tekdüze bir bulanıklık (presipitat ve agglutinat dolayısıyla) meydana gelmekle beraber, bu bulanıklığı, daha önce anlattığımız bakteri yetiştirilen petri içerisindeki yarı akışkan, jel benzeri bir ortamda çok daha iyi bir şekilde gözlemek mümkündür. Bu şekildeki bir agar plakasında iki çukur açılıp, birine antijen çözeltisi, diğerine uygun anti-serum konursa, her çukurdan tüm yönlere doğru diffüzyon ile yayılma başlar. Yayılan bu iki çözeltinin karşılaştığı yerde ince ve keskin bir çizgi halinde presipitasyon meydana gelir ve bu bulanıklık ile hemen tanınır (Şekil 11.91). Burada iki önemli gözlemi açıklamak gerekir.

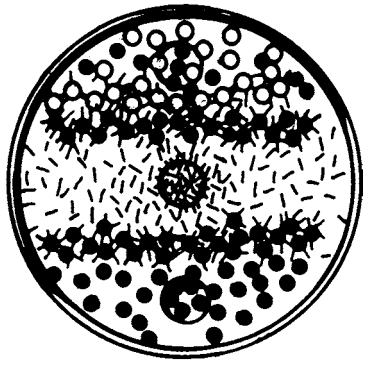
1. Her iki çözeltinin karıştığı yer ile çökelmenin meydana geldiği yer aynı değildir. Eğer birçok antikor pek az bir antijenle karşılaşırsa (anti-serumun konduğu çukurun yakınında durum böyledir), pek az ya da hiç çökelti meydana gelmez. Benzer şekilde antijen çukurunun civarında da birçok antijen pek az bir antikorla karşılaştığı için durum aynıdır. Ancak orta bölgede, her iki çözelti eşdeğer yoğunlukta bulunduğu için belirgin (en fazla) presipitasyon meydana gelir. Buradaki eşdeğer yoğunluk terimi birbirine eşit yoğunluğu ifade etmez; çökelmenin meydana gelmesi için gerekli (uygun) yoğunluk oranını ifade eder. En fazla çökelmenin meydana geldiği bölgede, birbirine tepkime gösteren çözeltilerin oranı tam sayıdan küçüktür. Örneğin, 1:1, 1:2, 1:3 ya da 2:3 gibi. Kimyacılar bunu "Stökiometrik Oran" olarak adlandırırlar. Birbirine karşı en fazla bağın yapıldığı bu çökelme ortamı, aynı zamanda kimyada iyi bir analiz yöntemi olarak bilinmektedir. Presipitasyon ve agglutinasyon özünde kimyasal bağ yapmanın bir sonucudur.

2. İkinci Önemli Gözlem : Antikor ile antijen arasında her zaman tek bir çökelme zonu görülmeyebilir; çok defa bu çizgilerin sayısı birden fazladır (Şekil 11.92). Şekilde bir anti-serumun (attan alınmış anti-difteri serumu), agar plakasında açılmış diğer iki çukura konmuş antijenle (her ikisi de difteri toksinidir) karşılıklı tepkime bölgeleri gösterilmektedir. Burada antijen-II ile antikor arasında birçok çökelme çizgisi

meydana gelmektedir. Çünkü antijen-II ham toksindir ve saflaştırılmamıştır, yani değişik komponentlerden oluşmuştur (Şekil 11.93). Buna karşılık antijen-I tamamen saflaştırılmıştır ve açıkça tek bir komponentten meydana gelmiştir (Şekil 11.91 ve 92).



Şekil 11.92
Antiserum ve antijen - I (saflaştırılmış antijen) arasında yalnız bir çökelme hattı görülmesine karşın, antiserum ve antijen - II (saflaştırılmadığı için antijen -II.'nin birçok komponentten meydana gelmesi düşünülmektedir) arasıda birçok çökelme hattı oluşmaktadır.



Şekil 11.93
Antiserum, agar plakanın ortasına, değişik komponentlerden meydana gelmiş antijen üstteki çukura, saflaştırılmış antijen de alttaki çukura konmuştur. Her maddenin yayılma hızı değişik olduğu için, farklı bölgelerde çökelme hattı görülmektedir (bu farklılık özellikle değişik komponentlerden meydana gelmiş antijenin konduğu üst çukur yakınlarında belirgin olarak görülür).

11.15.4. ANTİJEN VE FAGOSİTOZ

Antijen ve antikorun karşılıklı etkileşime sahip olduğunu öğrendik. Fakat antikorun özgüllüğünü anlayabilmek için antijen hakkında daha ayrıntılı bilgiye sahip olmamız gerekmektedir.

a) Bir virüs, bir bakteri ya da bir madde girdiği organizmada hangi özellikleriyle antikor oluşturmaktadır ? Neler antijen olarak tanımlanabilir.

b) Bir antijen, antikor oluşuncaya kadar nasıl bir değişiklik geçirmek zorundadır ? Antijen-antikor özelleşmesi nereden kaynaklanmaktadır ?

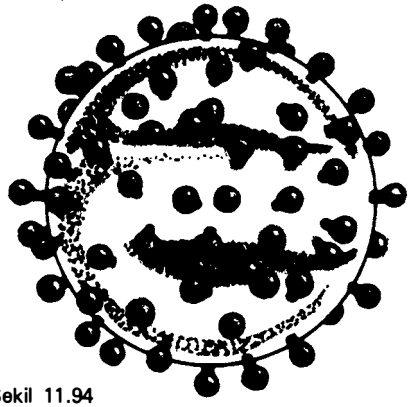
Birincinin yanıtı : Bir maddenin antijen olmasını sağlayan onun kimyasal bileşimi değildir. Başlangıçta ancak proteinlerin antijen olabileceğine inanılmıştır. Fakat daha sonra karbonhidratların, yağların, hatta tüm kimyasal grupların antijenik maddeleri olduğu saptanmıştır. Proteinlerin moleküler ağırlığının büyük olması nedeniyle bağışıklık araştırmalarında antijenik etkilerini açıklamak oldukça zordur; bu nedenle diğer gruplar, özellikle polisakkaritler, antijen olarak daha çok kullanılmaktadır.

Fakat ilginç olanı hemen hemen tüm antijenlerin büyük moleküller olmasıdır. Küçük moleküller büyük bir olasılıkla vücuttan kolayca atıldıklarından (salgılandıklarından) dolayı antijen etkisi göstermemektedirler. Fakat bu küçük moleküller büyük moleküllere bağlı ya da asılı olduklarında durum değişmekte ve antijen özelliği gösterebilmektedirler. Bununla beraber tüm büyük ve karmaşık moleküller de antijen gibi etki göstermezler. Diğer faktörlerin yanında, en azından yenebilir (fagosite edilebilir) olmalıdırlar. Bu son cümlenin anlamı şudur :

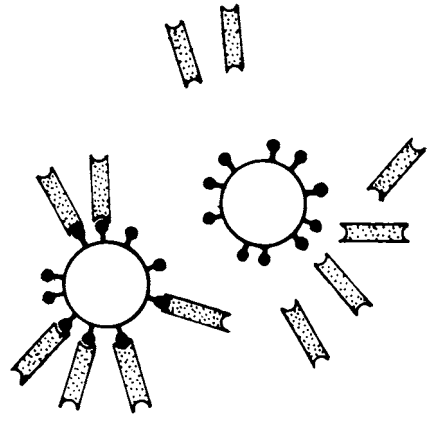
Üre, süt asiti ve üzüm şekeri gibi küçük moleküller genellikle vücut sıvısında ve buna ilişkin olarak kanda çözünürler ve çözünmüş durumda hücre içine alınırlar. Yani, kısmen pasif olarak hücrenin dış kısmından içeriye sızabilir ya da ince kanallardan hücre içine ulaşabilirler. Büyük moleküller çözünmüş olsalar da bu engeli aşamazlar. Bunlar fagositler tarafından yenir. Bir maddenin antijen olarak etki edebilmesi için fagosite edilebilme özelliğinin olması gerekmektedir. Ancak antikor yapılan yerde (serumda değil) hücre içerisine girebilmelidir. Durum yukarıda anlatıldığı gibi ise antijen özelliği gösteren büyük molekül biraz değiştirildiğinde ya da küçük bir molekül eklendiğinde yeni bir antikorun meydana gelmesi beklenebilir mi ? Bu, yukarıda sorulan b şıkkının yanıtı olacaktır.

Bu esasa yönelik araştırma ilk defa KARL LANDSTEINER tarafından gerçekleştirilmiştir. Antijen özelliği gösteren bir proteini dolaşım sistemine enjekte etmiş ve antikor oluşturmuştur. Bu oluşan antikoru biz anti-protein (anti-p) olarak adlandıralım.

Daha önce de anlattığımız gibi proteinler çoğunluk yan zincirleri aracılığıyla tepkime yeteneği gösterirler. Bu şekildeki bir ana zincire yeni bir yan zincir eklemek kolaydır. Bu yan zinciri Y_1 olarak adlandıralım. Eğer Y_1 bağlanmış bir antijeni deney hayvanına enjekte edersek anti-p'nin yanı sıra yeni bir antikor, yani anti-Y_1'nin oluştuğunu ve bu sonuncusunun ancak Y_1'e tepkime gösterdiğini ve yalnız ona özelleştiğini görürüz. Eğer biz esas antijene birçok Y_1 bağlarsak, antijenin tüm yüzeyi Y_1 zincirleri ile örtüleceğinden (Şekil 11.94), bir zaman sonra artık anti-p oluşmaz, yalnız anti-Y_1 üretilir (Şekil 11.95).



Şekil 11.94
Birçok yan dallanma (yuvarlak çıkıntılar) taşıyan (Y_1) proteinin (küre şeklinde katlanmış) şematik görünümü.



Şekil 11.95 : Proteinin dış yüzü Y_1 yan dallarıyla örtülmüşse, sadece anti Y_1 oluşur.

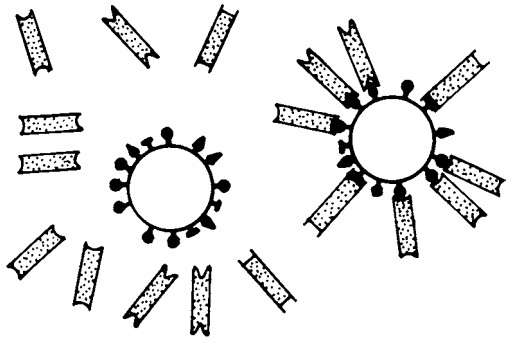
Doğal olarak bu ana antijen molekülüne farklı yapıda yan zincirler de bağlanabilir ($Y_1 \longrightarrow Y_n$) (Şekil 11.96) ve sonuçta anti-Y_1'den anti-Y_n'ye kadar antikor elde edilir (Şekil 11.97). Bu, antijenin birçok kısımdan yapıldığını gösterir :

1. Büyük bir molekülden yapılmış bir ana kısmı vardır. Bu kısım "Antijenite Taşıyıcısı" dır. Yukarıda verilen örneklerde bu kısım anti-p'yi meydana getiren kısımdır.

2. Bir ya da birçok küçük molekülden yapılmış eklentileri vardır. Bu yan moleküller özgüllüğü saptar. İşte özgüllüğü saptayan ve sağlayan bu gruplara "Determinant Gruplar" denir (verdiğimiz örneklerde $Y_1 \longrightarrow Y_n$).



Şekil 11.96 : Farklı yan dallarla ($Y_1 \longrightarrow Y_n$) örtülmüş proteinin şematik görünümü.

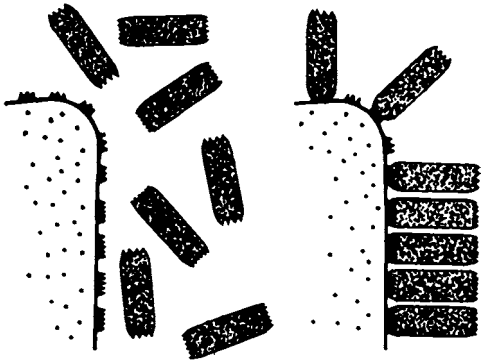


Şekil 11.97
Farklı yan dallarla örtülmüş proteine ($Y_1 \longrightarrow Y_n$) karşı farklı antikorların ($anti_1 \longrightarrow anti_n$) oluşumu.

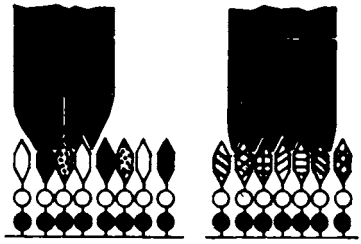
Eğer bir antijen farklı determinant gruplar taşırsa, taşıdığı determinant grup sayısı kadar antikor meydana getirir. Bazen bir antikor, grubunun tüm üyelerini meydana getirebilir. Bu grubun her üyesi bir determinant gruba özelleşmiştir ve ancak onunla bağ yapabilir.

Daha ayrıntılı ve kapsamlı araştırmalar protein olmayan ya da yapısında fazla önemli olmayan bir protein grubu taşıyan antijenlerle yapılmıştır. Bu tip çalışmalarda en çok kullanılan denekler Enterobacteriacea'dan *Escherichia coli, Salmonella* ve *Pneumococus*'dur. Pneumokoklarda S ve R formları bilinmektedir. S formları (düz) kapsüle sahiptir ve bulaşma yeteneğindedir. Buna karşılık R formları kapsülsüzdür ve tehlikesizdir. Transformasyon çalışmalarında, daha önce bağışıklık kazanmamış farelere çok fazla miktarda S-bakterisi enjekte edildiğinde ölüm meydana gelir. Bağışıklıkla ilgili çalışmalarda pek az miktarlarda verildiği için denek yaşamasına devam eder ve antikor meydana getirir. Gerçekte antijen etkisini kapsül maddesinin bizzat kendisi (ya da belirli bir kısmı) yapmakta ve antikor yapımını başlatmaktadır (Şekil 11.98). Bu nedenle R formları zararsızdır! Kapsül maddesi herhalde karışık yapıda olmalıdır. Yapısına protein, şeker (polisakkarit) ve yağ benzeri maddeler (lipoid) katılmaktadır. Bu yapı, polisakkarit-lipo-protein olarak tanımlanır. Bu kompleks üzerinde yalnız polisakkarit komponentler determinat grup olarak işlev görür;

lipoid ve proteinlerin bu yönde işlevi yoktur. Şeker grupları yüzeyde bulunur ve tarağın dişleri gibi dışarıya uzanır ve böylece ilk olarak tepkimeye girer. Lipoidler ve proteinler buna karşılık kapsülün daha içteki tabakalarında bulunduğu için, normal olarak örtülüdürler (Şekil 11.99).



Şekil 11.98
Bakteri kapsülündeki determinant gruplar polisakkaritlerdir. Bunlar bir tarağın uçları gibi dışarıya doğru uzanırlar ve antikorlarla (dikdörtgen şeklinde) bağlanırlar.

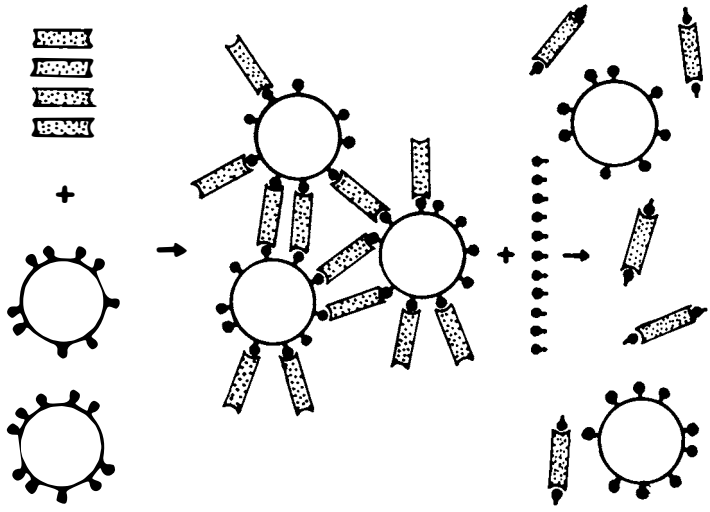


Şekil 11.99
Kapsül yapısının şeması : Altta birinci ve ikinci sırada birbirine çizgiyle birleşmiş lipoit ve protein tabakası (yuvarlak şekilli), onun üzerinde polisakkarit tabakası (baklava dilimi şeklinde) bulunur. Şeker üçlü (solda) ya da beşli (sağda) gruplar halinde bağlanmıştır. Bu dizilime uygun olarak da antikor (en üstteki şekiller) bağlanması meydana gelir. Antikorun alt üniteleri beyaz çizgiyle ayrılmıştır.

Burada önemli olan, bakteri kapsülündeki yapıdır. Antijenin ana maddesi büyük karmaşık bir molekül olmasına karşın, normal olarak organizmalar için zararsız olan küçük moleküller ile yaptığı bileşiklerde, determinant grupları bu küçük moleküller oluşturmaktadır. Gerçekte, polisakkarit-lipo-protein içerisindeki şeker, canlılar için tamamen zararsızdır. Bunun böyle olduğu aşığıdaki deneme ile çok güzel gösterilmiştir.

Antijen ve uygun antikoru yan yana getirdiğimizde, antijen-antikor kompleksi çöker ve çözülmeyen bir presipitat meydana gelir. Bu presipitata yapabildiğimizce fazla sayıda yalıtılmış (serbest) determinant gruplar ilave edelim. [LANDSTEINER'in çalışmalarından da bildiğimiz gibi ana protein zincirine yan zincirler bağlanabilmektedir. İlave ettiğimiz bu gruplardan bağlananların dışında bir miktar artık elde etmeliyiz. Kapsül antijenlerinde yüzeye oturan şeker komponentlerini kimyasal olarak parçalayabilir, izole edebilir ve deneyde kullanabiliriz]. Presipitat içerisindeki antikorun bivalent bağlanma yerleri antijenin ilgili determinant grupları tarafından işgal edilir. Fakat serbest determinant gruplar da antikorun bağlanma yerini doldurmak için aynı eğilimi gösterirler.

Serbest determinant gruplar antijene bağlandıktan sonra artan miktarı antikorun bağlanma yerlerini doldurur. Sonuçta antikor, iki değerlikli olduğundan, ancak iki determinant grubu bağlayabilir ve oldukça küçük bağlar meydana getirirler. Böylece antijene bağlanan determinant gruplar tekrar serbest kalmıştır. Tüm ağ şeklindeki kompleks (presipitat) serbest antijene (işgal edilmiş determinant grupları olmayan) ve yalnız iki determinant grupla bağlanmış (tüm antijen molekülüyle değil) antikora çözünür. Böylece, serbest determinant grubun ilavesiyle (yalnız başına zararsızdır) presipitat içerisinde daha önce zararsız olan antijen molekülünün, zararlı olacak şekilde serbest kalması sağlanmıştır (Şekil 11.100).



Şekil 11.100 : Eğer antijen (determinant gruplu) ve antikor bir araya getirilirse, bir presipitasyon meydana gelir (ortada). Eğer ortama fazla miktarda serbest determinant grup ilave edilirse, presipitasyon tekrar çözülür (sağda).

11.15.5. ANTİKOR

Antijen üzerindeki determinant grupların özgüllüğü saptadığını ve uygun antikor üzerindeki (özel) yerlere bağlanarak presipitat ve agglutinat meydana getirdiğini öğrendik. Determinant gruplar herhangi bir kimyasal bileşik sınıfından olabilir. Buna karşılık antikor yalnız bir protein grubundan meydana gelmiştir. Bu, gamma globulindir. Bu globulin nasıl oluyorda binlerce ve yüzbinlerce determinant gruba bu kadar net ve özgül olarak ayarlanabiliyor ?

Bu sorunun yanıtı kesin olarak verilememiştir. Fakat kuşku götürmeyecek bazı bulguların da saptandığı bilinmektedir. Biz çok ayrıntıya girmeden bu bulgulardan bazılarını vermeye çalışacağız.

Büyüklüğü : İki alt birimi bilinmektedir. Bir alt biriminin moleküler ağırlığı yaklaşık bir milyondur ve enfekte edilmemiş organizmanın serumundaki özgülleşmemiş gamma globulin gibidir. Ultrasantrifüjde 19 S'li maddedir. Ultrasantrifüjde hızla çev-

rilen maddeler partikül büyüklüğüyle doğru orantılı olarak çökerler. Çökme sabitesi S olarak ifade edilir ve SVEDBERG birimi olarak bilinir. SVEDBERG ilk defa ultrasantrifüjü yapmış ve bilimsel amaçlar için kullanmıştır. Örneğin tam bir ribozomun molekül ağırlığı 6 milyondur ve 100 S'dir. Ribozomu oluşturan parçaları ise 70-S, 50-S ve 30-S'dir (toplamları yüz değil!). İlginç olanı 100-S ribozomu iki 70-S'lik birime parçalanmaktadır ve her 70-S birimi de tekrar 50-S ve 30-S'lik komponentlere ayrılmaktadır. Burada dikkat edilecek husus SVEDBERG biriminin atom ağırlıkları gibi toplanarak bulunamayacığıdır. Büyük antikor molekülleri enfeksiyondan kısa bir süre sonra ortaya çıkar. Fakat her zaman etkili değildir. Diğer alt birimi çok daha küçüktür. Moleküler ağırlığı 160.000'dir (7 S'li madde). Daha sonra ortaya çıkar ve antikor olarak çok etkindir. 160.000'lik molekül ağırlığı yüksek moleküller grubundadır; birçok enzim-protein bu sayının çok altındadır. Biz anlatılanları özetleyecek olursak:

a) Antikor molekülleri bivalenttir, yani iki bağlanma yeri vardır.

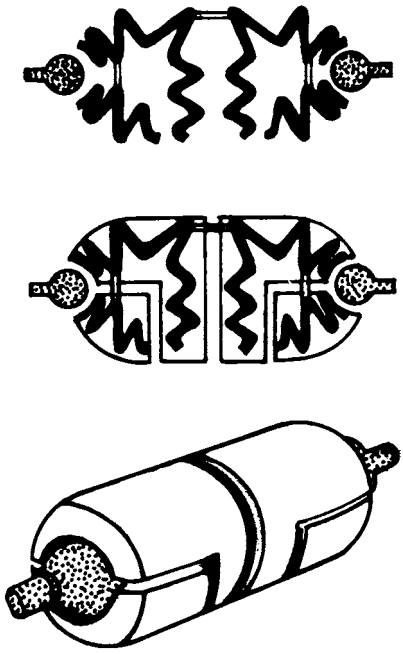
b) Bu bağlanma yerleri aynı determinant grup için özelleşmiştir ve her iki bağlanma yerinin özelliği de aynıdır.

Daha ilginç olanı antikor molekülünün tüm yüzünün ancak %1-2'si bağ yapabilme yeteneğindedir. Geri kalan %98'i determinant gruplara bağlanma açısından tamamen önemsiz görünmektedir.

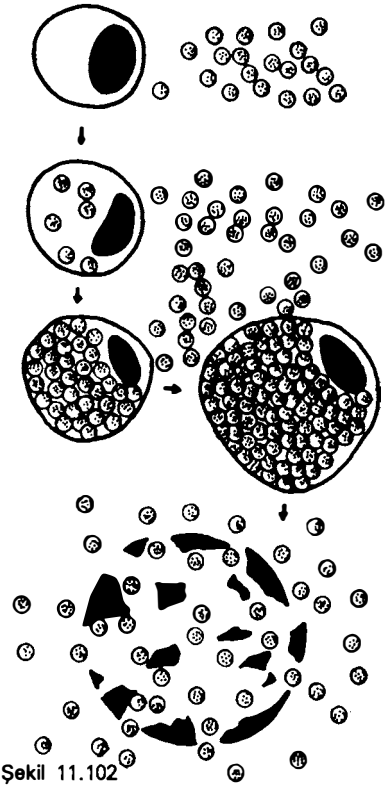
Proteini parçalayan enzimlerle 160.000'lik antikorlar parçalanabilir. Bu şekilde her birinin moleküler ağırlığı 20.000 olan iki ve yine her birinin moleküler ağırlığı 60.000 olan iki, toplam dört polipeptit zinciri elde edilir. Bu dört zincirin hiçbiri artık antikor özelliği göstermez. Bununla beraber antikorların gelişigüzel değil bir plana göre parçalanması sağlandığında bu zincirler elde edilir. Eğer bu zincirler tekrar dikkatle birleştirilirse antikor özelliği yeniden elde edilir. Bu alt birimlerin durumuna göre modeller geliştirilmeye çalışılmıştır (bu konuda bilim adamları arasında tam bir uyuşma sağlanamamıştır). En azından bağlanıcı grupların küçük alt birimler üzerine mi, yoksa şekilde (Şekil 11.101) gösterildiği gibi bir küçük ve bir büyük alt birimin ikisine birden mi dayalı olduğu konusunda dahi görüş birliği yoktur. Bir determinant gruba bağlanmayı açıkça tüm molekülün iki uç şeklinde boğumlanan kısmı saptamaktadır.

Daha önceki bilgilerimizden, polipeptit zincirlerinin çok nadir durumlarda bir yay gibi uzadığını bilmekteyiz. Genellikle α-heliks şeklinde kıvrılmış ve birçok katlanma, dallanma ve dirsek meydana getirmiştir. Bu şekildeki kıvrılma ve katlanmaların oldukça fazla sayıda yüzey şekli meydana getireceği açıktır. Aynı şey substrata özgül enzimlerde de görülmektedir. Bu defa antijene özgül protein molekülünün yüzeyi söz konusudur. Bunlar birbirlerinin karşılıklı komplementerleri gibi hareket ederler (antijenin determinant grupları ve antikorların bağlanma yerleri).

Biri hafif, diğeri ağır iki alt birimin katılmasıyla oluşturulabilecek kuramsal yüzey şekli olanağı, gerçekte meydana gelen yüzey şekli sayısından çok daha azdır. Her iki alt birimin karşılıklı olarak bir kılıf gibi kayması, yüzey şekli meydana getirme olanağını artırabilir.



Şekil 11.101
Dört alt birimden oluşmuş bir antikorun (kapsül şeklinde) modeli. Bu şekildeki bir model iki uçta antijenin determinant (kapsülün ucundaki küremsi sonları olan çubuklar) gruplarına özgül iki yapışma bölgesi taşır.



Şekil 11.102
Lökositler (büyük hücreler) antijenleri (içi noktalanmış küçük kürecikler) yerler. Eğer antijenlerin sayısı çok fazla ise, aşırı yemeden dolayı lökositler parçalanmaya başlar.

Determinant grubun bir damga gibi antikorda yüzey şeklini nasıl meydana getirdiği bilinen kimyasal yollarla aydınlatılamamıştır. Ayrıca yaşayan bir hücrenin diğer yönleriyle bu olaya ortak etki yapıp yapmadıkları düşünülmelidir.

11.15.6. BAĞIŞIKLIK AYGITI "Yiyici Hücreler Antijenlerle Savaşıyor"

Vücuttaki hücrelerin bir kısmı bağışıklık aygıtı olarak ayrılmıştır. Bu bağışıklık aygıtı (hücreleri) sinir ve kan dolaşım sistemi gibi bir ağ şeklinde, tüm omurgalılarda dokular arasına serpiştirilmiştir.

Bu sisteme "Reticulo Endothelium" ya da "Reticulo-Endothelial Sistem", kısaltılmış olarak da RES denir. Bu terim (sadece çok hücrelilerde değil) birhücrelilerin içerisinde galeriler oluşturan Endoplazmatik Retikulum'dan türemiştir. Bu sonuncu yapı da hücre içindeki ağ sistemini ifade eder. RES'ye aşağıdaki yapılar dahildir :

a) Üst göğüs bölgesinde bulunan timüs bezi
b) Dalak

c) Kemik iliği
d) Bademcik
e) Büyük lenf düğümleri
f) Küçük lenf baloncukları (follikül)
g) Lenfositler
h) Kupffer hücreleri (karaciğerde)

Özelleşmemiş koruma sistemlerini aşarak kana ulaşan bakteri ya da onun toksinlerine karşı neler olduğunu sırayla inceleyelim.

Bir mm^3 kanda milyonlarca alyuvar bulunmasına karşılık, ancak birkaç bin akyuvar, yani lökosit vardır. Bunların içinde lenfosit olarak adlandırılan daha küçük bir grup vardır ve vücudun polisleri olarak tanımlanır. Vücut içerisine giren bu antijen özellikli yabancı maddeleri hemen yiyerek yok ederler (fagosite ederler). Bu nedenle bu hücrelere "Phagocyt"ler denir. Eğer antijen, mevcut lökositlerin yiyip bitirebileceği (bunun için enzimce zengindirler) kadar az ise, herhangi bir uyarılma ve irinleşme olmadan yok edilir.

Bununla beraber antijenler, mevcut lökositlerin hakim olamayacağı kadar fazla ise, lökositler bunları aşırı miktarlarda yerler; fakat hepsini sindiremezler ve çapları büyür (Şekil 11.102). Sonuçta antijenler tarafından tahrip edildiklerinden dolayı patlarlar ve pek hoş olmayan, yarı saydam "İrin ya da Cerrahat" dediğimiz bir sıvı şeklinde yaradan akarlar. Bu sıvıda, diğerlerinin yanı sıra histaminler (histidin denen amino asite yakın bir bileşik) de bulunur. Keza saman nezlesi ve hapşırık da bu sıvının bir diğer şeklidir ya da ikincil bir semptom olarak ortaya çıkar.

Bu şekildeki bir irinleşme, kemik iliğinden, lenf bezlerinden, her şeyden önce thymus (timüs) bezinden gönderilen lenfositleri harekete geçirir. İkinci dalga olarak yeni lenfositler var olan her şeye, hücre artıklarına, mevcut antijenlere, hatta eski akyuvarlara saldırır. Bunlar gerçek yiyici hücrelerdir (bu nedenle "Makrofaj" lar olarak adlandırılır). Gerçekte bunların çapları oldukça büyüktür. Çoğunluk bu dalga ile tehlike ve artıklar ortadan kaldırılır. Bununla beraber hâlâ aktif bir bağışıklık mekanizması kazanılmamıştır. Bağışıklıktan anlaşılan, ilk darbeden sonra, vücudun sürekli antikor yapabilmeyi öğrenebilmesi ya da elde edilen antikoru hazır olarak tutabilmesidir. İkinci bir benzer enfeksiyonda, daha önce bulunan yeterince antikor tarafından, antijen, presipitasyon ya da agglutinasyonla hemen zararsız hale getirilir. Hangi hücreler bu antijenleri üretir ve devreye sokar ?

Başlangıçta, makrofajlar antijenleri yediği için, antikorların makrofajlarda üretildiği varsayılmış ve salgılandıkları düşünülmüştür; ama gerçekte durum böyle değildir. Aslında, antikor, "Plazma Hücreleri" denen tamamen değişik bir hücre grubu tarafından salgılanır.

11.15.7. ANTİKORLARIN ÜRETİLDİĞİ PLAZMA HÜCRELERİ

Kökenleri oldukça belirgindir. Farklılaşmamış mezenşim hücrelerinden türemişlerdir (mezenşim çok erken evrelerde ayrılmış gevşek bir dokudur; diğer doku-

lardan bazılarının yanı sıra, bağ doku bu dokudan tamamen farklılaşarak türemiştir). Biz ilk olarak bu hücrelerin herhangi bir yolla bölünmek için uyarıldığını varsayalım. İlk yavru hücreler biraz özelleşmiştir (az farklılaşmış); bunlar "Plazmablast" olarak adlandırılır. Hemen hemen her on saatte bir bölünerek, yaklaşık beş gün sonra, bir plazmablasttan 500 kadar hücre meydana gelmiş olur. Aynı şekilde olgunlaşma evrelerini de izlemek gereklidir. Genç bir plazmablasttan tamamlanmış bir plazma hücresi ortaya çıkar. Sitoplazmada ribozomlar, ilk olarak az, daha sonra gittikçe artan oranlarda meydana gelmeye başlar ve yine miktarı gittikçe artan endoplazmik retikulumun aralarına (sarnıçlarına) dolmaya başlar. Son evrede, zarları ribozomlarla tamamen dolmuş çok geniş endoplazmik retikulumu olan plazma hücreleri meydana gelir. Artık bunlar tamamen gelişmiş antikor fabrikası olarak çalışabilir. Ürettikleri antikorları ve dolayısıyla özel şekillendirilmiş gamma globulini sürekli dışarıya, kan dolaşım sistemine verirler.

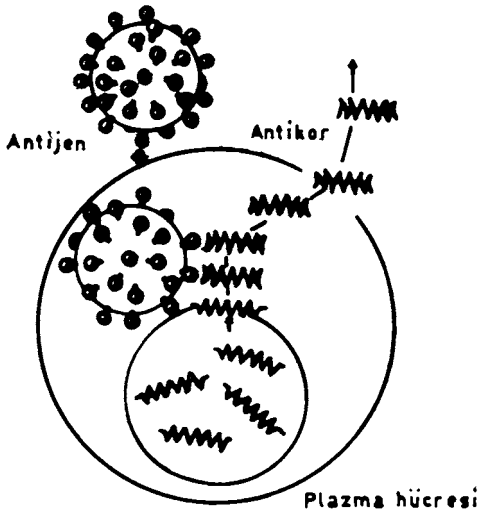
Zayıflatılmış ve hidrojeni işaretlenmiş (tritiumlu) tetanos toksini ile yapılan denemeler ilgi çekicidir. İşaretlenmiş toksin verildiğinde, bazen mevcut plazmablastlar; fakat çok defa olgun yavruları ve antikor üreten plazma hücreleri hiçbir radyoaktif iz göstermemektedir. Bütün bunlara karşın çok küçük miktarlarda, önemsiz antijen parçaları taşıyabilir. Bunun yanı sıra yiyici hücreler (makrofajlar) çok fazla antijen taşırlar ve kuvvetli olarak radyoaktivite gösterirler. Buradan şu sonuca varabiliriz : Antijenlere uygun antikor üretmek zorunda olan plazma hücreleri, asla antijenlere gereksinim göstermez. Bununla beraber yanılmadan (bazı sapmalar gözlenmiştir), her zaman belirli bir sayıda antikor çeşidini üretmektedirler. Bir plazma hücresi dört farklı antikoru yan yana üretebilir.

Plazma hücreleri bu bilgiyi nasıl ve hangi formda elde ederek, ona göre özgül şekillenmiş antikoru üretebilmektedir ? Bugüne kadar bu sorunun kesin bir açıklanması yapılamamıştır. Bununla beraber iki farklı açıklama "şimdilik" daha uygun olarak kabul edilmektedir. Birincisi "İnstruktiv (= didaktik, öğretici) ya da Matris (= kalıp) Varsayımı" (template theory); ikincisi "Selektiv (= seçici) ya da Klon Seçme Varsayımı" (clon selection theory)'dır. Bunları sırasıyla görelim.

11.15.7.1. *İnstruktif ya da Matris Kuramı (Öğretici ya da Kalıp Kuramı) "Antijen Antikoru Damgalar"*

Bu kurama göre antijenin bizzat kendisi bir kalıp (matris) olarak kullanılır. Her determinant grup belirli ölçüde bir kalıp olarak (erkek kalıp) hizmet görür ve antikorun bağlanma yerini bir komplementer gibi şekillendirir (modüle eder). Bir antikor iki değerlikli olduğu için birbirinin aynı olan iki bağlanma yerini aynı şekilde biçimlendirir (Şekil 11.103).

Bu varsayımda iki karanlık nokta vardır.



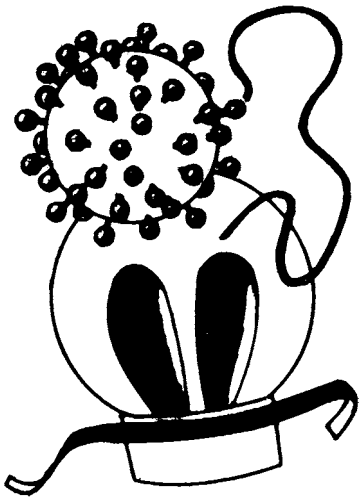
Şekil 11.103
Matris-Varsayımının şeması: Antijen plazma hücresinin içerisine girer (yuvarlak çıkıntıları olan küre) ve bir kalıp gibi yeni antikor oluşumunu sağlar.

a) Yukarıda anlattığımız gibi antikor üreten plazma hücrelerinde antijen saptanamamıştır. İlk enfeksiyondan aylarca ve yıllarca sonra antijen (her zaman plazma hücrelerinde olmamakla beraber) gösterilebilmelidir. Yoğunluğu çok az olsa da, immunolojik olarak yetkinleşmiş hücrelere yeterli olduğu düşünülmektedir (her özelleşmiş hücre için 1000 kadar antijen molekülü).

Diğer durumlarda, özellikle pneumokok-kapsül polisakkaritlerinde, antijen miktarı aylarca ve yıllarca pratik olarak azalmaz. Buna karşılık yıkıcı enzimler asla mevcut değildir. Doğal olarak bu antijenler antijen olarak etkili değildir, aksi taktirde canlıları öldürecektir. Buna karşın bu antijenler herhangi bir formda bloke edilir. Genellikle makrofajların RNA'sı ile bağlandığına inanılır. Bu formda zararsızdır; fakat makrofajların içerisinde kalıp işlevini açıkça sürdürmekte ve belirli ölçüde, bilgi olarak birçok hücre generasyonu aracılığıyla plazmablastlar ve plazma hücrelerine tekrar verilmektedir.

Buna karşın, tek bir durumda dahi gerçekten plazma hücresinde antijen bulunmazsa, bu çok önemli bir itirazı oluşturabilir. Sanki antijen sahip olduğu bilgiyi (determinant grubun, antikordaki bağlanma yerini oluşturan bilgisi) bağlandığı RNA'ya taşımıştır (Şekil 11.104).

b) İkinci güçlük, her antikor bir globulindir, yani proteindir ve dolayısıyla protein sentezinin genel ilkelerine bağımlıdır. Antikor-globulini fiziksel ve kimyasal açıdan, antikor olarak işlev görmeyen diğer globulinlerden ayrılmaz. Protein sentezinde kalıtsal bilgi (DNA), RNA üzerinden, ribozomlarda bağlanır ve bir polipeptitin son katlanmış şekli yalnız kalıtsal olarak DNA'den alınan komuta göre yapılır. O zaman antijen ya da antijenden köken alan bir bilgi bu sentezleme düzeneğini nasıl etkilemektedir ? Birincil protein yapısını (amino asit dizilimi) kesinlikle etkileyemez, keza ikincil yapıyı da etkilemesi olanaksız görülmektedir (heliks yapıyı); belki üçüncül yapının oluşumunda etkendir.



Şekil 11.104
Antikor oluşumunda Pauling şeması: Ribozom (kalın şerit şeklinde mRNA taşıyan büyük lamba figürü) üzerinde polipeptit (ince ip şeklindeki figür) sentezlenir. Bu polipeptit, antijenin (üzerinde yuvarlak çıkıntılar olan küre) determinant gruplarına göre katlanarak iki özgül yapışma yeri olan bir antijene döndürülür.

Bununla beraber üçüncül yapının oluşması, birçok araştırıcıya göre birincil yapıya bağımlılık gösterir. Fakat yapılan iki araştırma bunun tam doğru olmadığını göstermektedir.

Bir tanesi protein ve immun kimyasında uzmanlaşmış PROF. HAUROWİTZ tarafından gerçekleştirilmiştir. Antijen özellikleri olan azoproteini almış ve ilave olarak kükürt içeren belirli bir determinant grubu bağlamıştır ve bunu ilk olarak tavuğa, daha sonra bir tavşana enjekte etmiştir. Her ikisi de aynı antijene karşı antikor meydana getirmiştir. Fakat her iki antikorun kimyasal yapısı birbirinden tamamen farklıdır. Çünkü amino asit bileşimleri ve ola ki amino asit dizilimleri aynı değildir. Buna karşın her ikisi de aynı antikor özelliği ve aynı komplementerliği göstermektedir. Açıkça üçüncül yapı (antikorun komplementer bağlanma yeri) farklı birincil yapılarla aynı şekilde oluşturulmuştur.

Tersi de mümkündür. Bilinen bir gamma globulin —tavşan serumundan— deney tüpünde yan zincir olarak dinitrofenil (DNP) taşıyan insan serum-albüminine karşı özelleşmiş antikor içinde şekil değiştirebilir. Ancak gamma globulin molekülünün kıvrımları geçici olarak biraz (tamamen değil) açılmak zorundadır ve DNP-albüminin varlığında geriye katlanma cereyan eder. Büyük bir kısmı tekrar eski haline döner; fakat %0.5'i DNP-albümine özellişmiş olur. Ancak az bir antijen kısmen katlanmaları açılan gamma-globulinlerle zamanında ve doğru yerde karşılaşmaktadır.

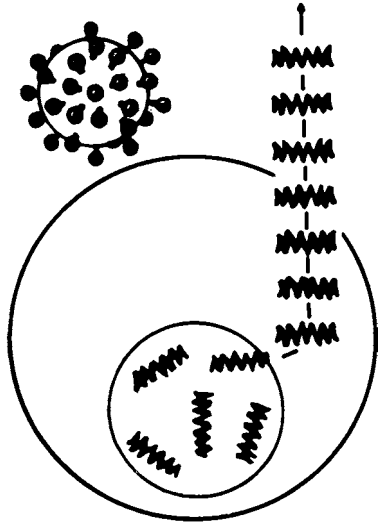
Üçüncül yapının oluşmasında antijen bilgisinin etkisi ve antijenin etki şekli ayrıntısıyla bilinmemektedir. Bununla beraber bazı kanıtlanamayan varsayımlar kabul edilirse belirli bir açıklama getirmek mümkündür.

11.15.7.2. *Klon Seçme Varsayımı*

"Plazma Hücreleri Kahinlik mi Yapmakta?"

İnstruktif varsayımda, antijen olarak globulinin katlanmasında yeni bilgileri delerek verdiği düşünülmüştür. Klon Seçme Varsayımında ise bir organizmada dü-

şünülebilecek tüm antijenlerin antikorlarına ait kalıtsal bilginin daha önce hücrede var olduğu düşünülmektedir. Bağışıklık sistemi, her biri yerine göre, bir antikorun yapımından sorumlu olan birçok hücreden yapılmıştır. Fakat enfeksiyondan önce bu "potent" hücrelerin işlevsiz olduğu kabul edilmektedir. Bunların kalıtsal antikor yapıları hücrenin içinde değil, hücrenin yüzeyinde bulunmaktadır. Eğer bir antijen kan dolaşım sistemine ulaşırsa, büyük bir olasılıkla, makrofajlarla bu hücrelerin yüzeyine ulaştırılır. Bu makrofajlar antijeni fagosite eder ve uygun antikor yapılı hücreyi seçerek ona götürürler (bu nedenle seçme varsayımı denmekte). Bu antijenlerin gelişleri ilk olarak immunolojik olarak yetkinleşmiş hücreleri, bölünmek için uyarır. Böylece benzer (aynı) hücrelerden mitozla bir klon oluşur (bu nedenle Klon Seçme Varsayım denir). Bunlar da antikor üreten ve üretimini seruma veren plazma hücrelerine gelişir. Bu şekilde, antijen, bizzat kendisi hücre içerisine girmeden antikor oluşumunu etkilemektedir (Şekil 11.105).



Şekil 11.105
Klon-Seçme-Varsayımı: Antijen taşıyan yiyici hücreler, uygun plazma hücrelerini seçerek bulurlar ve onlara bağlanarak antikor oluşumunu sağlarlar. Antijen (yukarıdaki yuvarlak çıkıntıları olan küre) dışarda kalır.

Varsayım bazı yararlara sahiptir. En azından bir dogmaya daha az gereksinme göstermektedir. Antikorun tüm amino asit dizilimi, üçüncül yapıdaki katlanmaları; hatta iki hafif, iki ağır zincirin 160.000'lik kompleksleri (kuaterner yapı) meydana getirecek şekilde birleşmeleri kalıtsal olarak saptanmasına karşın, antijen ancak çözücü (başlatıcı) şekilde işlev görmektedir.

Protein sentezinde de gördüğümüz gibi, proteinlerin sentezleri kalıtsal olarak saptanmaktadır. Antikor yapan hücrelerde değişik protein üretebilecek bilgilerin reprossörlerle baskı altında bloke edilmiş (paketlenmiş) olarak bulunduğu düşünülebilir. Antijen, bu reprossörü enzim sentezindeki indüksiyonda olduğu gibi ortadan kaldırır, yani bloke eder (D e r e p i r i m e etme). Repressörün inaktive edilmesiyle, indüktör olarak, antikor sentezi başlatılır. İkinci yararı, plazmablastların neden hızlı bir şekilde çoğalma sürecine girdiğini net bir şekilde açıklar (klon oluşumu). Bununla beraber, antijenin ve bununla ilişkin olarak antijen içeren makrofajların, bir plazmablastın bölünmesini nasıl uyardığı bilinmemektedir.

Ayrıca açıklanması gereken diğer bir konu : Bir diploit organizmanın tüm hücreleri, mitozla, kalıtsal bilgisi aynı olan yavru hücreleri meydana getirmesine karşın, bağışıklık için herhangi bir şekilde özelleşmiş değildir. Acaba yetkili mezenşim hücreleri ve bununla ilişkin olarak plazmablastlar farklı antikorları üretmek için bu sayısız bilgiyi nereden bulmaktadırlar ? Doğumdan önce, mutasyonlarla, yeni özelliklerin kazanıldığını ve bunların sakladığını kabul etmek zorundayız. Böylece potent (yetkin) hücrelerden oluşmuş büyük bir populasyonun meydana geldiği düşünülmekte ve antijenin bu populasyon içerisinde kendine uygun olan hücreleri seçtikleri varsayılmaktadır. Bu şekildeki bir yaklaşım mümkündür; fakat herhangi bir kanıt elde edilememiştir.

Bu varsayıma başından beri itirazlar olmuştur. Bir organizmanın olası bir antijene karşı (bakteri, virüs veya antijen olarak etki edecek diğer bir kimyasal bileşiğe) binlerce, hatta yüzbinlerce farklı hücreyi bünyesinde bulundurması olanaksız görülmektedir. Bunun, ilk defa, yapay olarak sentezlenmiş azoproteini antijen olarak kullandığımız zaman, gerçek olmadığı anlaşılmıştır. Bu yapay madde, dinitrofenil grupları, azofenil arsenat grupları ve kuaterner ammonyum bazları ile, çift yapması bakımından benzerdir. Bunların hepsi antikor oluşumunu uyarabilmektedir. Fakat yirminci yüzyılda yapay olarak sentezlenen bir kimyasal maddeye karşı antikor yapma düzeneğini çok daha önceden geliştiren bir hücre kahin demektir. Bu düzeneğin oluşması da rastlantı ile meydana gelen mutasyonlardır şeklinde savunulmaktadır.

İkinci varsayımı benimsersek, o zaman, ileride uzaya çıkacak insanların dünyada olmayan bileşiklerle karşılaştıkları zaman, bu savunma sistemi ile o bileşikleri de zararsız hale getirebileceği (dünya dışı antijenler); aksi taktirde çaresi olmayan salgın bir hastalığın (epideminin) ortaya çıkmasının kaçınılmaz olacağı ileri sürülebilir. İleride yapılacak uzay çalışmaları bunu daha kesin olarak açıklayabilecektir. Eğer antikor üreten hücreler, yerine göre mutasyonla meydana gelmişse ve geliyorsa, o zaman, duruma göre her yeni antijen için, antikor üretme yeteneği olabilir. Bununla beraber plazma hücrelerinin bir klonu her zaman bir çeşit antikor üretebilir; yani " U n i p o t e n t " dir. Fakat bir hücrede iki farklı antikorun da üretildiği kanıtlanmıştır. Hatta dört farklı antijenle yapılan denemelerde, bir klonun hücreleri, gerçekte dört farklı antikor meydana getirmiştir. Bu ise Klon Seçme Varsayımını büyük ölçüde gözden düşürmektedir; hatta bu varsayımın kurucusu tarafından dahi bu itirazlar tamamen benimsenmektedir.

Bu iki varsayım da temelden birbirine karşıdır ve aşağıdaki nedenlerden dolayı birbirleriyle herhangi ortak bir tarafları yoktur:

a) Ya antikor için tüm bilgi filogenetik olarak oluşmuştur, enfeksiyondan önce vardır. Enfeksiyon sırasında sadece ilgili klonun seçilmesi yeterli olmaktadır (Seçme Varsayımı).

b) Ya da tüm bilgi antijenin bizzat kendisinden gelmektedir (Kalıp Varsayımı).

Çok az kanıtlanmış tarafları olan bu iki varsayımı, daha ayrıntılarıyla incelemekte yarar görmüyoruz. Belki ileri sürülecek yeni modeller daha açıklayıcı bir yol getirebilir.

Biz aktif bağışıklığı, belki geçmişe göre daha iyi bilmekteyiz. Fakat yine de ortada kesin olan pek az açıklama vardır. Hafif bir enfeksiyonun (aşının) özel bir antikor oluşumunu nasıl başlattığını gözledik. Bu üretim, tüm antijenler bağlandıktan sonra durur. Fakat immunolojik olarak yetkinleşmiş bu hücreler, yeni bir enfeksiyon karşısında, eski durumu hemen hatırlayarak üretime geçerler; bu nedenle "Hafızalı Hücreler" olarak adlandırılırlar.

Antijen-antikor tepkimeleri, çoğunluk serumda meydana gelir.

Önümüzdeki yüzyılın en önemli araştırma konusu olarak, bağışıklık, bilim dünyasının gündeminde durmaktadır. Bu arada bağışıklığın, bireyler arasındaki farkı yani biyolojik bireyselliği nasıl sağladığı da moleküler biyolojinin en ilgi çekici konusu olarak ayrıntılı araştırmaları beklemektedir.

11.15.8 BİREYSEL ÖZGÜLLÜK "Biyolojik Bireysellik ve Autoimmun Hastalıklar"

İlk olarak bağışıklık tepkimeleri gösteren bir organizma, kendi maddelerini yabancı maddelerden neden ve nasıl ayırabilmektedir? Eğer tüm kimyasal bileşikler antijen olarak, ya da en azından determinant grup olarak işlev görseydi, o zaman vücudun kendi bileşikleri de antijen olarak etki yapacaktı ve sonuçta bağışıklık sistemi kendi vücut bileşikleri için antikor meydana getirerek, onu zehirleyecekti.

Başlangıçta bu şekilde auto-antikor oluşumlarını bulmak için çaba harcandı; fakat başarılamadı. İmmun kimyasının eski ustalarından olan PAUL EHRLICH keçilerle bir deneme yapmıştır. Keçinin birini diğer bir keçinin alyuvarlarına karşı immunize etmiştir. Antijen olarak etki eden yabancı alyuvarlara karşı antikor oluşmuştur. Fakat bu antikor hiçbir zaman kendi alyuvarları ile tepkimeye girmemiştir. İnsan gibi, keçiler de farklı kan gruplarına sahip olduklarından yan ürünler çıkabilir; fakat auto-antikor gösterilmemiştir.

Bugün biz auto-immun tepkimelerinin olduğunu ve bunun da bazı hastalıklara yol açtığını biliyoruz. Bilinen bu hastalıklardan bazıları şunlardır:

a) Multiple Skleroz : İyi tanınan ve korkulan bir hastalıktır. Merkezi sinir sistemi maddelerine karşı auto-immun tepkimelerin meydana gelmesiyle (en azından katılmasıyla) ortaya çıkar.

b) Bazı Kalp Hastalıkları : Kendi kalp kasına karşı oluşan antikorlarla ortaya çıkar.

c) Myasthenia gravis (Kas Erimesi) : İskelet kaslarındaki proteinlere karşı oluşan antikorlarla kas erimesi meydana gelir.

d) Simpatik Oftalmi.

Özellikle sempatik oftalmide (ophthalmie = göz hastalığı, syn = beraber, pathein = acı, dert, ıstırap) eğer gözün bir kısmı yaralanırsa, ya da hastalanırsa, göz

proteinleri mercekten ya da iristen dolaşım sistemine ulaşır. Kanda bu proteinler kendi öz malı olarak tanınmaz, bağışıklık düzeneği harekete geçer ve antikor üretilir. Sonuçta bu antikorlar mercek ve iris maddelerine hücum ederken, diğer göze de etki ederek onu yavaş yavaş tahrip etmeye başlarlar.

Kas erimesinde ve diğerlerinde de durum aynıdır. Vücut kendi malını (protein vs.) ya da bir kısmını (göz, kas, kalp, sinir proteinleri gibi) tanımadığı ya da tanıyamadığı için, yabancı muamelesi yapar ve onları ortadan kaldırmaya çabalarken, geldikleri ya da üretildikleri dokuları da bozmaya başlarlar.

Bu auto-tepkimenin ortaya çıkabilmesi için, yabancı olarak tanımlanan "kendi öz maddesinin" herhangi bir şekilde dolaşım sistemine ulaşması gerekmektedir. İkincisi immun aygıtlarına bir organ ya da doku ne kadar uzak ise, onların çıkardıkları madde o kadar daha fazla antijen olarak etki etme yeteneğine sahiptir. Çünkü immun aygıtları serum ve kan dolaşım sistemi değildir. Daha önce değindiğimiz gibi timüsden lenf kesecikleri ve lökositlere kadar uzanan doku ve organlardır. Bu organ ve dokular (immunolojik olarak yetkin yapılar) kendi malını ve yabancı maddeleri birbirinden ayırabilir.

Bu nedenle biz EHRLICH'in denemesini daha iyi anlayabilmekteyiz. Kendi kan hücrelerine karşı bir antikor oluşumunu boşuna aramıştır. Kırmızı kan cisimcikleri başından beri dolaşım sistemi içerisinde bulunduklarından (doğumdan sonra değil, rahim içerisinde iken oluştuklarından) ve her zaman immun aygıtları ile ilişkide olduklarından yabancı muamelesi görmezler.

Diğer bir deneme bunu kanıtlamaktadır. Eğer, doğum sırasında bir tavşanın timüs ve körbağırsağını ameliyatla çıkarırsak, yani immun-aygıtını tahrip edersek (kan dolaşımını değil), çok defa kendi alyuvarlarına karşı antikor oluşmaya başlar (diğer durumlarda böyle bir olay keşinlikle oluşmaz). Myasthenia gravis (kas erimesi) çoğunluk timüsdeki bir tümörden dolayı ortaya çıkar. Çünkü immunolojik olarak kendini tanıma mekanizması tahrip olmuştur.

Bunların hepsi bize "kendi ve yabancı" ayırımının nasıl yapıldığını açıklayamaz. Fakat immun aygıtlarının ayırımdan sorumlu olduklarını açıklar. Biz bu konuya daha sonra döneceğiz. Fakat şimdi auto immunolojik hastalıkların konusunu özetleyerek kapatalım: İmmun aygıtlarının tahrip edilmesiyle auto-immunolojik tepkimler ortaya çıkmakta; bozukluklarının ameliyatla düzeltilmesiyle, çok defa iyileşme sağlanmaktadır. Üçüncü bir yol olarak da istenmeyen auto-antikor üretimini bağlamaktır. Bu sonuncu yolun gerçekleşmesi genellikle kortizonlu ilaçlarla yapılmaktadır. Kortizon birçok zararlı yan etkilere sahip olmakla beraber, auto-antikor tepkimelerinin önlenmesi bakımından çok büyük katkıları olmaktadır.

11.15.9. KENDİ VE YABANCI OLMA AYNI ŞEY Mİ? "Yeni Doğanlar Antijen Tanımazlar"

Şimdiye kadar kendi öz maddelerini yabancı olarak tanımanın ilkelerini ve auto-immun düzeneğini incelemeye çalıştık; fakat bunun tersi olan bir durum da yani

"İmmun Paraliz" (paraliz = felç olma) durumunda (çok miktarda antijen olduğu zaman) bu antijenlere karşı, antikor üretiminin tümü durdurulmaktadır. Bu şu demektir : Bir vücutta kendi öz maddeleri antijen olarak başlangıçtan beri sürekli olarak bulunuyorsa, onlar için artık antikor üretilmemekte ve immun düzeneği bu maddelere karşı bir çeşit felç edilmektedir. Bunun nasıl gerçekleştiği bilinmemektedir. Fakat immun-paralizi bir taraftan ve auto-antikor oluşumu diğer taraftan *"kendi malı ya da yabancı olmanın"* sınırının çok kesin ayrılamayacağını göstermektedir.

Gerçekte bu sınırın esnekliği, bundan yaklaşık 20 yıl önce yapılan "İmmun Toleranş" lığı (= bağışıklık sınırı) üzerindeki çalışmalarla kısmen aydınlanmıştır. İmmunolojik olarak kendini tanıma asla doğuştan gelmemektedir. Yani kazanılarak öğrenilmektedir. Doğumdan hemen sonra ve gerçekte doğumdan önce, genç organizma, kendisininki ile yabancıyı birbirinden ayıramaz; kanında ne dolaşıyorsa kendisininkiymiş gibidir. Daha sonra antijen olarak etki edebilecek tüm bu maddelere ve bileşiklere tolerans gösterilir. Buna "Tolerojen" denir.

Ana rahminde (uterusta) yaşayan fetus immun toleranttır. Hayvanlar üzerinde yapılan denemelerden anlaşılacağı gibi, ana karnında tetanos antijeni ya da tavşan proteini enjekte edildiğinde, bu yeni doğacak canlı, tetanos toksini ya da tavşan proteinine karşı ömrü boyunca immun tolerans olur; yani onu kendi bileşik ve moleküllerinden fark edemez.

Burada bağışıklık ilkeleri sarsılıyor gibi görünüyor ise de (biyolojik bireyselliğin sarsılmasına yönelik), esasında çok anlamlı ve gerekli bir mekanizmadır. Çünkü ana ve babanın genomlarından, dolayısıyla "baba" ve "ana" proteinlerinden meydana gelmiş bir meyvenin, ananın rahmi içerisinde geliştiğini unutmamak gerekir. Rekombinasyonların oluşmasını sağlamak amacıyla eşeylerin ayrı olması, daha önce ayrı ayrı birbirine toleranslı olmayan bireylerin meydana getirdikleri yeni kombinasyonda toleranslı olma zorunluluğu vardır. Aksi taktirde bir embriyonun ya da fetusun dişi içerisinde kalması olanaksız olacak; hatta ortaya çıkması immunolojik nedenlerle gerçekleşemeyecektir. Bu durumda, açıkça, embriyo başından itibaren antikor meydana getiren sistemi bloke etmektedir. (Acaba burada, Klon Seçme Varsayımında kabul edildiği gibi, plazma hücreleri içinde antikor genlerinin tümden represyonunu sağlayan bir düzenek mi işlemektedir?).

Fakat embriyo ana rahminde olduğundan plazenta ve göbek bağı aracılığıyla ananın kanıyla ilişkidedir. Bu şekilde embriyonun tolere ettiği "babasal proteinler" gelişmiş immun sistemli anaya ulaştığı zaman tolere edilemeyeceğinden, antikor oluşacaktı. Fakat bir engelle (baryerle) sadece besin maddelerinin geçmesi sağlanır; buna karşın antikorların geçmesi engellenir [Rh-kan faktörünün, doğumdan kısa bir süre önce, fizyopatolojik olarak fetustan kan dolaşım sistemine ulaşması ve ters yönde frengi (syphilis) antijeninin anadan fetusa geçmesi bir ayrıcadır]. Keza bu baryer immunolojik olarak yetkinleşmiş hücrelerden de yoksundur. Böylece fetus bir çeşit silahtan arınmış bir bölgeyle çevrilmiştir. Bu nedenle tam olarak (hemen hemen) antijen alışverişi ve dolayısıyla gereksiz yere antikor oluşumu da önlenmiş olur.

İmmun toleranslı fetustan, tamamen gelişmiş küçük bir çocuktaki immun tepkimelerine geçiş birden bire olmaz; doğumdan başlamak üzere yavaş yavaş gelişir. Bazı araştırıcılara göre, doğum olayının başlaması, antikor oluşumunu da başlatmış olur. Fetus, immun toleransından kurtulmaya başlarken, bloke edilmiş antikor üretimini de çözer ve çocuğun kendi özel immun sistemi devreye girer. İlk antikorun izleri ana organizma tarafından algılanır algılanmaz, artık, fetus ana tarafından yabancı kabul edilir ve dışarıya atılır (Rh faktöründen bildiğimiz gibi, immun baryerini aşanlar bu süreci hızlandırırlar).

11.15.10. DOKU VE ORGAN NAKLİ "Tehlikeli İmmun Tepkimelerinden Nasıl Kaçınılabilir?"

Bugün birçok kazada doku ve organ tahribatları görülmektedir. Örneğin yanmada deri, iç yaralanmalarda ya da rahatsızlıklarda böbrek işlev göremez duruma geçer. Bu durumlarda deri aşılama ve yeni böbrek takma kaçınılmaz olur. Bugün tam başarılı bir deri naklinin, bizzat yaralının kendi vücudundan alınmak suretiyle yapıldığı bilinmektedir. Keza kalıtsal yapısı hemen hemen tamamen aynı olan yumurta (hakiki) ikizlerinde de başarılı olma şansı çok yüksektir. Bu başarılı olma şansı sırasıyla ana, baba, kardeş, dayı, amca, teyze vs. şeklinde azalır ve hepsinde kalıtsal uzaklığa bağlı olarak tepki oranı artar. Kardeşler arasındaki nakillerde dahi bu tepkimeler tüm immunolojik ilkeler içinde görülür. Naklin yapıldığı ilk zamanlarda oldukça belirgin iyileşmeler görülür; fakat birkaç hafta sonra, hatta birkaç gün sonra, eklenen doku ve organların vücut tarafından kabul edilmeme durumu ortaya çıkar. Gelen dokudan çıkan yabancı maddeler, proteinler, alıcının kan dolaşım sistemine ulaşır. Burada yabancı olarak, bir çeşit antijen olarak görüldüklerinden, antikor tepkimeleri başlar ve sadece gelen dokudan çıkan maddeler değil, bizzat misafir doku ve organ da yavaş yavaş yıkılmaya başlanır.

İmmun toleransı bu işlemler için yararlı bir şekilde kullanabiliriz. Eğer bir fetusa ya da yeni doğmuş bir bebeğe, gelişmiş bir organizmadan bir parça deri yamarsak, herhangi bir güçlük çıkmaz ve bu yama konukçunun yaşamı boyunca kalır. Çünkü alıcı, yamanın çıkardığı maddeyi (antijeni) tölere eder ve onu kendi malıymış gibi benimseyerek antikor çıkarmaz. Buradaki koşul alıcı ve vericinin farklı canlı gruplarından olmamasıdır.

Daha değişik çalışmalar yapmak mümkündür. Örneğin, verici olarak düşünülen bir hayvandan alınan doku homojenatı eğer bir fetusa enjekte edilirse, çok daha sonraları deri parçası bu fetustan gelişen canlıya yamandığında (immun sistemi geliştikten sonra) herhangi bir doku uyuşmazlığı görülmez (tolerojen).

Kuşlarla da ilginç denemeler yapılmıştır. Örneğin, beyaz bir tavuğun yumurtasındaki hava boşluğunda bulunan ince zara, siyah bir tavuğun doku homojenatı enjekte edilirse, daha sonra siyah tavuktan (yalnız daha önce doku homojenatı alınmış bireyden alınmak zorundadır) alınan deri, kolaylıkla, bu yumurtadan çıkan civcive aşılanabilir ve aşılandığı yere yapışarak, bireyin yaşamı boyunca siyah tüy meydana getirir.

Bu tip immun tolerans sadece deri dokusuna özgü değildir. Eğer deri homojenatı yerine böbrek ve karaciğer hücreleri enjekte edilirse, derinin uyuşması yine sağlanır. Yine buradaki koşul böbrek, karaciğer ve derinin aynı bireyden gelmesidir. Keza deri hücrelerinin enjeksiyonu, ilerideki böbrek naklini de mümkün kılar.

Sonuç olarak yeni doğanları, ileride yapılabilecek herhangi bir doku ya da organ nakline hazırlamak olasıdır. Bunun için a) Başlangıçta enjekte edilecek hücreleri verecek birisini bulmak, b) Daha sonra gerekli olduğunda aynı birey böbreğini, gözünü, kalbini vs.'ni vermeyi başından kabul etmiş olmalıdır.

Yaşlı hastalarda, doğum sırasında immun tolerans yapılmadığı için, yapılacak herhangi bir nakilde, sürekli doku uyuşmazlığı ortaya çıkar. Bunu ortadan kaldırmak için yapay olarak immun sisteminin, en azından bir kısmının, işlevleri durdurulur. Bu, kemiğin içindeki immunolojik yetkinliğe sahip hücrelerin röntgen ışınları ile ya da çok düşük sıcaklıklarda dondurularak öldürülmesiyle sağlanır. Eğer aynı tür hayvandan alınan kemik iliği ya da dalak hücreleri öldürülen bu hücrelerin yerine enjekte edilirse, burada gelişerek ölmüş hücrelerin yerine geçerler. Fakat enjekte edilen hücrelerin bir fetustan alınması zorunludur. Çünkü alıcıya karşı ancak bu hücreler tolerans gösterirler. Gelişmişlerden alınacak hücreler bu toleransı gösteremeyeceklerdir.

İmmun sistemi gelişmiş olanlarda, bu nakiller büyük sorunlar ortaya çıkarır. Hatta yakın akrabalarda dahi, savunma sistemi birkaç hafta ya da birkaç ay içerisinde kendini göstererek (ikincil semptomlarla) alıcının ölümüne neden olur.

Hekimlikte kullanılan yöntem çoğunluk immun sistemini ortadan kaldırarak, yerine, fetustan alınan immunolojik hücreleri yerleştirmektir. Bununla beraber tam başarıya ulaşmış bir nakil sağlanamamaktadır. Bazı durumlarda aşılanacak yama da kendi immunolojik hücrelerinden bir kısmını taşımaktadır. Bu hücreler alıcıya karşı savaşıma girerek alıcının antijenlerine karşı antikor meydana getirecektir. Alıcıya karşı sürekli antikor meydana getirilmesi, büyüme noksanlıklarına, kansızlığa, lenfosit azalmalarına, immunolojik sistemin gerilemesine ve sonuçta ölüme neden olabilmektedir. Bu immunolojik hastalığa "Cücelik Hastalığı" denir.

Bu talihsiz durum, ancak aşılanacak parçanın immunolojik olarak yetkinleşmiş hücrelerden arınmasıyla önlenebilir. Bu ise (yeni yöntemler bulununcaya kadar), her zaman başarılı olmamaktadır. Birçok yöntemden biri, daha önce değindiğimiz gibi kemik iliğinin dondurulmasıdır. Geriye sadece kemik çatısı kalır ve yaşayan tüm hücreler ölür. Eğer bu kafes, yaşayan bir kemiğin içerisine yerleştirilirse, sorun çıkmaz ve kısa zamanda konukçunun hücreleri tarafından işgal edilir. İmmunolojik tepkime meydana gelmez. Yama kısa bir sürede iyileşir. Bugün hastahanelerde, ameliyatlarda kullanılmak üzere dondurulmuş değişik büyüklükte ve şekilde kemik (genellikle tavuk kemiği) hazır bekletilmektedir. Bu kemikler herhangi bir zamanda rahatlıkla kullanılabilir.

11.15.11. GENÇLİKTE BAĞIŞIKLIK

İmmun sisteminin doğum sırasında işler hale geçtiğini ve yavaş yavaş geliştiğini daha önce öğrenmiştik. Basite indirgemek için genç organizmada antikor yoğunluğunu immunolojik aktivitenin bir ölçüsü olarak kabul edersek, yaşam süreci boyunca şunları gözleriz: Doğumdan hemen sonra kural olarak çocukta antijen yoktur. Korunma tepkimeleri çoğunluk ilk iki hafta içerisinde ve çok yavaş olarak başlar. Antikor oluşumu hâlâ zayıf ve yeterli değildir. Ancak ikinci yaşta yeterince antikor üretebilir. En yüksek aktivitesine de ancak 10. yaşta ulaşır. Bu nedenle 10. yaşa kadar çocuk hastalıkları (kızamık, kızıl vs.) geçirilir. 10-20. yaşlarında immun korunma sisteminin etkinliği biraz azalır ve 40. yaşa kadar aynı kalır. Bu yaştan sonra etkinliği hızla azalmaya başlar ve gittikçe bu azalma artar.

Yaşam eğrisinde iki şey ilginçtir : Antikor oluşumu yavaş yavaş artar ve yaşlılıkta immun aktivitesi düşer. Uzun zaman bunun kalıtsal olduğuna inanılmıştır. Fakat gerçeğin böyle olmaması gerekir. Çünkü antikor yalnız antijen olduğu zaman meydana gelmektedir.

Mikropsuz hayvan yetiştirmek pahalı; fakat gereklidir. Bu şekilde mikropsuz canlı yetiştirilip yetiştirilemeyeceği konusu oldukça ayrıntılı incelenmiştir. Ana karnında fetus kesinlikle mikropsuzdur; fakat doğum sırasında anadan çok çeşitli maddeler bulaşır. Bulaşan bu maddelerin çoğu antijen olarak etki eder. Bununla beraber mikropsuz doğum yaptırma az da olsa başarılmıştır. Fakat şu sorunlar hâlâ çözülmemiştir:

a) Yeni doğanın beslenmesi gerekir ve besin de antijen içerebilir.

b) Kendi dışkısıyla temas eder.

c) Her yetiştirme odası ya da büyütülen yer kaçınılmaz şekilde toz partikülleri taşır. Bu yerler alışılagelmiş bakteri sterilizasyon yöntemleriyle temizlenemez.

d) Denek hayvanı, zaman zaman kendi dokularını yutar, örneğin, kıl gibi. Bu da antikor oluşumunu başlatır (auto-immun tepkimeleri).

Tamamen mikropsuz hayvan yetiştirmek kural olarak olanaksızdır. Yalnız görünebilir ya da saptanabilir mikroplardan yoksunsa, zamanımızda, sterilize edilmiş sayılır. Bu hayvanlarda dahi antikorun kalıtsal olarak ortaya çıkmadığı, immunolojik tepkimelerle yavaş yavaş, yaşanılarak kazanıldığı ve öğrenildiği saptanabilir. Mikropsuz yetiştirilmiş kobaylarda iki ilginç deneme yapılmıştır.

a) *Vibrio cholerae*, insanlarda kolera hastalığına neden olur. Hayvanlara zararı yoktur. Mikropsuz yetiştirilmiş kobaylar bu mikropla temasa geçince, insandaki kolera belirtilerinin tümünü gösterirler ve 6 ile 9 gün sonra ölüm meydana gelir. Bu *Vibrio cholerae* ile birlikte diğer bakteriler de enjekte edilirse durum değişmez. Fakat normal olarak büyütülmüş kobaylar, bağırsaklarında birçok bakteri türü taşıdığından, kolera hastalığına yakalanmazlar. Çünkü bu bakteriler kolera mikrobunun gelişmesine fırsat vermezler.

b) İkinci deneme bundan öncekinin tam tersidir. *Entamoeba histolytica* denen birhücreli (amip) kanlı dizanterinin nedenidir. Kanlı dizanteri insanlarda, maymunlarda, evcil hayvanlarda ve keza kobaylarda görülür. Mikropsuz yetiştirilen kobaylarda *Entamoeba* yalnız başına tamamen zararsızdır. Fakat zararsız diğer bakterilerle beraber enjekte edilirse hastalık ortaya çıkar. Birhücreliler arasındaki bu karşılıklı etkileşimin ne olduğu tam olarak bilinmemekle beraber, bir antijenin ya da mikrobun bir hayvan türünde neden öldürücü, diğer hayvan türünde neden zararsız olduğunu açıklayabilir. Hatta doğrudan kana verildiğinde zehir etkisi yapan bazı maddelerin, sindirim yoluyla alınmasında sakınca olmamasının nedeni de bu yolla açıklanabilir.

11.15.12. BAĞIŞIKLIK VE YAŞLILIK

Yaşamın ikinci yarısı yaşlılıktır. Ölümün kaçınılmaz bir son olduğunu düşünen herkes, kendine göre bir yorum yapmaya çalışır. Özellikle bilim adamları. Bununla beraber biz ölümün hâlâ bir hastalık mı, bir doğal yararlanma mı, yoksa zamanla bir çözülme mi, olduğunu bilemiyoruz. Fakat normal bir ölümün immunolojik açıdan açıklanması herhalde en doğrusu olacaktır.

Biz konuya tek bir hücreden başlayacağız. Bir omurgalı hayvanın vücudundaki hücrelerin ömür uzunluğu oldukça kısadır; özellikle bulunduğu bireyin ömür uzunluğuna oranlanırsa çok defa bu ömür günlerle sınırlanmıştır. İmmunolojik sistemin ana görevi yabancı maddeleri ve hücreleri temizlemek olduğundan, kendinin yaşlı ve yaralı vücut hücrelerini de bu arada temizler.

Kendi vücut hücrelerinin yabancı olarak görülmesi olanaksızdır. Çünkü daha önce de öğrendiğimiz gibi, bir antijen hücre üzerindeki determinant gruplarla tanınır. Yaşlanan hücrelerin dış yapılarının da yavaş yavaş bozulduğu tahmin edilmektedir. Bu şekilde hücre üzerinde belirli ölçülerde, kelleşmiş bölgeler oluşarak daha alttaki tabakaların yüzeyde görünmesine neden olur. Bu tabakalar yabancı olarak kabul edilerek, o yapıya uygun antikorlarla savaş başlatılır.

Yaşlanmış hücrelerin atılmasında immunolojik sistemin katkısı olduğu kaçınılmazdır. Fakat bizzat yaşlanmanın nedeni bilinmemektedir.

Burada çok kısaca yeni bir varsayıma değinmek yerinde olacaktır. Bu varsayım "Parabiose" denen deneylere dayanmaktadır. İki kobay, parabiyoz durumunda, yani kan dolaşım sistemleri operasyonla birbirine bağlanmak suretiyle, beraberce yaşayabilirler. Eğer bir yumurta ikizi olmayan iki kobay bu şekilde birbirine bağlanırsa her ikisinin de ömürleri kısa olur. Çünkü birbirlerine karşı antikor meydana getirirler. Bu şekilde parabiyotik sistem bozulur; ilk olarak daha az antikor meydana getiren eş (partner), daha sonra da öbürsü ölür.

Bu şekildeki bir uyuşmazlık, bir organ ya da doku naklindeki uyuşmazlığın hemen hemen aynısıdır.

Eğer birbirine bağlanan bu iki birey, 30 ve 40 döl (generasyon) boyunca birbiriyle çiftleştirilmiş (kendileştirilmiş = akrabalı çiftleştirme, kardeşler ya da ata, çocuk

arasındaki çiftleştirme) bir soydan geliyorsa, hem kalıtsal olarak hem de immunolojik olarak benzerdirler. O zaman bu parabiyotik bireyler daha uzun yaşarlar. Hatta çok iyi saflaştırılmış soylarda bu beraber yaşamanın uzunluğu, ayrı oldukları zamanki yaşam uzunluğuna kadar uzanabilir. Bununla beraber bu sonunculara da sistem beraberce çöker; ilk olarak biri, daha sonra öbürsü ölür. Birinin ölümünü, öbürsü koruma tepkimeleriyle savunmaz ya da savunamaz.

Yaşlılığın immunolojik açıklaması : Bir organizma bir birey olmasına karşın, bir çeşit parabiyoz halinde yaşar. Yaşlılık kaçınılmazdır. Çünkü kendi ve kendi olmayan arasındaki sınır gittikçe silikleşmeye, belirsizleşmeye ve sonuçta kendi öz bünyesine karşı da antikor oluşturmaya başlar. Bu kuramı sağlamlaştırabilmek için daha birçok araştırmanın yapılması gereklidir. Bu konuya " G e r a n t o l o j i " denir (Geronten, Yunanca bilge ihtiyar; geron = yaşlı demektir).

11.15.13. KADERİ SAPTAYAN BAĞIŞIKLIK

Parabiyozda tanımlandığı gibi immunoloji, insanlarda ve hayvanlarda bireyin kaderini saptar. Bu dinamiğin saptanmasında ana ilkeler olan hücre ve serum içerisindeki immun tepkimelerini, kısmi ve tam immun toleransını, tolerans kırılmasını, immun paralizini daha önce ana hatlarıyla inceledik. Her bireyin kalıtsal yapısındaki varyasyon, ana karnındaki gelişim koşulları, yaşamı boyunca karşılaştığı çevrenin niteliği bu olayın sürecine etki eder. Belki tüm koşullar aynı tutulursa (kalıtsal olanlar bir yana) bireylerin yaşam uzunlukları aynı olabilir (bunun da hiç bir zaman gerçekleşmesi beklenemez). Kader, immunolojik kaderle aynı şeydir ve geri dönüşsüzdür. Eğer bir kere antikor üreten hücreler, yani belleği olan hücreler oluşmuşsa, onlar sürekli olarak (genellikle) kalır. Belki kuvvetli ışınım ya da diğer yöntemlerle bu alışkanlığı kazanmış hücreler yok edilebilirse de, yan etkilerinin ortaya çıkacağı (en azından şimdilik) kuşkusuzdur.

1930 yılında Almanya'nın Lübeck şehrinde, Paris'teki Pasteur Enstitüsünde Dr. Calmette ve Dr. Guerin tarafından çok zayıflatılmak suretiyle (verem basilinin) geliştirilen verem aşısı (BCG), geniş halk kitlelerine tatbik edilmiştir. Gerçekte çok yüksek dozlarda verilse dahi bir kobay hastalığa tutulmaz. Fakat Lübeck'te uygulanan bu aşı bir şanssızlık sonucu yüksek virulantlığı olan bir ırkla karıştırılmıştı. Sonuçta aşı uygulanan insanların (genellikle çocukların) %27'si ölmüş (76 çocuk), %56'sı hasta olmuş, %17'si de bu aşıya karşı herhangi bir tepki göstermemiştir. Bu, bize, çocukların doğuştan gelen immunolojik farklılıklarının olduğunu kanıtlar.

Bu nedenle yeni bulunacak aşı ve buna benzer immunolojik yöntemlerin ve ilaçların hiçbiri, bireyin immunolojik yapısı bilinmeden güvenceli olarak kullanılamaz. Çünkü her bireyin kaderini saptayan immunolojik yapısı ve birikimi farklıdır.

11.16. GELİŞMENİN DENETİMİ VE BÖLGELERİN ÖNCEDEN SAPTANMASI

Zigot mitozla bölünerek, kalıtım materyalini oğul hücrelere eşit vermesine karşın, çok çeşitli şekillerde farklılaşma meydana gelmektedir. Zigotun farklı kısımları gelişim sırasındaki çeşitli dış ve iç faktörlere farklı şekilde cevap vermektedir. Bu koşullar altında farklılaşmanın yönünü saptamaya gelişimde 'Determinasyon' denir.

Çok uzun senelerden beri bilim adamları döllenmiş bir yumurtadan bütün organları gelişmiş tam bir erginin nasıl meydana geldiğini saptamaya çalışmışlardır. İlk embriyologlar yumurtanın ya da spermanın içerisinde erginin minyatürünün bulunduğuna ve bunun gelişerek ergini meydana getirdiğine inanıyorlardı (Şekil 10.1). Hatta bazıları gamet içerisinde bu özün iç içe girmiş kürelerden meydana geldiğine; her dölde bu kürelerden en dıştakinin açılmasıyla yeni dölün oluştuğuna ve iç içe olan bu kürelerin sayısının sabit olduğuna, hatta bu kürelerin en içtekine gelindiğinde canlılığın son bulacağına inanıyorlardı. Birçoğu bu kürelerin kat sayısına ilişkin bildiriler yayınlayarak insanlığın sonunu hesaplıyordu. Bu şekilde döllerin de birbirinden farklı olması kolayca açıklanabiliyordu. Bütün bu kuramlara 'Preformasyon' (= **Ezeli Oluşum Kuramı**) denir.

Daha sonraki embriyologlar 1795'de WOLFF denen bir ilim adamının ortaya attığı, birinci görüşe aykırı olan, 'Epigenesis' kuramını kabul ettiler. Bu kurama göre döllenmemiş yumurta kendi içinde bölgelere ayrılarak organize olmamıştır. Farklılaşma dış kuvvetlerin etkisi altında meydana gelmektedir. Bugün biz yumurtanın basit bir epigenetik gelişmeye bağımlı olmadığını, gerek yumurtanın gerekse ilk embriyonun bazı bölgelerinin farklı gelişim potansiyelinde olduğunu biliyoruz.

Bazı türlerde, embriyo, erken evrelerde birçok parçaya ayrılırsa her bir parçadan yeni; fakat daha küçük bir birey meydana gelir. Buna karşılık bazı türlerde gelişim potansiyeli embriyonun erken evrelerine lokalize olduğundan, iki blastomerli evrede dahi embriyoyu ayırarak iki birey meydana getirmek olanaksızdır. Her parça embriyonun belirli bir kısmını meydana getirir, tümünü değil. Bu potansiyel lokalizasyonu bütün yumurtalarda görülür; fakat bazılarında erken evrelere, bazılarında ise daha geç evrelere sınırlı kalmıştır. Deneysel olarak, örneğin, amfibi gastrulasyonunda ya da tavuk mezoderm şeridinde bu potansiyelin haritasını çıkarmak mümkündür. Bu farklılaşmaya ilişkin birçok görüşler ortaya çıkmıştır: 1) Mitoz esnasında kalıtsal materyalin farklı ayrılmasıyla, 2) Gelişen embriyonun içinde kimyasal gradiyentin oluşumu ile, 3) Somatik mutasyonla, 4) Kimyasal organizatörlerin aksiyonu ile, 5) Özel enzimlerin artması ile.

Eğer kalıtsal materyal bölünme esnasında yavru hücrelere farklı şekilde dağılsaydı bu farklılaşma kolaylıkla açıklanabilirdi. Fakat *Ascaris* (bağırsaksolucanı) ve *Sciara* gibi pek az hayvan grubunda çekirdeğin farklı bölündüğüne ilişkin kanıt var-

dır. Esasında mitoz, kalıtsal materyalin oğul bireylere eşit olarak dağılmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla farklı enzimler ve proteinler farklı hücrelerde aynı gen takımının farklı çalışmasıyla meydana gelmektedir.

Bakterilerdeki adaptif (uyumsal) enzimler embriyonik gelişimdeki farklılaşmanın açıklanması için kullanıldı; öyleki bakteriler yeni substrat içeren bir ortama konursa o maddeyi sindirecek enzim üretmeye başlar. JACQUES MONOD, hücre dışı ve hücre içi etkilerin yeni enzimlerin sentezini başlatabileceğini ya da durdurabileceğini bunun da hücrenin kimyasal yapısına etki ederek bir noktada farklılaşmaya doğru yönelteceğini savunmuştur.

Bir embriyo büyürken hücre çoğalmasının sonucuda kimyasal bir gradiyent oluşacağından niteliksel ve niceliksel enzimlerin doğacağı da kaçınılmazdır. Bu da hücreye yeni işlevler getirecektir.

Embriyo içerisine bazı uygun maddeler enjekte etmek suretiyle enzim miktarı çoğaltılabilir. Örneğin, tavuk embriyosuna adenozin enjekte etmekle adenozin deaminaz enzimi çoğaltılabilir. Fakat hücrede normal olarak olmayan hiçbir enzim şimdiye kadar deneysel olarak stimulasyon (uyarılma) ile çoğaltılamamıştır.

Erginlerin dokularında farklı enzimatik etkinliklerin olması bakteri örneğinde olduğu gibi bir uyumun sonucudur. Enzimlerin uyumu dönüşlü olmasına karşılık, meydana getirdikleri farklılaşmalar süreklidir.

BRİGGS ve KİNG adlı ilim adamları olgun bir kurbağa yumurtasının çekirdeğini çıkardılar. Daha sonra, ileri embriyonik evredeki bir kurbağa embriyosundan herhangi bir hücreyi alarak sitoplazmasını çekip, çekirdeğini, bir pipetle çekirdeği çıkarılmış sitoplazma içerisine enjekte ettiler. Yeni çekirdek eklenen bu hücre, bölünerek segmentasyon ve metamorfoz geçirmiştir. Eklenen bu çekirdekler blastula ya da erken gastrula evresinden alınmıştır. Bu evrede 16.000 kadar hücrenin olduğu ve her hücrenin, enjekte edildiğinde yeniden birey meydana getirme yeteneği düşünülürse, konunun ilginçliği ortaya çıkar. Hatta gelişmenin daha sonraki evrelerinden, nöral plakadan ya da yüzen kurbağa yavrusunun beslenme sistemindeki silli hücrelerden bir tanesi yine bu çekirdeği alınmış hücreye enjekte edilirse normal embriyo meydana getirir. Eğer kanser hücresinden bir çekirdek bu çekirdeği çıkarılmış hücreye sokulursa yine gelişme başlar. Bütün bu anlatılanlardan çıkan sonuç şudur. Gelişmenin ileri evrelerinden alınan çekirdekler, çekirdeği çıkarılmış bir yumurta hücresine sokulduğunda, yine normal ergin meydana gelmektedir. Bu, mitoz sırasında kromozomların yavru hücrelere eşit oranlarda gittiğini kanıtlamaktadır.

Kurbağa blastoporunun dorsal dudağından alınan bir parça gastrula ektodermin altına implante (içine sokulursa) edilirse ikinci bir beyin, omurilik vs. meydana gelerek birbirine yapışık organizmalar ortaya çıkar. Daha sonra da göreceğimiz gibi gelişme koordine edilmiş bir seri kimyasal uyarının ve ona verilen cevabın adım adım gelişmesiyle ya da değişmesiyle meydana gelir. Her kademe bir enzimle tesbit edilir.

Bu enzime organizatör denir. Bu terim aynı zamanda bu maddeyi veren embriyonun farklı bölgelerine de verilebilir.

Bugün organizatörlerin kontak suretiyle diğer hücrelere geçtiği kabul edilmektedir. NIU ve TWITTY, doku kültüründe ekto-,endo- ve mezodermi büyüttüler. Ektodermin yalnız başına hiçbir zaman sinir dokusuna dönüşmediğini, buna karşılık ektoderm hücrelerinin mezodermin ortasına konursa kromatoforlara ve sinir liflerine dönüştüğünü gözlediler. Buradan indiktör dokunun, yani korda-mezodermin, diffüz bir madde çıkardığı ve bu maddenin ektodermi farklılaştırdığı ortaya çıkar. Bu madde açıkça bir nukleoproteindir.

Nefrogenik mezenşim ile üreterin ucu normal olarak boşaltım sistemini oluşturur. Fakat bu iki taslak tripsinle birbirinden ayrılır ve bir doku kültürü içine serpiştirilirse, tekrar biraraya gelerek tüp oluşturdukları görülür. GROBSTEIN, bu iki dokuyu farklı kalınlığa ve porlara sahip olan sellofan kağıtlarıyla ayırdı. Sonuçta indükleyici maddenin, kalınlığı 60 mikrondan ve porlarının çapı 0,4 mikrondan büyük olan zarlardan geçebildiğini gösterdi. Dolayısıyla bunların büyük moleküller olduğu ve tripsinle inaktif hale geçtiklerinden en azından moleküllerinin bir kısmının protein yapısında olduğu ortaya çıktı. Steroitler de bu gelişmeye etki eder. Örneğin, bir erkek cenininin üreme sistemi çıkarılırsa, doku kültüründe gelişemez; fakat testisler yerinde bırakılırsa bu gelişme mümkün olur; prostat, seminal vezikül ve vas deferens meydana gelir. Fakat her iki testis çıkarılır ve erkeklik hormonu 'Testosteron' verilirse gelişme yine normal yürür. Testosteron diffüzyonla dokulara geçerek erkeklik organlarını meydana getirdiğinden, morfogenetik bir maddedir.

Hücreler arasındaki bağlar sulandırılmış tripsinle koparılıp doku kültürü içinde yetiştirildiğinde, yine bir araya gelerek farklılaşmaya devam ettikleri görülecektir.

Esasında hücrelerin özgül afinitelerinin olduğu görülür, örneğin, epidermis hücreleri doku kültüründe diğer epidermis hücrelerini çekerek tabaka yaparken, dağılmış böbrek hücreleri de yeni bir böbrek yapmak için kendi eş hücrelerini çekerler. Bunun nedeni hâlâ bilinememektedir.

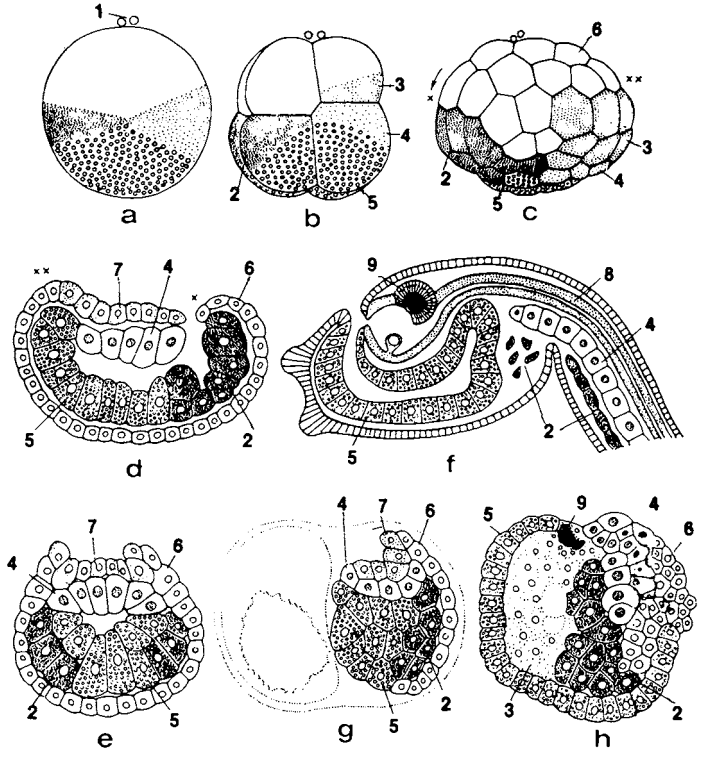
Serolojik ve biyokimyasal araştırmalardan kimyasal değişikliği yapısal farklılaşmaların izlediğini biliyoruz. Örneğin, tavuk embriyosunda göz merceğinin çıkardığı özel proteinin varlığı, göz merceği çukurunun kapatılmasından önceki ve sonraki yapısal özelliklerin incelenmesiyle ortaya çıkarılabilir.

Özünde embriyonik gelişim kusursuza yakın olarak düzenli şekilde yürür; yalnız 100 çocuktan bir tanesi sakat doğar. Bu sakatlıkların bir kısmı kalıtsal, bir kısmı sonradan çevre koşullarından dolayı olmuştur. Dış koşullar, gelişim sırasında, belirli zamanlarda aynı şekilde etki edebilirler. Örneğin, X-ışını, kortizon ve oksijen yokluğu farelerde kıllı dudağı ve yarık damağı meydana getirir. Bu, bize gelişimin farklı zamanlarında farklı organların daha hızlı gelişiminden dolayı duyarlı olduğunu göstermektedir. Buna 'Kritik Devre' diyoruz.

11.16.1. GELİŞİMİN DETERMİNASYONUNA İLİŞKİN BAZI BAĞIMSIZ ÖRNEKLER

Birçok hayvanda yumurta sitoplazmasının, bölünmeden önce bölgelere ayrıldığı denemelerle bulunmuştur. Bunlar daha sonraki bölünmelerde yavru hücrelere farklı miktarda gideceğinden gelişimdeki iç değişiklikler kendiliğinden ortaya çıkacaktır. Yumurta halinde iken hangi bölgelerin hangi dokuyu veya organı meydana getireceğini saptamaya 'P r e d e t e r m i n a s y o n' denir (önceden saptama). Bu şekildeki mozaik-yumurtalarda farklılaşma kendi kendine olur; dış etkenler büyük rol oynamaz.

Ascidia yumurtaları larva devresine kadar tam bir mozaik tipi gelişim gösterir. Yumurtanın olgunlaşması sırasında ve ilk 5 bölünmede renkleri ve tanecik büyüklükleri ile sitoplazma bölgelere ayrılır. Bölünme sırasında bu renkli bölgeler farklı şekilde oğul hücrelere dağılırlar (Şekil 11.106). Bölünürken blastomerler birbirinden ayrıldı-

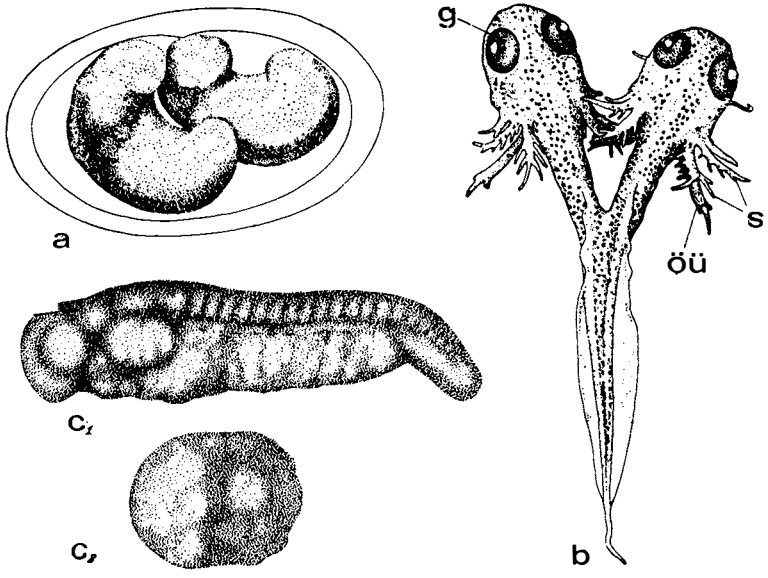


Şekil 11.106 : *Ascidia*'nın gelişiminde predeterminasyon : a) İki blastomerli evre, b) Sekiz blastomerli evre, c) Blastula, d) Bir gastrulanın boyuna kesiti, e) Daha ileri bir evrede enine kesit, f) Genç larva, g) Yarı nörula; iki blastomerli evrede blastomerlerden biri öldürülmüştür ve dolayısıyla diğer blastomerin gelişiminden meydana gelen kısımlar gözükmektedir, h) Anormal gelişim; ilk bölünme sırasında yumurta santrifüje edilmiştir. 1. Kutup hücreleri, 2. Mezoderm, 3. Nöral materyal, 4. Korda, 5. Endoderm, 6. Ektoderm, 7. Nöral plaka, 8. Nöral boru, 9. Ağız. X ve XX - Gastruladan önce ve sonra, c ve d evrelerinde birbirine denk olan kısımlar (Kühn'den).

ğında ve izole edilerek geliştirildiğinde tüm hücreler bir arada iken hangi doku ve organları meydana getiriyorsa izole edildiğinde de aynı organ ve dokuları meydana getirir. Örneğin, iki blastomerli evrede her blastomer vücudun yarısını; 4 blastomerli evrede her blastomer vücudun 1/4'ünü meydana getirir. Birinci bölünme esnasında santrifüje edilirse sitoplazma içerisindeki bu farklı maddeler karmakarışık olur. Bununla beraber yine bölünmeler, hatta ekto-, endo-, mezoderm; korda ve nöral hücreler meydana gelir. Bütün bu dokular renklerine, büyüklüklerine ve şekillerine göre kolayca tanınır. Fakat anormal şekilde yığılırlar. Mozaik tipi yumurtalarda gelişme olanağı embriyonal hücrelerle sınırlanmıştır; buna 'Prospektif Potens' denir. Normal gelişimde prospektif anlam normal gelişim sırasında bir hücrenin ya da hücre grubunun meydana getireceği yapıyı kapsamasına karşın, prospektif potens onun ötesine de taşar ve normal gelişimin ötesinde doku ve organ meydana getirebilir. Bu durumda prospektif potens her zaman prospektif anlamdan daha geniş kapsamlıdır.

Birçok formda embriyo, düzenlenme yeteneğine sahiptir; gelişim esnasında meydana gelecek herhangi bir yıkım veya bozukluk embriyonun diğer kısmı tarafından tamamlanır. Yani bu kısmın prospektif potensi normal gelişimdeki prospektif anlamdan daha büyüktür.

Kurbağa ya da semenderlerin segmentasyonunda, ilk bölünme sırasında blastomerleri birbirinden ayırırsak (normal olarak her blastomerden vücudun yarısı meydana gelecekti) her blastomerden bir larva ve daha sonra ergin meydana gelir. Daha sonraki evrelerde, örneğin, blastulanın başlangıcında bir saç teliyle boyuna boğumlarsak birbirine orta kısımdan yapışık ikiz meydana gelir (Şekil 11.107).



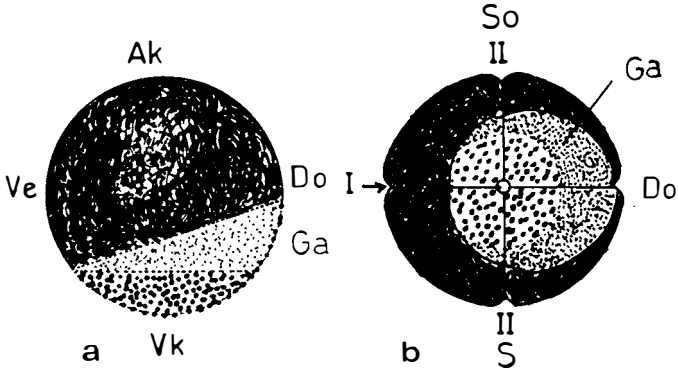
Şekil 11.107 : Yapışık ikiz meydana getirme. a) Yumurta kapsülü içerisinde ikiz embriyo oluşumu; tamamen bölünmüş, b) Kısmen bölünmüş bir embriyoda yapışık ikiz oluşumu, c_1) Oldukça küçük olan bir embriyo, c_2) Sadece karın kısmı. G. göz, S. solungaç, Öü. Ön üyeler (Sepemann'dan).

Memeli hayvanların yumurtasında da düzenlenme yeteneği vardır. Bir tavşan segmentasyonunda iki blastomerli evrede blastomerlerden biri ışınla öldürülürse, diğeri bunun görevini üzerine alarak tam bir ergin meydana getirir. Halbuki, normal olarak bireyin yarısını meydana getirecekti. Bu durumda gelişimi, yumurtanın içerisindeki koşullar değil, komşu hücrelerin koşulları etkilemektedir; bu tip gelişmeye de 'Bağımlı Farklılaşma' denir.

Blastomerleri bölerek her birinden yeni birey meydana getirmek mümkün olduğu gibi, blastomerleri birleştirerek yine yeni birey meydana getirmekte mümkündür. Örneğin, bölünmekte olan iki ya da daha fazla zigotu birleştirmek mümkündür. Bu şekilde tamamen harmonik; fakat dev bir fare meydana getirilebilir.

Özünde belirli evrelerde blastomerlerin hepsi yeni birey meydana getiremez. Bu blastomerlerin büyüklükleri aynı olmasına rağmen farklı sitoplazma bölgelerini içerdiklerinden, ancak bazı blastomerler düzenleme yeteneğinde, diğerleri ise değildir.

Örneğin, bir amfibi yumurtası frontal olarak boğulsa (Şekil 11.108) normal gelişimde sırt kısmını verecek sağdaki parça küçük bir bireye kadar gelişir (Şekil 11.107 C_1). Fakat normal gelişimde karın kısmını verecek olan soldaki parça, mezodermli, bağırsaklı ve kan dolaşım sistemli karın kısmını meydana getirir (Şekil 11.107 C_2). Bununla beraber bu parçada korda, nöral boru ve ana segmentler oluşmaz. Yani karın kısmında, tüm gelişim için gerekli koşulların bir kısmı eksiktir.

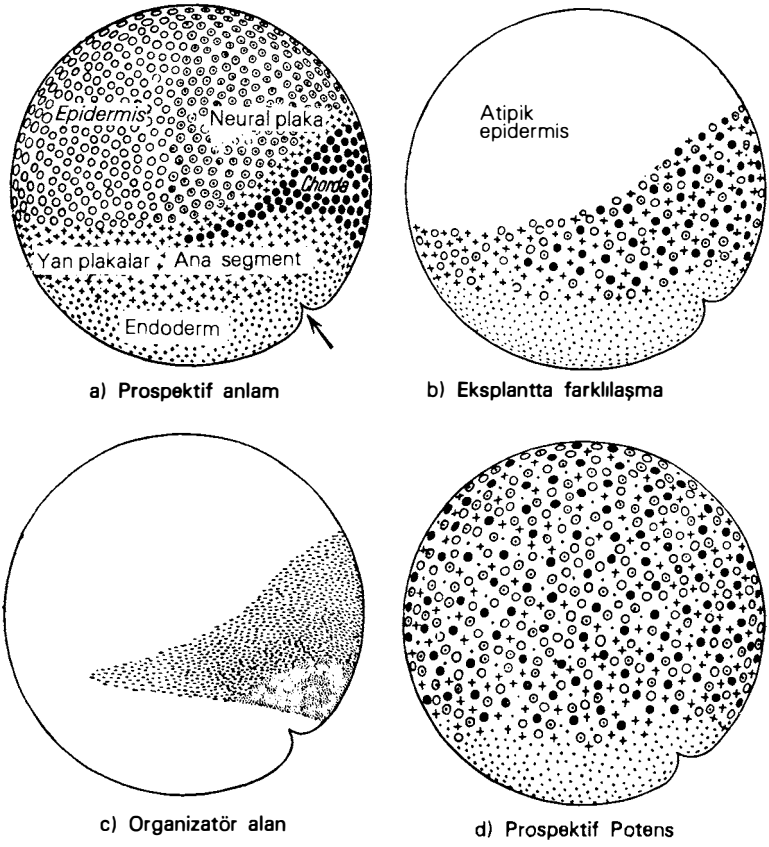


Şekil 11.108 : Amfibi yumurtasında eksenlerin önemi: a) Döllenmiş yumurtanın sol yandan görünüşü, b) Bölünmeye uğramış bir yumurtanın vejetatif kutuptan görünüşü, I. Mediyan bölünme, II. Frontal bölünme. Ak. Animal kutup, Do. Dorsal taraf, Ga. Gri-yarım ay, Ve. Ventral taraf, Vk. Vejetatif kutup, S. Sağ ve So. Sol (Kühn'den).

Vital boyama ile yumurta hücresinin prospektif anlamını saptamak mümkündür. Bir sünger ya da bez, agar, nilmavisi ya da nötr kırmızısı ile emdirilerek yumurtanın üzerine bastırılır. Bu suretle bölgesel renklenme meydana geldiğinden, gastrulasyondaki kaymalar kolaylıkla izlenir. Hatta bu renkli hücreleri organ taslaklarına kadar izlemek mümkündür. Bu şekilde, gastrulasyondan önce, epidermisi, nöral pla-

kayı, kordayı, yan plakları ve endodermi meydana getirecek hücre grupları saptanabilir (Şekil 11.109).

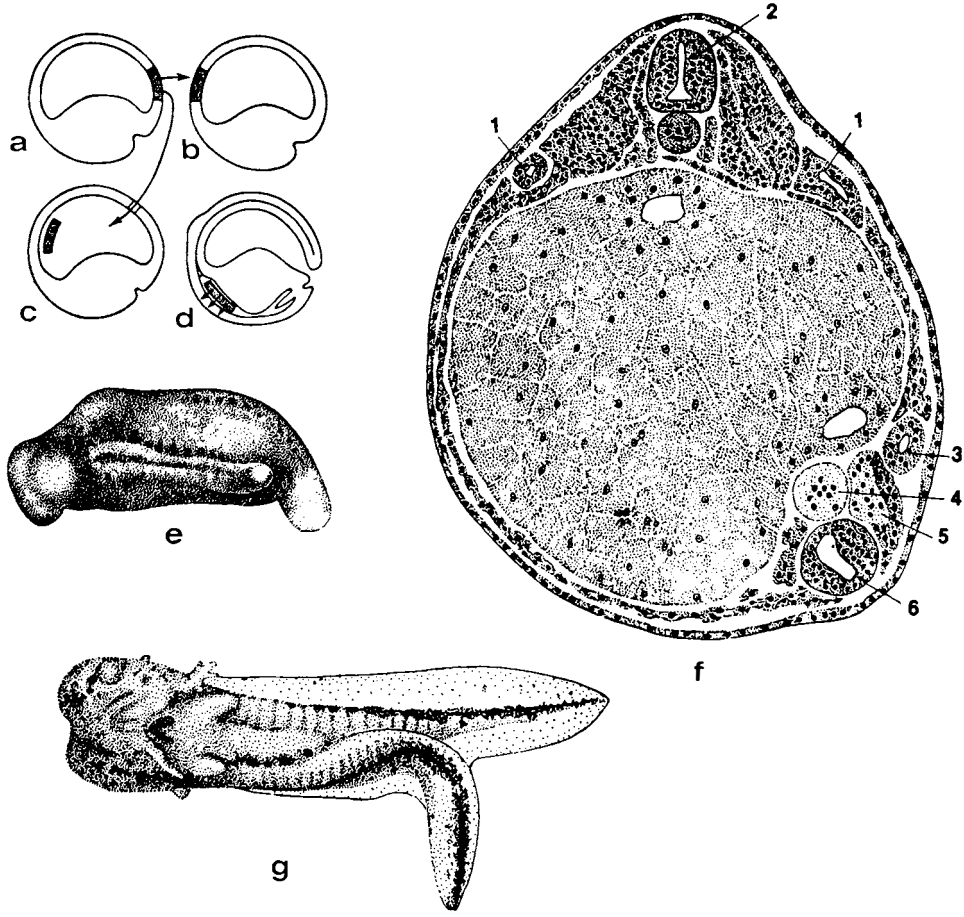
Blastulanın determinasyonu bu parçaların uygun tuz çözültilerinde izole olarak yetiştirilmesiyle ya da diğer bir yumurta hücresinin segmentasyonunda çeşitli evrelere transplante (yamamak) etmek suretiyle saptanabilir. Eksplant (yama)'nın blastuladan alındığı yere göre farklı davranışlar gösterir. Örneğin, epidermis ve nöral boruyu meydana getirecek olası (aday) ektodermden alınacak parçalar kuvvetlice yüzeysel genişleme ve yayılma eğilimi gösterirler. Endodermden alınan parçalar bağırsak ve ona bağlı bezleri meydana getirir. Mezodermden alınan parçalar belirli oranda korda, kas, epidermis ve sinir doku meydana getirebilir.



Şekil 11.109 : Bir yumurtada bölgelerin prospektif anlamı : a) Amfibi blastulasında boyama ile bölgelerin prospektif anlamının saptanması, b) Eksplant bireyde kendi kendine farklılaşma yeteneği, c) Organizatör bölge (baş organizatörü noktalanmış) ve d) İndüksiyon etkisi altında prospektif potens (Holtfreter'den).

Gastrulada dorsal dudaktan alınan bir parça ileride karnı meydana getirecek kısma implante edilirse veya blastasöl içerisine sokulursa, birinci halde bu implant bir embriyoya gelişirken, ikinci halde implant ektodermin altına itilir ve orada korda-

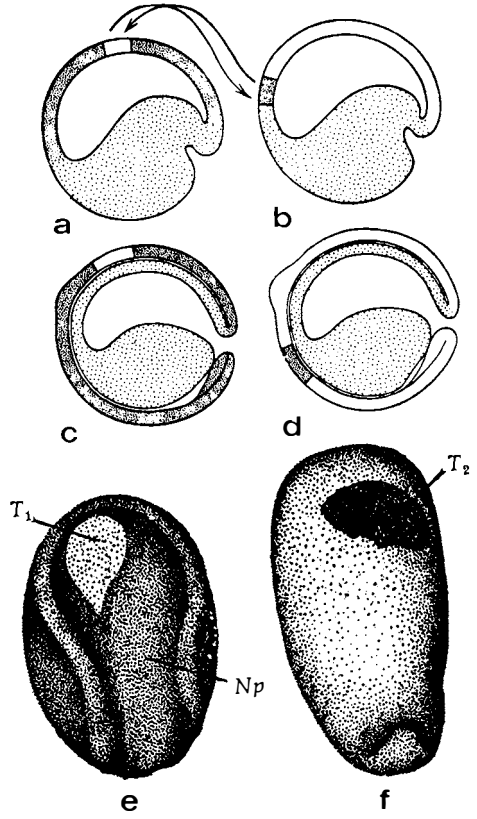
mezodermi meydana getirir; fakat etrafındaki hücrelere de etki ederek nöral boruyu, ilk segmentleri vs.'yi yapar. Yandaki hücreleri bu şekilde etkilemesine 'İ n d ü k s i y o n' denir (Şekil 11.110). Demek ki dorsal dudak ya da kenarın, kendi başına ve indüksiyonla yeni bir embriyo meydana getirme yeteneği vardır. Bu yetenek o dereceye varır ki bir çeşit ikizlik meydana gelebilir. Blastula parçalarının implant olarak yaptığı indüktörlük yeteneğine 'O r g a n i z a t ö r' denir. Fakat bu aynı zamanda dış koşullara da bağımlıdır.



Şekil 11.110 : Organizatör transplantasyonu : a) Dorsal ağız dudağından alınan parça, b-c) Farklı implantasyonlar, d) İmplantın ektoderm üzerindeki etkisi, e-f) *Triturus taeniatus*'un ventral kısmına, erken gastrulasyon evresinde, gastrula evresinde bulunan bir *Triturus cristatus*'tan alınan dorsal ilk ağız dudağı implante edilmiş, e) İmplante edilen organizatörün meydana getirdiği aşırı yapıdaki nöral borunun, işitme baloncuğunun ve kuyruğun dıştan görünüşü, f) Bu gelişimin enine kesiti; altta, ventral tarafta implante edilen doku açık renkli olarak, ayrıca, bir fazladan korda ve bir parça da ilk segment oluşumu görülmektedir, g) Karın tarafına implante edilen bu dorsal ağız dudağının çift oluşum meydana getirmesi. 1. Normal boşaltım kanalı, 2. Esas larvanın nöral borusu, 3. Fazladan oluşan boşaltım taslağı, 4. Fazladan oluşan korda, 5. Fazladan oluşan boşaltım taslağı ve 6. Fazladan oluşan nöral boru (Kühn'den).

Amfibilerde sitoplazma çeşitle bölgelere bölünmüştür demiştik. Embriyonal gelişimin başında, en geniş yeri dorsal bölgede bulunan, gri renkli yarım ay şeklinde bir zon bulunur. Bu yarım ay bölünme sırasında dorsal kenara verilir. Gastrulasyon sırasında korda ve somitlere dönüşür, ektoderm içerisinde nöral borunun meydana gelmesini indükler. Bu ise yukarıda yapılan denemelerde karın tarafının neden embriyoya gelişemediğini, buna karşın sırt tarafının geliştiğini yeterince açıklar. Eğer bu dorsal kenardan bir parça alınıp karın bölgesine implante edilirse, bu kez tam bir embriyo meydana gelebilir.

Farklı zamanlarda yapılan transplantasyon farklı indükleme gösterir. Örneğin, gastrulasyonun başlangıcında alınan bir miktar epitel parçası diğer bir bireyin nöral plakasından bir kısımla değiştirilirse, değiştirilen parçalar bulunduğu yere uyarak o



Şekil 11.111 : Amfibilerde transplantasyon : Embriyolar arasında parça değişimi. a-b) Gastrula başlangıcındaki iki embriyoda ektodermler arasında parça değişimi. Bunlardan b'den alınan parça ileride karın epidermisini (T_1), a'dan alınan parça ileride nöral boruyu meydana getirecektir, c-d) Aynı parça değişimi gastrulasyonun sonunda yapılmaktadır. Fakat bu devrede değiştirilen parçalar kendinin ileride yapacağı bölgeleri değil de, implante edildiği yerin meydana getireceği yapıya göre gelişim gösterir. e) Dorsal bakışta implante edilen ektoderm (ileride f evresinde karın derisini meydana getirecekti) nöral plaka içerisinde aslına benzer şekilde gelişmektedir, f) Ventral bakışta implante edilen ektoderm (ileride e'de nöral plakayı meydana getirecekti) karın derisi içerisinde yine aslına uygun dokuyu meydana getirmektedir. Np. Nöral plaka, T_1 ve T_2. Transplante edilen ektoderm parçası.

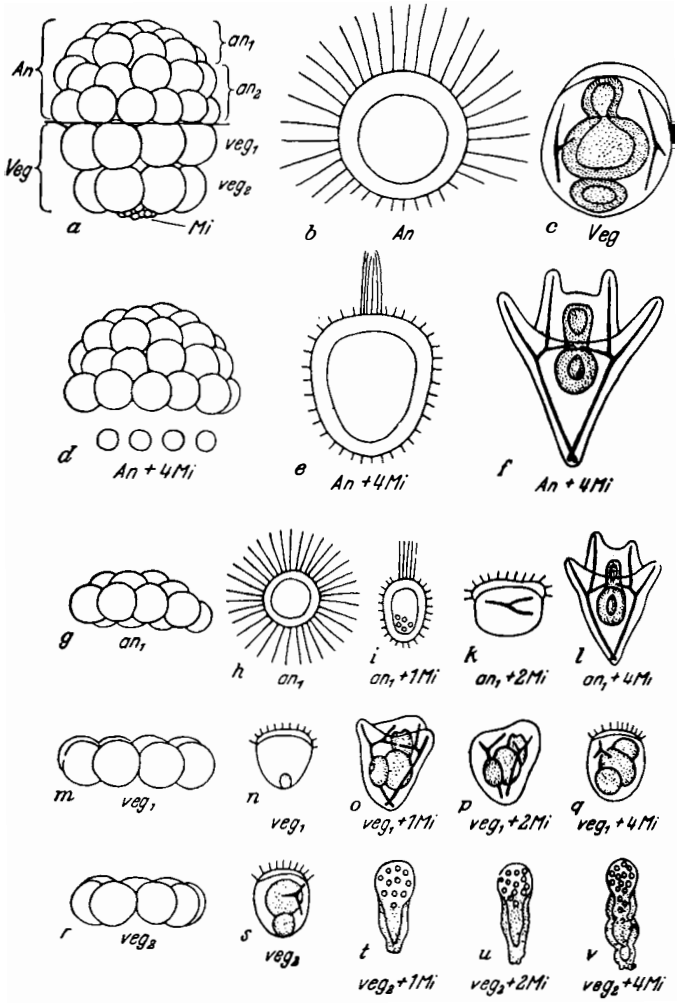
yerde ne meydana gelecekse onu meydana getirir. Ektoderm bu evrede determine edilmemiştir. Bu parçaları gastrulasyondan sonra değiştirirsek bulunduğu yere göre değişime uğramaz; değiştirilen parça önceden ne meydana getirecekse onu meydana getirir (Şekil 11.111). Örneğin, epidermisi veya karın kısmında ikinci bir beyin oluşumunu meydana getirir. Demek ki, gastrulasyonun sonuna doğru ektoderm artık determine (saptanmıştır) edilmiştir. Kendi başına gelişme yeteneğine sahiptir. Buna karşılık endoderm blastula evresinde determinedir. Organizatörlerin etkileri de yine, organizatörün alındığı yere göre değişiklikler gösterir. Örneğin, bağırsak çatısının ön kısmından alınan parça karına transplante edildiğinde, baş, beyin, göz, burun ve işitme organlarını meydana getirirken; bağırsak çatısının arkasından alınan parça, karında, gövde, kuyruk, omurga, kas ve yüzgeçleri meydana getirir. Bu durumda organizatörlerin farklı kısımlarının farklı nicelik ve nitelikte indüksiyon maddesi verdiği anlaşılır. İzotoplarla yapılan denemelerde bağırsak çatısından çıkan bazı indüksiyon maddelerinin ektodermi etkilediği açıkça gösterilmiştir.

İndüksiyon etkisi türlere bağımlı değildir; bir kurbağanın organizatörü semender embriyosuna da aynı ölçüde etki eder. Tavuk blastomerleri ya da ergin kuşların dokularından alınan özütler kurbağa embriyosunda yine organizatör gibi etki gösterir. Fakat indüksiyon maddesinin kökeni ne olursa olsun, tepkime gösteren hücreler kendi türüne özgü şekilde değişim gösterir. Örneğin semenderin baş bölgesinden alınan bir parça kurbağanınkine transplante edilirse yine ağız parçaları meydana gelir; fakat semenderdeki gibi dişli ve yapışma ipli değil, kurbağadaki gibi tipik boynuzumsu gagalı ve vantuzludur.

Omurgalı embriyosunda ilk bağırsak çatısı birincil uyarıcı (primer indüktör) olarak etki ederek beyni meydana getirir. Beyin ikincil uyarıcı (sekonder indüktör) olarak etki ederek, örneğin ön beyin, burun grubunu; orta beyin de, gözün bir kısmını meydana getirir. Arka beyin ise işitme organlarını oluşturur. Bu organlar ise üçüncül uyarıcı (tersiyer indüktör) olarak rol oynayarak örneğin kulak kepçesini ve labirenti meydana getirir. Embriyonik gelişme bu şekilde zaman ve yer olarak hiyerarşik bir sıra izler. Bu hiyerarşik gelişimin her kademesinde özel bir indüktör görülür.

Derisidikenlilerin özellikle denizkestanelerinin düzenlenme yeteneği amfibilere nazaran daha ileridir. Bunlarda 4 blastomerli evrede her bir blastomer bir yavru meydana getirebilir. Çünkü polar (kutupsal) predeterminasyon (ön saptama) görülür (Şekil 11.112).

Eğer 8 blastomerli evrede ya da daha sonraki evrelerde blastomerler vejetatif ve animal yarılar olarak birbirinden ayrılırsa, parçalar gastrulasyon yapamazlar. Normal gastrulada görülen sil demetinin yerine blastula yüzeyinin büyük bir kısmı bu sillerle örtülür. Vejetatif yarıdan yumurta şeklinde, üç kollu bağırsağı olan; fakat ağzı ve uzantıları olmayan bir larva çıkar. Animal kısıma vejetatif kutup üzerinde (16 blastomerli evrede) bulunan mikromerlerden 4 tanesi eklenirse bu sefer animal kısım gelişerek küçük bir larva meydana getirir. Normal gelişimde bu mikromerler birincil mezenşimi ve larvanın iskeletini meydana getirir; fakat animal kutupla birlikte tam bir



Şekil 11.112: Denizkestanesinde determinasyon: a) 64 blastomerli evre, b-c) Animal ve vejetatif yarıların gelişmesi, d-f) Animal yarının 16 blastomerli evresine 4 mikromerin eklenmesiyle gelişmesi, e) Blastulada uzun kirpiklerin geri çekilmesi, f) Bundan sonra oluşan larva, g-l) Animal blastomerlerin üst kısmının gelişmesi, h) Yalnız animal blastomerlerin üst kısmının gelişmesi, i-l) Mikromerler ilave edildikten sonra gelişmesi, m-q) Vejetatif hücrelerin üst kısmındakilerin gelişmesi, n) Yalnız gelişmesi, o-q) Mikromerler ilave edildikten sonra gelişmesi, s) Yalnız gelişmesi, r-v) İkinci vejetatif hücre dizisinin gelişmesi, t-v) Mikromerler ilave edildikten sonra gelişmesi (Kühn'den).

larvanın meydana gelmesine neden olur. Hatta 64 blastomerli evrede en üstteki blastomer çelengine bu mikromerler eklenirse yine çok küçük bir larva meydana gelir. İzole edilmiş animal kısım ancak blastula evresine kadar gelişir ve bütün yüzey sillerle örtülüdür. Bu evrede bir mikromer eklenirse kirpikler bir demet şeklinde normal durumuna döner. Fakat mikromerlerden meydana gelen mezenşim hücrelerinden larval iskelet oluşmaz. Eğer iki mikromer eklenirse ağızdaki kirpik çelengi ve tam oluşmayan bir larva iskeleti ortaya çıkar. Ancak dört mikromer, küçük; fakat normal

bir larvanın ortaya çıkmasını sağlayabilir. Bu, bize, bu tip gelişmede gelişimin derecesinin niceliksel olarak mikromerlerin sayısına bağlı olduğunu gösterir. Fakat mikromerler hiçbir zaman tümü meydana getirecek organizatörler değildir. Vejetatif kutbun hücre çelengi küçük bir bağırsak içeren larva meydana getirir. Bir mikromer eklemek suretiyle gelişim daha düzenli bir hal almasına karşılık eklenecek ikinci blastomer bu gelişmeyi kötü yönde etkiler. Vejetatif kutbun en ucundaki hücre çelengi normal olarak endodermi meydana getirir. İzole edilerek geliştiğinde yalnız kirpikli ağız kısmını, tamamlanmamış larval iskeleti, oransal olarak büyük ve iki-üç dallı bağırsağı meydana getirir. Eğer bu çelenge mikromerler eklenirse daha vejetatif davranmaya başlar ve materyalin büyük bir kısmı endoderme dönüşür. İlk bağırsak içe doğru değil, dışa doğru; fakat yine 3 dallı olarak büyümeye başlar (eksogastrulasyon).

11.16.2. GENLER VE FARKLILAŞMA

11.16.2.1. *Kalıtsal Bilginin Saklanması*

Hücrelerdeki kalıtsal materyal aynı olduğundan, aynı enzimleri ve aynı proteinleri meydana getireceklerdir. Halbuki bir bünyede hücrelerin farklılaştığını ve farklı proteinler meydana getirdiğini görüyoruz. O zaman hücrede şu olayların olması gerekir: a) Hücredeki herhangi bir enzimin miktarı denetlenmeli, b) Gelişim sırasında zamana bağımlı olarak enzimler kontrol edilmeli, c) Kalıtsal materyali aynı olmasına karşın, çeşitli hücre gruplarında kendine özgü protein üretilmelidir. Bunun için gelişim sırasında dokuların ve hücrelerin farklılaşmasını sağlayan kalıtsal ve kalıtsal olmayan faktörlerin birbiri üzerine etkisini gösteren bir açıklamanın olması gereklidir.

Eğer hücre bölünmesi sırasında kalıtsal materyalin yavru hücrelere farklı şekilde verildiği gösterilseydi açıklama bu olaylar için kolaylaşacaktı. Fakat *Ascaris* ve *Sciara* hariç, diğer hayvanlarda buna benzer bir işleyiş gösterilememiştir (hepsinde kalıtsal materyal eşit dağıtılır). Gelişim sırasında da ne bir gen kazanılır ne de kaybedilir. Zaten mitoz bölünme kalıtsal materyalin oğul hücrelere eşit dağılmasını öngören bir düzenektir. Aynı organizmanın farklı hücrelerinde farklı enzimlerin, dolayısıyla farklı proteinlerin meydana gelmesi, aynı kromozom takımının farklı işlev göstermesiyle açıklanır. BRİGGS ve KİNG, embriyonun ilerlemiş evrelerinde, farklılaşmış hücrelerin çekirdeklerini, çekirdeği çıkarılmış bir yumurtanın içerisine yerleştirdiklerinde normal bir embriyo gelişimini tekrar başlatarak yürüttüğünü görmüşlerdir. Bu, kalıtsal bilginin farklılaşmış çekirdeklerde dahi tam olarak kaldığını gösterir.

11.16.2.2. *Dev Kromozomların Çalışması*

Bu konuda en göze çarpıcı kanıtlar böceklerin dokularında yapılan sitolojik çalışmalarla elde edilmiştir. Bazı böcek dokularında kromozomlar sürekli duplikasyon yaparlar (kromozom bölünür; fakat birbirinden ayrılmaz) ve bu şekilde dev kromozomlar meydana gelir. Yan yana gelen kromozom ipliklerindeki lokuslar da yan yana

geldiğinden bir bant görünümü ortaya çıkar. Eğer bu bantlar dikkatlice kontrol edilirse, aynı dokuda farklı zamanlarda ya da farklı dokularda aynı zamanda, belirli şekil farkları ortaya çıktığı görülür. Kromozomun belirli bir bölgesi diffüz bir puff (şişkinlik) görünüşüne sahip olabilir (Şekil 10.7, 11.77, 78, 79, 80, ve 81). Histokimyasal testler ve otoradyografik bulgular (işaretlenmiş tritium kullanarak) puffların RNA'dan ibaret olduğunu göstermiştir. Bu puff denen şişkinliklerin, o bantta bulunan genlerin aktif olarak RNA meydana getirmelerinden ve şişkinliklerin bu RNA'lardan meydana geldiği şeklinde yorumlanmaktadır. Böceklerde kromozomun belirli bölgesinde meydana gelen puff ile deri değiştirme ve puplaşma arasında yakın bir korelasyon (bağıntı) kurmak mümkündür.

11.16.2.3. *mRNA Üretimi ve Farklılaşma*

Protein sentezinin başlatılması veya durdurulması, mRNA yapmak için DNA'nın kopyalanmasıyla, mRNA'nın protein sentezi sırasında ribozom ile yaptığı kombinasyonlarla ya da protein parçalarının bazı değişiklikleri ile saptanır. Hücrede büyük miktarlarda DNA bulunduğuna göre, bunların sürekli olarak çeşitli mRNA'lar meydana getirmesi söz konusudur. Bu durumda aşırı protein yapımını önleyici bir mekanizmanın olması mümkündür. DNA molekülünün belirli bir hücrede ne zaman kopya edileceği nasıl saptanabilir ?

Eğer hücre mRNA meydana getiriyor; fakat bunların büyük bir kısmının ribozomlarla işbirliği önleniyorsa, bu pek ekonomik bir yol değildir. Hücre hangi proteini üretecekse o kodda mRNA üretmesi o an için daha ekonomiktir. Sürekli bir tip protein üretme, doğal olarak o tip proteini kodlaycak mRNA'ya sürekli olarak gereksinim gösterecektir. mRNA'nın ömrü belirli mikroorganizmalarda birkaç dakika, insan ve memeli hayvanlarda 12-24 saat kadar sürebilir. mRNA'lar sürekli olarak kullanılamazlar; bir zaman sonra bozulabilirler, onun için yerine yenisinin gelmesi gerekir. Bu değiştirme mekanizması hücreye protein yapımında çeşit değiştirme olanağını sağlar. Özellikle dış etkenlerden dolayı hücre yeni enzim üretme gereksinimi duyduğu zaman, mRNA çeşidini de bir öncekine göre değiştirir.

Enzimlerin çevre koşullarıyla üretime başlatılması embriyonik gelişmede bir model olarak gösterilmiştir. Bakterilerde ve yüksek hayvanlarda belirli maddeleri metabolize etmek için enzim oluşumları görülür. J. MONOD hücre içi ve hücre dışı etkenlerin hücrenin kimyasal yapısını değiştirerek onu farklılaşmaya doğru ittiğini savunmuştur. Embriyo gelişirken, büyümenin bir sonucu olarak yoğunluk farkları oluşur ve bunun sonucu olarak niceliksel ve niteliksel özellikleri farklı olan enzimler meydana gelir. Bir enzimin, bu durumda harekete geçmesi ya da inhibe edilmesi diğer bir kimyasal maddenin birikimine bağımlı kalmaktadır.

Morfogenezi, sadece bir enzim indüksiyonu ile açıklamak, muhakkak yetersiz kalacaktır. Embriyolarda, enzimlerin üretimini uygun maddelerin enjeksiyonu ile harekete geçirmek mümkündür. Örneğin, adenozin deaminaz, tavuk embriyosuna adenozin enjekte edilmesiyle üretilmeye başlatılır; normal olarak bu enzim tavuğun

embriyo evresinde hiçbir zaman meydana gelmez. Karaciğer gibi bazı gelişmiş dokular, bakterilerde olduğu gibi birçok enzimatik etkinliği aynı zamanda yürütürler. Enzimlerdeki uyumla ilgili(adaptif) değişiklikler, zamanla değişir ve dönüşlüdür; halbuki hücresel farklılaşma süreklidir ve dönüşsüzdür (dokularda).

Birçok biyolog farklılaşmada en büyük faktörün yeni mRNA'lar üretmek olduğuna inanır. Bu mRNA'lar yeni proteinleri sentezletir ve dolayısıyla dokuların oluşmasını sağlarlar.

11.16.2.4. *DNA'nın Maskelenmesi*

Genlerin DNA'sı belirli zamanlarda histon veya diğer protein çeşitleriyle bağlar yaparak maskelenir ve bu şekilde transkripsiyon (kopya) sisteminin DNA'ya yaklaşması veya ulaşması önlenmiş olur. Bugün çekirdekte bazı genlerin serbest olduğuna ve kopya edildiğine, bazılarının ise bağlandıklarından kopya edilemediğine ilişkin birçok kanıt vardır.

Bezelyeler tarafından sentezlenen, özel bir globulin üzerindeki çalışmalar, gen aktivasyonuna tipik bir örnek olmuştur. Bu özel protein çeşidi yalnız bitkinin meyvelerinde sentez edilir. J. BONNER, globulini sentezleyecek kodların bitkinin diğer dokularında histonlarla birleştiğini, halbuki meyvelerde bu histonların olmadığını kanıtlayıcı deliller buldu. Öyleki DNA'nın belirli bir bölgesi serbesttir ve burası kopya edilir; bu bölge globulini sentezleyecek mRNA'ları verir. Fakat kromozomun belirli bölgelerinin neye göre ve nasıl bağlandığı ya da serbest bırakıldığı hâlâ karışık ve anlaşılmaz bir konudur.

11.16.2.5. *mRNA'nın Maskelenmesi*

DNA kopya edilmektedir; fakat meydana gelen mRNA'lar maskelenmektedir. Hücre gereksinim duyduğunda bu maskeyi kaldırarak aktif şekilde protein sentezine geçmektedir. Yumurtalarda bunu doğrulayıcı kanıtlar vardır. Yumurta sürekli mRNA üretmesine karşın, bunlar inaktiftir; yalnız yumurta döllendiğinde bu mRNA'lar aktif hale geçerler ve serbestçe protein sentezinde tercüme edilirler. Erken embriyonik evrelerde de bunu sağlayan düzenekler vardı.

11.16.2.6. *Çekirdek mRNA'sı*

Çekirdekteki RNA üzerinde yapılan çalışmalarda, sentez edilen RNA'ların %80'inin çekirdek dışına çıkmadan yıkıldığı görülmüştür. Yalnız çekirdek RNA'sının %20'si sitoplazmada bulunan RNA ile benzerdir. Bazıları bu heterojen RNA'ların (çekirdekteki arta kalan RNA'ların) gen regülasyonunda görev yaptığını savunmuşlardır. Bu, DNA'nın protein sentezini doğrudan doğruya yönelten RNA sentezlenmelerini yapmadan öte, birçok işlevi de aynı zamanda yüklendiğini ortaya koymaktadır. Hatta DNA'nın arta kalan kısımları ola ki DNA'nın mRNA meydana getiren kısımlarının kontrolünü üzerine almıştır.

11.16.2.7. *Dokulardaki Enzim Farklılıkları*

Aynı canlının farklı hücrelerindeki değişik enzimler izotoplarla gösterilebilir. Memelilerde karaciğer hücreleri glikoz-6-fosfataz enzimine sahiptir. Bu, glikojeni ve diğer ön maddeleri serbest glikoza çevirir; buna karşılık iskelet kaslarında bu enzim tamamen kaybolmuştur. Farklı dokularda aynı tepkimeleri katalizleyen enzimler, moleküler büyüklükleri, amino asit bileşimleri, immunolojik özellikleri ve diğer kontrol mekanizmaları bakımından farklıdırlar.

Eğer bir doku hatta bir hücre içerisinde bir enzimin birçok moleküler formu varsa, bunlara 'İzoenzim' denir. Bu enzimlerin hepsi aynı tepkimeleri katalizer; fakat belirli kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiptirler. Farklı moleküler formlar, farklı elektrik şarjları meydana getireceklerinden, elektroforez aletinde bunları ayırmak mümkün olacaktır.

Laktik dehidrogenaz üzerindeki çalışmalar, her bir molekülün dört alt üniteden meydana geldiğini göstermektedir. Bunlardan ikisi yani A ve B alt ünitelerinin her birisi kendine özgü amino asit dizilimi olan bir peptit zinciridir. Molekülün tümü hemoglobin molekülüne analogtur (hemoglobinde de alfa ve beta polipeptit zincirleri vardır). Laktik dehidrogenaz içerisinde bu iki alt ünitenin farklı kombinasyonları mümkündür. İki alt ünite beş çeşit kombinasyon yapar (A_4, A_3B, A_2B_2, AB_3, B_4). Bu kombinasyonları farklı dokularda gözlemek mümkündür.

Bu durumda alt ünitelerin her birini denetleyen bir gen vardır, fakat farklı dokularda neden farklı zincirler halinde bulunduğu hâlâ bilinmemektedir. Bu konudaki gözlemlerin en ilginç civcivlerin göğüs kasında bulunan laktik dehidrogenazın, embriyonik gelişim sırasında B_4 iken, hayvan geliştikçe kademe kademe A_4 tipine dönüşmesidir.

11.16.2.8. *Farklılaşmanın Dış Etkenlerle Değişmesi*

GROBSTEİN, yaptığı denemelerde dış faktörlerin de bu farklılaşmada büyük rol oynadığını ortaya koydu. Embriyonik pankreas epiteli organ kültüründe yalnız mezenşim hücrelerine dönüşüyordu. Bu, farklılaşmanının diğer dokular aracılığıyla da yöneltildiğini kanıtlıyordu.

Embriyonik dokular besin değişikliklerinde farklı duyarlılığa sahiptir (inhibitörler, antimetabolitler ve değişik çevre koşullarına). Bu faktörler farklılaşmanın yönünü değiştirebilir ve mutasyon varmış gibi fenotipler meydana getirir 'Fenokopi'.

Bir genin ya da benzer genlerin farklı ortamlarda farklı şekilde çalıştığını gösteren önemli denemelerden biri, Amerika'daki bir çeşit kurbağada yapılmıştır. Kuzeyde yaşayan bu tür kurbağalar gelişimlerini daha hızlı tamamlamak zorundadırlar; buna karşılık güneydekiler daha yavaş gelişirler. Güneydeki kurbağalar kuzeye getirildiğinde daha hızlı, kuzeydekiler de güneye getirildiğinde daha yavaş gelişmeye başladıkları görülür. Bu kurbağalarda, yumurtalar, diğer ırkların spermaları ile döllenebilir. Eğer güneyden gelen bir kurbağanın yumurtasının çekirdeği çıkarılır, yerine

kuzeyden gelen kurbağanın yumurtasının çekirdeği sokulursa; sitoplazma güneyden, çekirdek kuzeyden ya da tersi olur. Kuzeyden gelen genler güney sitoplazması içerisinde zayıf bir gelişimi düzenlerler. Hayvanın başı vücudundan daha hızlı büyür. Güneyden gelen genler kuzey sitoplazması içerisinde yine zayıf bir gelişmeye neden olurlar; fakat baş daha yavaş geliştiğinden, vücudun arka kısmına oranı normale yaklaşır.

Hücrelerdeki bu farklılaşma tüm hücre işlevlerini değiştirir (ribozomal işlevleri, maḍde alış verişini vs.). Farklılaşma en azından, kısmen dış etkenlerle kontrol edilebilir, örneğin komşu hücrelerle (erken gelişim evrelerinde), hormonlarla (diğer hücrelerden gelen), ya da GROBSTEIN'in yaptığı gibi mezenşimal proteinlerle. Esasında embriyonik gelişimde dokuların farklılaşması ile moleküler farklılaşma arasında çok yakın bir ilişkinin olduğu gerçektir.

11.17. KALITIMIN MATEMATİKSEL ESASLARI: OLASILIK YASALARI

Onuncu bölümde, belirli özelliklere sahip bireylerin çaprazlandırılmasından ortaya çıkan bireylerin oranlarını hesaplamaya çalıştık. Fakat bir populasyon içerisindeki özellikleri ve onların kalıtım şeklini, bazı matematiksel yöntemleri kullanmak suretiyle, özelliklerin populasyon içerisindeki yayılışından hesaplamak mümkündür. Bütün kalıtsal olayların olasılık hesaplarına göre yürütüldüğünü biliyoruz. Olayların sayısının artması, gözlemlerin yeterli bir sayıda yapılması, rastlantıyı ortadan kaldırır. Örneğin para atmada, tura gelme şansı 1/2'dir. Bir tek atışta kesin sonuca varmak olanaksızdır. 100 defa attığımızda rastlantı faktörünü ortadan kaldıracağımızdan, yazı ve tura gelme şansı % 50'ye yakın değerler alacaktır.

Olasılık, istenen ya da beklenilen olayların sayısının mümkün olabilecek tüm olaylara bölünmesiyle elde edilen kesirle ifade edilir. Bu şekildeki olasılığın sınırları 0-1 arasındadır. Eğer kesir, yani bölüm 0 ise, o zaman istenen veya beklenen olayın meydana gelme şansı sıfırdır. Eğer olasılık 1 rakamıyla temsil ediliyorsa, bu kesinliği gösterir ve bütün olaylar istenen ya da beklenen şekilde ortaya çıkmıştır. Örneğin, zar atmada 6 rakamı isteniyorsa, bunun gelme şansı 1/6, yani arzu edilen olayın ortaya çıkma şansı 1/6'dır.

Bir torbada 10 kırmızı, 40 siyah ve 50 beyaz bilye varsa, ilk defada kırmızı bilye çekme şansımız 1/10'dur. Kalıtım ya da genel olasılık yasalarını üç grup altında toplamamız mümkündür.

Kesin Olasılık: Zar attığımızda 6 gelme şansı 1/6'dır. Bu hiçbir koşulda değişmez. Hatta 6 gelse de gelmezse de olasılığı her zaman vardır.

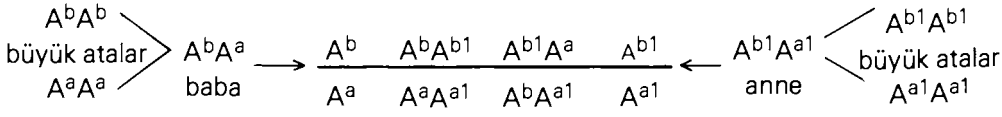
Deneysel Olasılık : Tüm gözlenen ya da denenen olay sayısı içerisindeki bilinmesi istenen olayların sayısıdır. Örneğin, bir cerrah 500 ameliyattan, kırkında başarılı olamamışsa, başarısızlık oranı $40/500 = 0.08$'dir. Bu tip ampirik olasılık, araştırma alanlarında ve sigorta şirketlerinde kullanılır ve bir risk tablosu hazırlanır.

Örnekleme Olasılık : Önceden tahmin edilen kurallara göre çıkması gereken olayların, tüm olaylar içerisinde sayılarının bulunması ve önceden tahmin edilen oranlara uyup uymamasının bulunmasıdır. Örneğin, bir populasyondaki belirli özelliklerin kalıtımda önceden bilinen bazı oranlara (1:1, 3:1 vs.) uyup uymadığının kontrolüdür.

Eğer olayların meydana gelme şansları birbirlerini etkilemiyorlarsa, her olay tüm içerisinde kendi olasılığını gösterir. Örneğin para atmada tura gelme şansı 1/2'dir ve bu kendinden sonra gelecek para atmalarda tura ya da yazı gelme şansını etkilemeyecektir (buna karşılık bir oyun kağıdından bir maça çekme şansı 1/4 iken, ikinci kağıt çekişimizde bir daha maça çekme şansımız 12/51 olacaktır; çünkü desteden birinci defasında bir kağıt ve bir maça eksilmiştir. Bu kendinden sonraki olayın kaderini etkilemektedir). Buna benzer birçok örnek verilebilir. Örneğin, rastgele bir adam seçtiğimizde, bu adamın, erkek, A grubu ve Haziranda doğma şansı ne olabilir dense, şöyle hesaplarız. 0.5 (erkek olma şansı %50'dir) × 0.45 (insanların %45 A grubundandır) × 0.084 (oniki aydan birinde doğma şansı) = 0.0189'dur.

Tüm içerisinde iki olaydan birinin meydana gelme şansı, her iki olayın yalnız başına ortaya çıkma şansının toplamına eşittir. Örneğin, zar atmada 1 ya da 2 gelme şansı 1/6 + 1/6 = 1/3'dür.

Yukarıda anlatılan olasılıkların kalıtımda uygulamasına ait basit bir örnek verelim.



Şekilde görüldüğü gibi çocuğa büyük babadan ve büyük anadan genler gelmektedir. Çocuğun babası, babasından A^b, anasından A^a genini almaktadır. Annesi de babasından $A^{b'}$, annesinden $A^{a'}$ genlerini almıştır. Bu durumda çocuk, büyük babasından babasına geçen A^b genini alma şansı 1/2'dir. Annesinden ise onun anasından geçen $A^{a'}$ alma şansı yine 1/2'dir. O halde $A^bA^{a'}$ bireyinin çıkma şansı 1/2 × 1/2 = 1/4'dür. Çocuğun iki büyük babasından ya da iki büyük annesinden $A^bA^{b'}$ ya da $A^aA^{a'}$ alma şansı 1/4 + 1/4 = 1/2'dir.

11.18. İNSAN GENETİĞİ

Birçok kalıtsal olay organizasyon yeteneği düşük olan canlılarda, özellikle mikroorganizmalarda gözlenmiştir. Çünkü bunlarda hem hücre içi doğrudan gözlenebilir, hem de kromozomları daha kolay incelenebilir. Örneğin meyvesineklerinde kromozom sayıları az (dört tane) olduğu gibi, tükrük bezlerinde dev kromozomların bulunmasıyla yapıları çok daha belirli olarak incelenebilir. Memeli kromozomlarının

sayısı daha fazla ve daha karmaşıktır, dolayısıyla fikse etmek ve incelemek çok zordur. Son senelerde bulunan yöntemlerle memeli hücreleri çok daha yetkin şekilde incelenmektedir. 1956'da insanda 48 değil, sadece 46 kromozom olduğu bulundu, halbuki senelerce 48 tane biliniyordu. Fakat mutasyon kısmında da sözünü ettiğimiz gibi bu sayıda bazen değişiklikler olabiliyordu. Örneğin, 47, 48 kromozomluluk oldukça sık görülür; fakat bir defasında bir çocukta triploit bulunmuştur, yani 69 kromozomlu bir seri vardır. Bunun 66'sı autozom, 2'si X ve bir tanesi de Y kromozomu idi. Bu durum büyük bir olasılıkla bir haploit yumurtanın diploit (anormal) spermayla, ya da diploit bir yumurtanın haploit bir spermayla döllenmesinden ortaya çıkmıştır.

Kromozom kazanma ya da yitirilme, redüksiyon bölünmesi sırasında homolog kromozomların birbirinden ayrılmamasıyla meydana gelir.

Örneğin, iki X kromozomu birbirinden ayrılmayı başaramaz, ikisi de aynı yumurta hücresine gider ve kutup hücresi X'siz kalır ya da iki X kromozomu kutup hücresine gider, ana yumurta X'siz kalır. Bu tip anormallikler birinci ve ikinci redüksiyon bölünmè sırasında meydana gelerek anormal bireylerin ortaya çıkmasına; keza mitoz bölünme sırasında da meydana gelerek, anormal vücut kısımlarının oluşumuna yol açarlar (daha geniş bilgi içín eşeyselliğin evrimine bkz.!).

İNSANDA KALITSAL OLAN BAZI ÖZELLİKLER

Başat (Dominant)	**Çekinik** (Resesif)
SAÇ, DERİ, TIRNAK, DİŞ	
Siyah saç	Sarı saç
Kırmızı olmayan saç	Kırmızı saç
Kıvırcık saç	Düz saç
Sık vücut kıllılığı	Seyrek vücut kıllılığı
Erken yaşlarda dazlaklık (erkeklerde başat)	Normal
Beyaz perçem	Doğal rengi
Deri ve saçta beyaz leke	Doğal rengi
Pigmentli deri, saç ve göz	Akşınlık
Siyah deri (iki çift gen, tam başat olmayan)	Beyaz deri
Balık pulluluk (Ichthyosis)	Normal
Hafif sürtünmeye duyarlılık (Epidermis bullosa)	Normal
Diş minesi eksikliği	Normal
Normal ter bezi	Ter bezi eksikliği
GÖZ	
Kahverengi	Mavi ya da gri
Ela ya da yeşil	Mavi ya da gri
Mongoloid göz kapağı	Normal göz kapağı

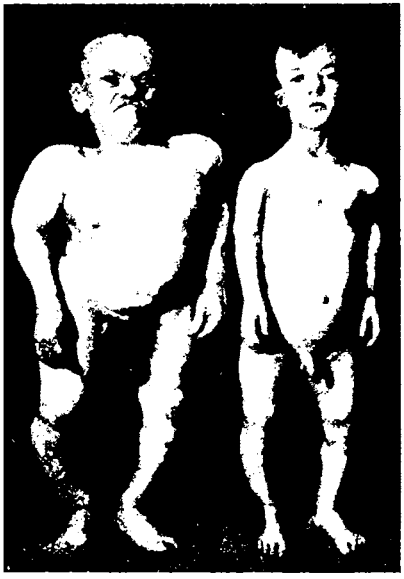
Başat (Dominant)	**Çekinik** (Resesif)
Konjenital (doğuştan) katarakt	Normal
Yakın görememe (miyopluk)	Normal görme
Uzak görememe (hipermetropluk)	Normal görme
Astigmatizm	Normal görme
Glaukom (karasu = göz tansiyonu)	Normal
Aniridia (irisin yokluğu)	Normal
Konjenital (doğuştan) lens kayması	Normal
Normal göz	Optik bozukluk = atrofi (eşeye bağlı)
Normal göz	Mikrofitalmus (gözsüzlük)
YÜZ ÖZELLİKLERİ	
Serbest kulak memesi	Yapışık kulak memesi
Geniş dudaklılık	İnce dudaklılık
Büyük göz	Küçük göz
Uzun kirpik	Kısa kirpik
Geniş burunluluk	Dar burunluluk
Yüksek, dar burun kemeri	Alçak, geniş burun kemeri
Gaga burun	Düz burun
İSKELET VE KASLAR	
Tıknaz vücut (birçok genle)	Uzun vücut yapısı
Cücelik (Akondroplazi = Dwarfizm)	Normal
Cücelik (Ateliosis)	Normal
Çok parmaklılık (el ve ayakta beşten daha fazla parmaklık durumu)	Normal
Perde parmaklılık, iki ya da daha fazla parmakta (Syndactyly)	Normal
Kısa parmaklılık (Brachydactyly)	Normal
Kemikte kıkırdak büyümesi	Normal
Kas erimesi (ilerleyen)	Normal
DOLAŞIM VE SOLUNUM SİSTEMİ	
Kalıtsal ödem (Milroy hastalığı)	Normal
A, B, ve AB kan grubu	O kan grubu
Yüksek tansiyon (hipertansiyon = yüksek kan basıncı)	Normal
Normal kan pıhtılaşması	Kanama hastalığı (hemofili)
Normal kan hücresi	Orak hücreli anemi

Başat (Dominant)	**Çekinik** (Resesif)
BOŞALTIM SİSTEMİ	
Polisistik böbrek	Normal
ENDOKRİN SİSTEMİ	
Normal	Diabetes Mellitus (şeker hastalığı)
SİNDİRİM SİSTEMİ	
Genişlemiş kalın bağırsak (Hirschprung hastalığı)	Normal
SİNİR SİSTEMİ	
Tatma (fenilthiokarbamid)	Bu maddeyi tatmayanlar
Normal işitme	Doğuştan sağırlık
Normal omurilik	Omurilik bozukluğu (Spinal ataxia)
Huntington hastalığı	Normal
Normal	Amaurotik manyaklık
Migren (baş ağrısı)	Normal
Normal	Erken bunama (birkaç gen çiftiyle)
Normal	Fenilketonüri
Felç uyarıcılar (Paralys agitans)	Normal
KANSER	
Normal	Aşırı pigment birikimi (Xeroderma pigmentosum)
Recklinghausen hastalığı	Normal
Normal retina	Retinal glioma

11.18.1. İNSANLARDA BAZI KALITSAL ÖZELLİKLER VE HASTALIKLAR (Tablo 11.8)

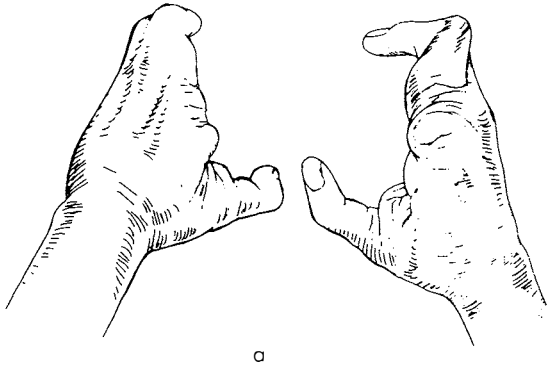
Kemiklerdeki bozukluklar (Chondrodysplasi = Cücelik) (Şekil 11.113); baş şeklindeki anormallikler (Anencephali); dişlerdeki anormallikler (Hypodontie = Diş sayısındaki azalma); bel kemiğinin anormallikleri; üye bozuklukları (Şekil 11.114), kol veya bacak ya da bunların herhangi bir segmentinin eksikliği (Şekil 11.115) ya da fazlalığı, altı parmaklılık; kanama hastalığı (Şekil 11.116); kan hücrelerindeki bozukluklar; karbonhidrat, yağ, protein vs.'nin metabolizmasındaki biyokimyasal bozuklukların bir kısmı; salgı bezlerindeki bazı hastalıklar; sindirim sistemindeki bazı anormallikler; kalp, damar ve böbrek hastalıklarının bir kısmı; alerjiler; romatizmanın bazı çeşitleri; urlar, bazı yaralar, ola ki kanser; şeker hastalığı;

amar sertliği; deride pigment bozuklukları (albinizm gibi), benler, balık pulluluk; açlarda kısmi beyazlaşma, saç formu, saç rengi; tırnakların büyümelerindeki bazı normallikler; ter bezlerinin değişiklikleri; göz şeklindeki bozukluklar, çocuk glaucomu, göz tansiyonunun birçoğu; göz merceğinin bozulması, mercekteki donukluk (Mikrophthalmi); gözün tamamen kaybolması (Anophthalmi); örme bozuklukları (miyop ve hipermetrop); iriste, damar tabakada vs.'deki bozukluklar; kulakların şeklinde ve işlevindeki bozukluklar (Şekil 11.117); sinir hastalıklarının bir kısmı vs. tamamen genetiksel olarak kalıtılmaktadır.

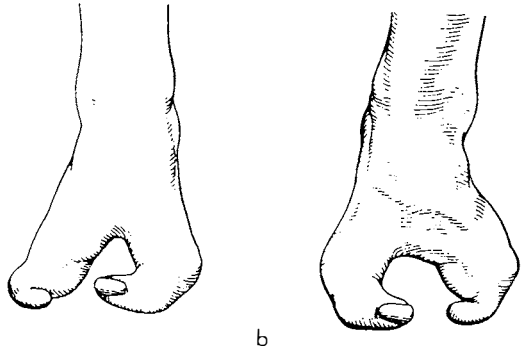


Şekil 11.113 :

Chondrodysplasie gösteren bir baba ve oğul (Verschuer'den).



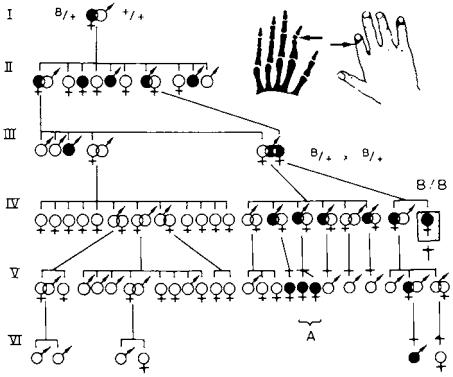
a



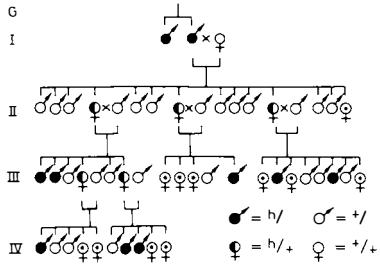
b

Şekil 11.114:

Elde ve ayakta başat ekstrodactyli (Penrose'den).

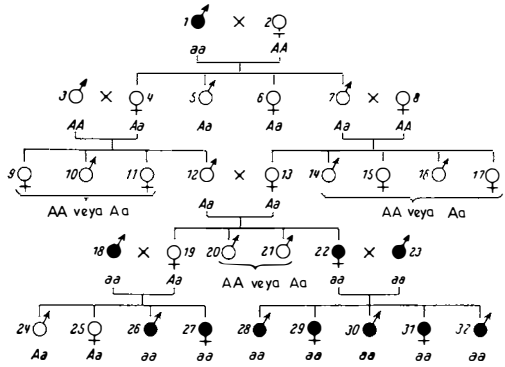


Şekil 11.115 : Brachydactyli (kısa parmaklılık) anormalliğinin bir ailde kalıtımı (şecere). Bu hastalık başat bir genle kalıtılır. İnsanlarda yalnız işaret parmağı bu genin etkisi altındadır. I-VI : Generasyonlar, Siyah daireler anormalliği (B/b); açık daireler (b/b) sağlamları gösterir. B/B'li bireyler ölü doğar (+), A. Bir yumurta ikizleri.



Şekil 11.116

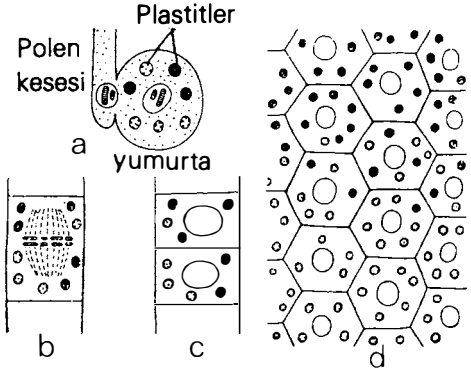
Kanama hastalığının (hemofilinin) bir ailede eşeye bağlı olarak kalıtımı (şecere). G.I.'de bir hemofili♂, homozigot (+ / +)♀'iyle evleniyor. G.II'de hiçbir ♂ hemofili değildir; bununla beraber kızların 3/4'ü heterozigot yani taşıyıcıdır (h/ +). G.III'de 9♀'den 5'i hemofilidir. G.IV.'de hemofililerin sayısı 1/2'ye ulaşır. Daire içerisinde nokta ile gösterilen kızların genotipleri bilinmemektedir. Bunlar ya h/ + ya da + / + olabilir.



Şekil 11.117 : Sağır ve dilsizliğin bir ailede kalıtımı (şecere). Çekinik gene bağlı kalıtım. Beyaz daireler sağlamları, siyah daireler anormalleri gösterir. 1 ve 2 nolu çiftlerden olan çocukların hepsi heterozigot ve sağlamdır. 3 × 4 ve 7 × 8 nolu çiftler arasındaki çiftleşmede çıkan yavrular sağlam ve genotipleri ola ki 1 homozigot sağlam / 1 heterozigot sağlamdır. Heterozigot sağlamla, homozigot sağlam fenotipik olarak ayrılamazlar. 12 × 13 nolu bireylerin birleşmesinde, her ikisi de heterozigot olduğundan, hastalık ortaya çıkar (oran1 AA; 2 Aa, 1 aa). 18 × 19 nolu hasta ve heterozigot sağlam bireylerin kendi istekleriyle birleşmelerinden, yarı yarıya sağlam ve hasta (1 Aa, 1 aa), 22 × 23 nolu hasta bireylerin çiftleşmesinden tamamen hasta yavrular ortaya çıkar.

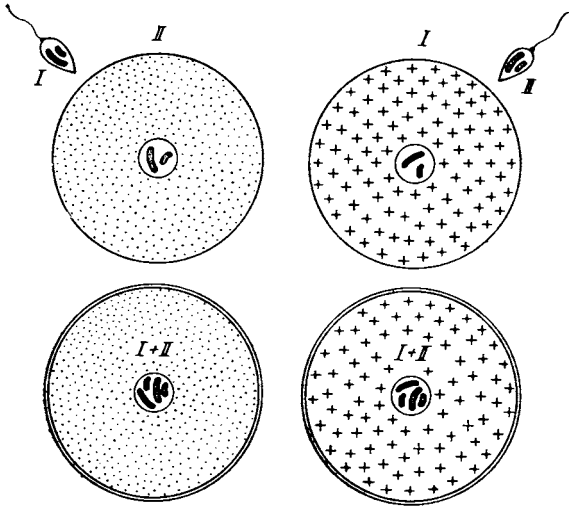
11.19. ÇEKİRDEĞİN DIŞINDAKİ FAKTÖRLERE DAYANAN KALITIM = SİTOPLAZMANIN KALITIMDA ROLÜ

Şimdiye kadar kromozomlardaki genlere dayalı kalıtımı gördük. Fakat F_1 bireylerinin kimliklerini belirleyebilmek için resiprok (geri) çaprazlama yaptığımızda; belirli özellikleri taşıyan bireylerin ana ya da baba, daha doğrusu sperma ya da yumurta oluşuna göre, bazı özelliklerin kalıtımında değişiklikler görülmektedir. Sperma ile kromozomlar, sentriyol ve bazen mitokondriler zigota verilir. Halbuki yumurta sitoplazması bunların ötesinde gelişim için gerekli olan bir sürü madde daha verecektir (Şekil 11.118). Bu ise kalıtımın yönünü değiştirecek bir sürü faktörü beraberinde getirmektedir. AXB çaprazlanmasında, ana A ise yavru birey daha ziyade A'ya, ana B ise B'ye benzer (Şekil 11.118 ve 119). Bu durumda yavrunun anaya benzemesini sağlayan faktörler, sitoplazmada bulunmaktadır (Şekil 11.119). İşte yavrunun anaya



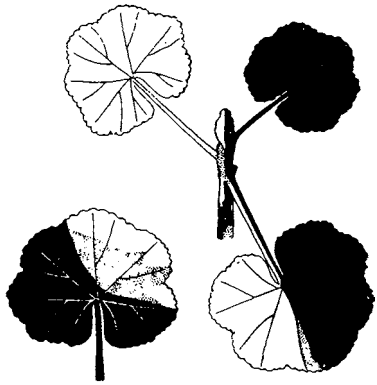
Şekil 11.118

Albino plastitlerin kalıtımıyla bitkilerde mozaik desenli yaprakların oluşumu (yeşil-beyaz) : a) Kısmen normal, kısmen albino (mutant) plastitleri içeren bir yumurta hücresinin döllenmesi, b ve c) Hücre bölünmesinde her iki çeşit plastidin dağılımı, d) Bitki dokusu içerisinde yeşil ve beyaz hücre gruplarının ortaya çıkışı. Yeşil pigmentler siyah, mutant albino pigmentler noktalı olarak gösterilmiştir (Kühn'den).



Şekil 11.119 : İki alttür ya da ırkın farklı döllenme şeması : I ve II ırkları arasında plazma farklılıkları vardır. I'in kromozomları siyah, II'nin kromozomları noktalıdır. I'in plazması artı işaretli, II'nin plazması noktalıdır. Plazmanın yumurtaya göre aynı kaldığına dikkat ediniz (Kühn'den).

benzemesine 'Matroklini' denir. Zaten son senelerde kromozom üzerinde bulunan genlerin hepsine 'Kromotip', sitoplazmada bulunanlara 'Plazmotip', hepsine birden 'Genotip' denilmektedir. Mitokondrilerde DNA'nın görülmesi, onun da kalıtıma katkısı olduğu fikrini kuvvetlendirmiştir. Bunların ötesinde plastitler (klorofil gibi) sitoplazmayla kalıtıldığından, ana ve babaya göre değişmektedir. Örneğin, bir arpa türü iki ırkı içerir, bir ırk açık yeşil, diğeri koyu yeşildir. Ana, koyu yeşil ırktan olursa, yavru koyu yeşil, ana açık ırktan olursa, yavru açık yeşil olur. Yine bitkilerde alacalı beyaz renklerin kalıtımı albino plastitlerin yavruya sitoplazma ile verilmesiyle olur (Şekil 11.120).



Şekil 11.120 :
Yaprakları karışık renkli (beyaz ve yeşil) *Pelargonium* bitkisi (Kühn'den).

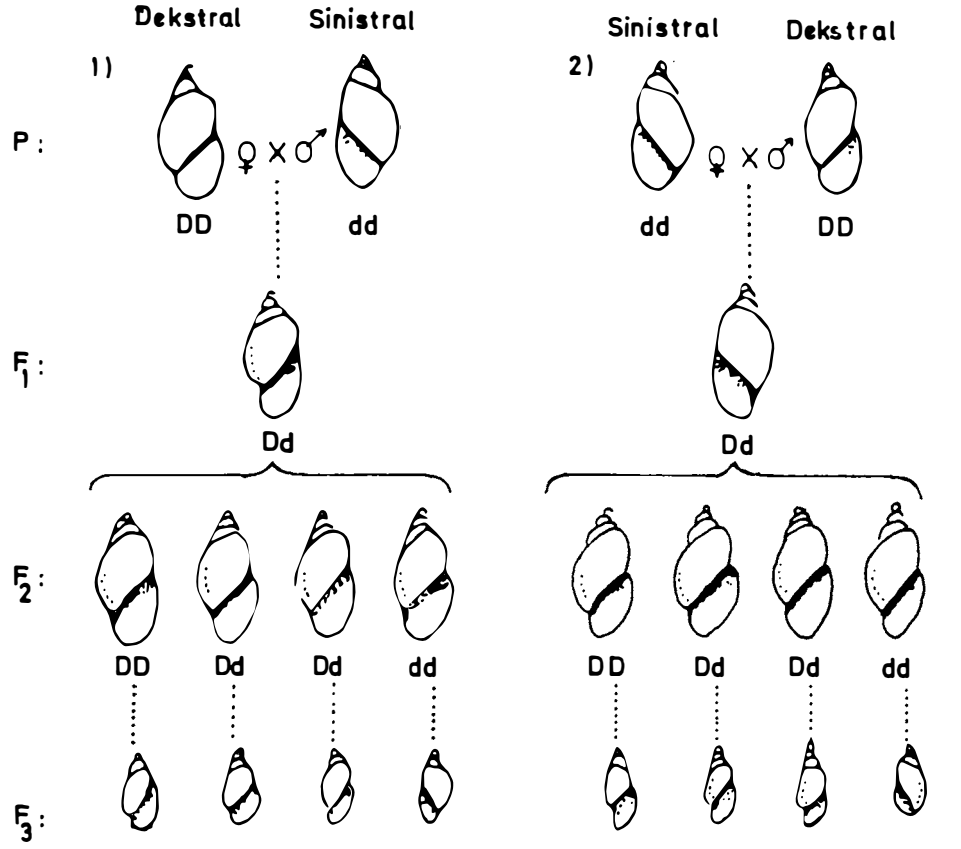
Su salyangozlarında (*Limnea*) kabuğun sağa veya sola kıvrılması ananın sitoplazmasındaki faktörlerle saptanmaktadır. Sağ tipe Dekstral, sol tipe Sinistral denir (Şekil 11.121). Daha doğrusu kalıtsal yapı sitoplazma üzerine o şekilde etki etmektedir ki, etki uzun zaman sürmekte ve yeni bireyde birçok özelliği önceden saptamaktadır; buna kalıtımda Predeterminasyon diyoruz. Kabuğun dönme yönü, döllenmiş yumurtanın ikinci bölünmesi sırasında iğ ipliklerinin duruş şekline göre saptanmaktadır.

Babası eşek, anası kısrak olan bir çiftleşmede katırın meydana gelmesi ya da tersi; anası eşek, babası at olan bir çiftleşmede katırdan çok daha küçük olan bir yavrunun meydana gelmesi yine sitoplazmanın, yani yumurtanın eşeğe ya da ata ait olmasıyla değişir.

11.19.1. ANANIN DOLAYLI ETKİSİ

Ananın birincil ve ikincil gen üretiminin neden olduğu etkilerin yanı sıra (bunlar yumurta hücresinde bulunur), yumurta hücresinde bulunmayan; fakat anadan dolaylı olarak yavruya geçen bazı özellikler de vardır.

1. Farelerde Meme Kanseri : Bazı deney farelerinde dişilerin memelerinde meydana gelen kanserin, kalıtsal olarak değil; fakat süt faktörleri ile yavrulara aktarıldığı saptanmıştır. Bu faktörlerin virüs benzeri olduğu varsayılmaktadır ve yalnız süt emmeyle yavrulara verilmektedir. Aynı şekilde ana tarafından yavrulara virüslerin, bakterilerin ve keza insanlarda frenginin bulaştırılması bu şekildedir.



Şekil 11.121 : Salyangozlarda sitoplazmaya bağlı kalıtım (Bilge'den).

2. Rh Antijeni : Rh — 'li annelerin, yavrusu Rh + olduğu zaman, Rh + proteine karşı antikor meydana getirdiği bilinmektedir (kan kısmına bkz.!). Doğumdan sonra anneye, Rh + proteinine karşı oluşmuş bir antikor enjekte edersek; bu antikor ana kanına giren kırmızı kan hücrelerini örteceğinden, ana tarafından büyük miktarda Anti-Rh + üretilmeyecektir. Birkaç ay sonra enjekte edilen antikor ve kırmızı kan hücreleri kaybolacağından, anne sanki Rh + bir çocuk doğurmamış gibi eski durumuna dönecektir.

3. Atlarda Kan Faktörü : Benzer durum atlarda görülmektedir. İlk üç doğumda aksaklık görülmez; yalnız dördüncü yavru doğumdan yaklaşık dört gün sonra ölür. Bunlarda insanlardaki Rh faktörüne benzer bir analık faktörü (anti-Rh + gibi) plazenta ile değil de, süt ile yavruya verilmekte ve yavrunun ölümüne neden olmaktadır.

4. Mayalarda Solunum Bozuklukları: Maya kültürlerinde *(Saccharomyces cerevisia)* solunum enzimlerinden yoksun hücreler ortaya çıkmaktadır. Bunlar enerjilerini glikolizle elde ederler. Diğer normal "**yabanıl**"lerden daha küçük ve seyrek

koloniler oluşturmasıyla ayrılırlar (tüm kültür hücrelerinin %1-2'i kadar). Yabanıl tiple çaprazlandıklarında, bunların da kendi içinde nötral ve suppressif denen iki mutant çeşidinden meydana geldiği görülür. Nötral tiple yabanıl tipin çaprazlanmasından yabanıl koloni tipi; suppressif tiple yabanıl tipin çaprazlanmasından küçük koloni tipi ortaya çıkar.

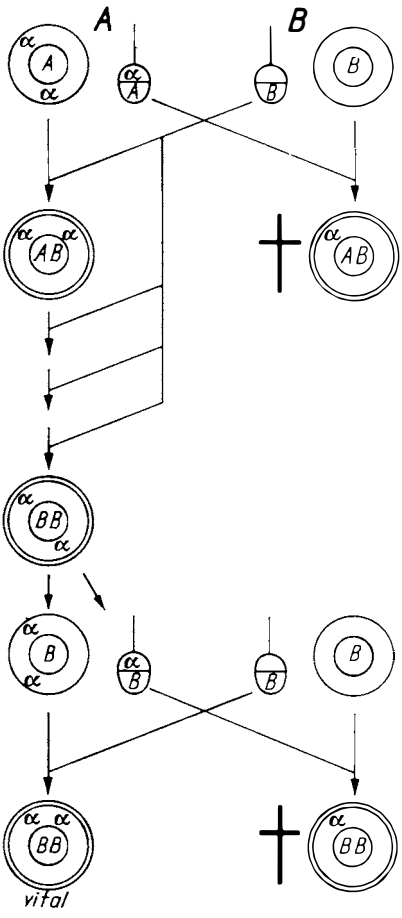
Özel boyamalar ile (Nadi-Tepkimesi) bu enzimlerin mitokondrilerde olduğu gösterilmiştir. Bununla beraber küçük koloni tipinde bulunan hücrelerin mitkondrilerinde de bu enzimler mevcuttur; fakat boyamaya tepki göstermezler. Mitokondriler bu enzimleri meydana getiren plazma genlerinin yeri olarak düşünülebilir ve mutasyonla işlek mitokondri tipleri ortadan kalkınca enzimler de iş görmezler. Yabanıl formlarla çaprazlandığında, yabanıl formdan gelen mitokondriler her iki yavruya da yeteceğinden oksijenli solunumu sağlayabilir (nötral tipte). Fakat suppressif tipte küçük kolonilerin meydana geliş nedenini açıklayamaz. EPHRUSSI, yaptığı çalışmalarda bu enzimlerin eksik olduğu mitokondrilerde yapısal herhangi bir değişikliğin olmadığını saptamıştır.

Bugün kontrol sisteminde ortaya çıkacak bir bozukluğun tüm operonu bloke ettiğini biliyoruz. Bu nedenle solunum enzimleri için gerekli bilgi çekirdekte ve regülatör genler de (bununla ilgili olarak repressör ve effektör genler) plazma içinde olabilir. Bu açıklama, suppressif tip ile yabanıl tipin çaprazlama sonuçlarını daha anlaşılır kılar. Üçüncü bir tipte de, kromozomal bozukluktan tüm solunum enzimleri bloke edilir ve yabanıl tiple çaprazlandıklarında açılımları 2:2 olur. Maya ve diğer organizmaların mitokondrilerinde özel DNA'nın varlığı bilinmekle beraber, mitokondriyal proteinlerin bu DNA ile kodlandıklarına ait bir kanıt yoktur. İlginç olanı, solunum bozukluğu olan kökten gelmiş mitokondrilerin baz dizilimi, yabanıl tiptekinden farklıdır.

Bugün mitokondri DNA'sının (bakterilerin kromozomu ve episomların DNA'sı gibi) çember şeklinde "R e p l i k o n" olarak çoğaldığı bilinmektedir. Bu çember oldukça küçük (yaklaşık 5 μ) olmasına karşın birçok proteinin kodlanması için de yeterlidir. Çember mitokondri DNA'ları özellikle kan kanseri hücrelerinde **"Concatenate"** olarak bulunmaktadır (birbiriyle bir zincir gibi bağlı olarak). Bu ilginç görünümün açıklanması şimdiye kadar yapılamamıştır.

5. Sivrisineklerde Çaprazlama Kısırlıkları: Spermalar ile kromozom dışı faktörlerin kalıtıldığı durumlar da vardır. *Culex pipiens* ırkları (A ve B) çaprazlandığında A'nın dişi ve B'nin erkek olduğu durumlarda zigot verimli; A'nın erkek B'nin dişi olduğu durumlarda zigot ölmektedir (Şekil 11.122). A dişisinin ve B erkeğinin dişi döllerini birkaç generasyon B spermasıyla geri çaprazlarsak pratik olarak genom BB olur ve bunların spermasıyla B dişilerini döllersek yavrular steril olur. Belki A plazmasında öldürücü bir faktör üretilerek sperma ile iletilmektedir. Bu faktör, bu faktörü taşımayan plazmalarda öldürücü etki yapmaktadır.

6. Terliksi Hayvanlarda *(Paramecium)* **Antijen Tipler** : Terliksi hayvanlarda, sillerin üzerinde, antijen gibi, ırklara göre farklı etki eden yapılar vardır. Homozigot



Şekil 11.122 :

Sivrisineklerde çaprazlama kısırlığının ortaya çıkmasına neden olan sitoplazma faktörlerinin kalıtımı (Bresch-Hausmann).

bireyler bir antijen üretir ve eşeysiz çoğalmada onu yavrularına verirler. Konjugasyonda her birey normal olarak atasının taşıdığı antijeni, konjugasyon bittikten sonra da taşır. Bununla beraber oluşmuş geniş bir sitoplazma köprüsünden sadece çekirdekler değil, bir miktar sitoplazma da değiştirilir. Bu durumda konjugant kendi özel antijen tipinin yanı sıra, partnerinden aldığı antijen tipini de gösterir.

Keza çevre koşulları antijen tipini de değiştirebilir. Homozigot bir bireyi autogami ile çoğaltıp üç gruba bölersek ve bu grupları 18, 25 ve 29°C'de tekrar üretirsek, farklı antijenleri olan üç kültür elde ederiz. Antijen tipinin böylece plazmaya bağlı olduğu ve çevre koşullarından etkilendiği görülür. Acaba genom hiç mi rol oynamamaktadır? Yapılan gözlemler ve ayrışımların incelenmesi farklı ırkların, farklı ortamlarda, farklı antijenler ürettiğini ve bunların çaprazlamalarda kromozomlara bağlı birçok genle kalıtıldığını göstermiştir. Örneğin bir ırkın a_1, b_1, c_1 olduğunu (A_1, B_1, C_1 antijeni üretebilir) düşünelim. Bu ırk, a_1, b_2, c_2 (A_1, B_2, C_2 antijeni üretecek yetenektedir) ırkı ile çaprazlandığında, heterozigot döl $a_1a_1b_1b_2c_1c_2$ olacaktır. Bu da çevrenin koşullarına göre A_1 ya da B_1 ve B_2 ya da C_1 ve C_2 antijeni üretecektir. Autogami

ile bu bireyler yani $a_1b_1c_1$ ya da $a_1b_2c_2$ (atalar), ya da $a_1b_1c_2$ ya da $a_1b_2c_1$ (rekombinasyon), homozigotlaştırılırsa, çevre koşullarına göre homozigotların dölleri ancak bir tip antijen üretecektir; örneğin $a_1b_2c_1$ bireyi ya A, ya da B_2 ya da C_1 antijeni üretecektir.

Çekirdek kalıtsal bilgiyi taşımasına karşın, plazmaya etki eden çevre koşulları hangi genin aktif olacağını saptar.

7. Terliksi Hayvanda Öldürücü Fenomlar : Bazı terliksi hayvan ırkları (öldürücü), diğer ırkları (duyarlı) için öldürücü olan "Paramecin" diye bir madde salgılar. Bu öldürücü ırklar ile duyarlı ırklar arasında belirli sınırlar içerisinde konjugasyon meydana gelebilir. Bu konjugasyondan sonra antijen taşıyan bireyden yine antijen taşıyan yavrular, duyarlı bireylerden de duyarlı yavrular meydana gelir. Fakat konjugasyonda plazma köprüsü biraz geniş olursa öldürücü özellik kısmen duyarlı bireye aktarılabilir. Dolayısıyla meydana getirdikleri yavrular da öldürücü ırklara ve paramesine karşı dayanaklı olurlar.

SONNEBORN ve arkadaşları, plazma içerisinde kappa (κ) denen bir faktörün bulunduğunu ve bunların hücre bölünmesinde şansa bağlı olarak yavrulara geçtiğini buldular. Bu faktörler DNA için karakteristik olan folgen boyasıyla boyandıklarında 1-3 μ büyüklüğünde görünürler. Gerçekte DNA'az ile muamele edildiklerinde kaybolurlar. Kappa partiküllerini parazit elemanlar olarak kabul etmemize karşın, bulunduğu konukçuya paramesin maddesine karşı dayanıklık kazandırdığını varsayabiliriz.

Diğer taraftan kappa partikülleri kromozomlardaki kalıtsal bilgiye de bağımlılık gösterir. Çaprazlama denemeleri kappa partiküllerinin ancak K genini bulunduran bireylerde replike edildiğini göstermektedir. Kk heterozigot bir bireyin autogomi ile çoğalmasında kk genotipli bireylerin ortaya çıkması mümkündür; kk genotipli bireylerde kappa tanecikleri replike edilemediği için, bölünme sürdükçe daha önce plazmada bulunan kappa miktarı seyrelmeye ve terliksi hayvanlar duyarlı form haline geçmeye başlarlar. Yalnız K geninin bulunması da kappa taneciklerinin oluşmasını sağlamaz. Ancak plazmasında kappa tanecikleri bulunan bir hücrede K geni bulunursa bu replikasyon gerçekleşebilir.

Buna benzer bir plazma faktörü de μ faktörüdür. Konjugasyonda geçtiği duyarlı bireyi öldürür. μ faktörü taşıyan bu ırklara "eş katili" denir.

8. ***Drosophila*****'da CO_2'de Duyarlılık** : Bazı *Drosophila* ırklarında CO_2'de duyarlı bireyler vardır. Bu duyarlılık virüs benzeri, bir partikül (δ-Partikülü) tarafından ortaya çıkarılır. Vücut sıvısının diğer bir bireye enjekte edilmesiyle bu duyarlılık taşınabilir. Fakat dokunmayla herhangi bir taşınma gözlenmemiştir. Enjeksiyondan sonra bir "Karanlık Evre" başlar. Bu evrede herhangi bir enfeksiyon partikülü gözlenmez. Daha sonra δ-Partikülleri çoğalarak "Dengeli Evre"yi oluşturur. Bu evreye ulaşmış dişilerin hepsinin, erkeklerin bazılarının dölleri duyarlı olmaya başlar.

δ-Partikülleri, profajda olduğu gibi davranır. Genç sinekler CO_2'de dayanıklıdır (normal bireylerdeki gibi); fakat yeni bir enfeksiyona da immundurlar. Fazladan δ-Partikülleri meydana getirdikleri yaşlı evrelerinde duyarlı olmaya başlarlar. Bu δ-Partiküllerini polimeraz'ın δ-alt parçacıkları ile karıştırmamak gerekir.

III. KISIM

EVRİM KONUSUNDA FİKİRLERİN GELİŞİMİ

12. BÖLÜM : EVRİM KAVRAMININ GELİŞİMİ

13. BÖLÜM : EVRİM KONUSUNDA BİLİMSEL DÜŞÜNCELERİN GELİŞİMİ

12. BÖLÜM

12. EVRİM KAVRAMININ GELİŞİMİ

Kalıtım ve evrim, canlılığın tanımlanmasında birbiriyle çok yakından ilişkisi olan iki bilim dalıdır. Birini, diğeri olmadan anlamak olanaksızdır. Kalıtım bilimi, döller arasındaki geçişin ilkelerini açıklar. Evrim ise geçmiş ile gelecekteki olayların yorumlanmasını sağlayarak, bugün dünyada yaşayan canlılar arasındaki akrabalığın derecesini ve nedenini ortaya koyar. Evrimsel değişmeler kalıtıma dayalıdır. Çünkü bireysel uyumlar döllere aktarılamaz. Değişikliklerin genlerde meydana gelmesi ve gelecekteki çevre değişimlerine bir ön uyum olarak varsayılması gerekir. Çeşitlenmenin ve gelişmenin değişikliklerle meydana geldiğini savunan bazı tarihsel gözlemlere kısaca göz atalım.

12.1. GÖZLEMLER ve VARSAYIMLAR

Canlıların birbirinden belirli kademelerde farklılıklar gösterdiğine ve aralarında bazı akrabalıkların olduğuna ilişkin gözlemler düşünce tarihi kadar eski olmalıdır. Doğayı ilk gözleyenler, doğan yavrunun ana ve babadan belirli ölçülerde farklı olduğunu görmüşlerdir. Hatta aynı batından meydana gelen yavruların dahi birbirinden farklı olduğu ta o zamanlar farkedilmiştir. Bitki ve hayvanlarda türden başlayarak yukarıya doğru benzerlik derecelerine göre grupların oluşturulduğu (bugünkü anlamda cins, familya, takım vs.) gözlenmiştir. Bu yakınlık dereceleri sıralanmakla beraber, kalıtsal bilgi yeterli olmadığı için tam anlamıyla bir yorum yapılamamış ve en önemlisi bir türün binlerce yıllık tarihsel gelişimi, bir düşünür birey tarafından sürekli olarak gözlenemediği için, evrim, daha doğrusu çeşitlenme ve akrabalık bağları tam olarak tariflenememiştir. Çünkü bir canlının yaşamı süresince bu şekildeki bir farklılaşma kesinlikle gözlenemeyecektir. Bazı hayvan yavrularının, hatta bu yavrular içinde bazılarının yaşama şansının diğerlerine göre büyük olduğu gözlenmiş ve doğal seçme konusunda, bilinçsiz de olsa ilk adımlar atılmıştır. Evrim fikri ancak yakın yıllarda gelişen bilimsel yöntemler aracılığıyla gerçek yatağına oturtulabilmiştir. Daha önceki yorumlar, bilimsel düşüncenin tarihi açısından değerli olmakla beraber, yeterince bilimsel kanıtla donatılmadığı için doyurucu olamamıştır. Evrim, bir gelişimi, bir değişimi ifade eder. Değişken ve sonlu bir evrende, herhangi bir şeyin değişmez ve sonsuz olduğunu düşünmek bilimsel yargıya ters düşer. Evrim kavramı, değişik fikre saygıyı;

bir fikrin her ortamda, her zamanda geçerliliğini koruyamayacağını; yaşayan her şeyin zamanla, kısmen de olsa bulunduğu ortama bağlı olarak değişebileceği fikrini düşünce sistemimize sokmuştur. Dolayısıyla evrim konusundaki eğitim, toplumları yeniliklere açık yapmakla kalmaz, değişik seçeneklerin hepsinin yerine göre saygıdeğer ve değerli olduğu fikrini toplumlara yerleştirebilir. Biz geçmişteki evrim kavramının gelişimini kısaca vermeye çalışalım.

12.2. EVRİM KONUSUNDAKİ İLK YORUMLAR

Elimizdeki bilgilere göre evrim konusundaki gözlemler ve yorumlar çok eskiye dayanmaktadır.

12.2.1. DİN KİTAPLARINDAKİ BİLGİLER

Hemen hepsinde canlıların kökeninin doğaüstü güçlerden kaynaklandığı vurgulanmaktadır. İnsanın meydana getirilişindeki anlatım büyük dinlerde (genellikle yakın ve Ortadoğudan çıkmış dinlerde) hemen hemen aynıdır. Hatta bu yaratılış öykülerini, eski Babil ve Asur yazıtlarında da görmek mümkündür. Her canlının yaratılışı hakkında bir açıklama olmadığı gibi, insanın özel olarak yaratıldığı ve evrende tamamen değişik bir yere sahip olduğu vurgulanmıştır. Gerçi Kuran'da yaratılışın kademeli olduğu söylenmişse de, şimdiye kadar bilinen tüm dinlerde ve inançlarda türlerin değişmezliği ve sabitliği benimsenmiştir. Yalnız bir Türk din adamı, ayrıca astronom ve filozof olan Erzurum-Hasankale'li İBRAHİM HAKKI HZ. (1703-1780) insanların değişik bitki ve hayvanlardan köken aldığını belirtmiştir ve denebilir ki türlerin değişimi konusunda, bilimsel olmasa da ilk fikirler bu şekilde ortaya atılmıştır.

Onyedinci yüzyıla kadar piskopos JAMER USSHER ve diğerlerinin savundukları, türlerin olduğu gibi yaratıldığı ve değişmeden kalıtıldığı fikri, yani **"Genesis"**, geniş halk kitleleri tarafından benimsendi. Piskopos USSHER, bu yorumu İncil'e ekledi ve o günden bugüne birçok kişi tarafından İncil'in özgün bir parçası olarak kabul edilmektedir. USSHER, canlıların yaratılışının M.Ö. 4040 yılında, Ekim ayının sabah saat 9.00'unda olduğunu saptamıştır. Bu tarih gerçekte çok kişi tarafından, uzun yıllar benimsenmiştir. Fakat fosiller bulunmaya ve tarihleri saptanmaya başlayınca bu varsayım da geçerliğini tümüyle yitirmiştir.

Bu dayanaksız yorumdan önce bazı hıristiyan öncüler ST. AUGUSTİN (M.S. 354-430) ve ST. THOMAS AQUİNAS (M.S. 1225-1274), yaşayan canlıların dünyaya basit formlar olarak geldiği ve değişerek çeşitlendiklerini savundular. Bunlar da yaratılışın doğaüstü olduğuna; fakat basit olarak yaratıldığına ve bir değişme gücüyle çeşitlendiğine inanıyorlardı.

Bizim toplumumuzda da Adem'in çamurdan yaratıldığına, Havva'nın onun kaburga kemiğinden meydana geldiğine inanılmaktadır. Bu, belki ilk yaratılışın inorganik olduğunu ve daha sonra eşeyseliğin ortaya çıktığını, dolaylı yoldan anlatmış olabilir.

12.2.2. ESKİ YUNANDAKİ VARSAYIMLAR

M.Ö. 500 yıllarında yaşamış büyük Yunan filozoflarından EMPEDOCLES bitkilerin tomurcuklanma ile çeşitli hayvan kısımlarını meydana getirdiğini ve bu kısımların da koparak bir araya gelip çeşitli hayvanları oluşturduğunu savunmuştur. Bu kombinasyon içinde at vücutlu, insan başlı veya insan vücutlu, at başlı, ceylan bacaklı kombinasyonların çıkması da mümkünmüş. Çevreye uyum yapabilecek kombinasyonlar kalıyor, diğerleri yok oluyormuş. Her ne kadar bu görüş temelde yanlış ise de, en iyi uyum yapan ayakta kalır ilkesi getirilerek, evrimde temel kurallardan birine değinilmiştir.

HERACLİTUS, M.Ö. 570'li yıllarda, tüm canlıların yeni şekillere değiştiğini savunmuştur. Yine Milattan önce altıncı yüzyılda THALES, Ege denizindeki çeşitli canlılar üzerinde çalışmış ve denizin canlılığın anası olduğunu savunmuştur.

ARİSTO, Milattan önce dördüncü yüzyılda yaşamıştır. Yaşadığı bölgedeki canlıları inceleyerek onları gelişmişlik düzeyine göre sınıflandırmıştır. Fakat evrimin ilkelden karmaşığa doğru çeşitlenerek oluştuğuna ilişkin herhangi bir fikir ileriye sürmemiştir. Bunun yerine, o zamanlar inanılan çok tanrılılığın yeryüzündeki ilahi taslakları ve modelleri olduğuna inanmıştır.

12.2.3. FOSİLLERİN BULUNMASI

Fosiller bulunmaya başlayınca geçmişteki canlıların bugünkünden farklı olduğu anlaşılmıştır ve bunu açıklayabilmek için şu sav ileri sürülmüştür: Geçmiş devirlerde her canlı türü, ayrı ayrı olmak üzere, tüm canlılar bir defada yaratılmış, daha sonra bir felaket veya afetle ortadan kalkmışlardır. Bunu takiben tekrar farklı ve yeni canlılar yaratılmıştır. Bilgilerin birikmesiyle fosillerin kesik kesik değil birbirini izleyen jeolojik tabakalarda sürekli ve kademeli değişim gösterdiği bulunmuştur. O zaman felaketlerin birbirini izleyen diziler halinde olduğu savunulmuştur (genellikle 7 defa olduğuna inanılmıştır). Bu kurama göre her defasında yeni canlılar yaratılmıştır. Ondokuzuncu yüzyılın başlarına kadar bilimsel anlamda herhangi bir evrim kavramı gelişmemiştir.

Ondokuzuncu yüzyılın başlarında GEORGES CUVİER, Paris civarındaki kalkerli tortullardan fosil toplamış ve bugünkü hayvanlarla karşılaştırmıştır. Farklı jeolojik tabakalarda hayvanların değişik yapılar gösterdiğini ortaya koyarak, zoolojik sınıflandırmaya fosilleri sokmuş ve yeni bir sınıflandırma yöntemi geliştirmiştir.

G. CUVİER, 1812 yılında ünlü kitabını, "*Recherches sur les Ossmens Fossiles*", yayınlamıştır. Bu, paleontolojinin başlangıç tarihi olarak kabul edilir. İkinci bölümde ondokuzuncu yüzyıldaki diğer fikirleri inceleyeceğiz. Fakat bundan önce evrim kavramına yapılan itirazların neler olduğunu kısaca görelim.

12.3. EVRİM FİKRİNE DİRENİŞLER

İnsanın yapısında yeni düşüncelere direnme eğilimi vardır; bu, evrim konusunda da kendini göstermiştir. Geçmişte ve bugün evrim kavramına birçok karşı koymalar olmuştur. Hatta yerleşmiş tutucu inançları değiştirdiği için, evrim kavramını savunanlar ölüme mahkum edilmiştir. Bu karşı koymalar zamanımızda, değişik ideolojilerin ve dinsel inancın bir parçasıymış gibi varsayılarak, birçok kişi tarafından, herhangi bir dayanağı olmaksızın, sadece doğmatizmin sonucu olarak, hâlâ sürdürülmektedir. Fakat açık olan birşey varsa, bilimsel gözlem ve bulgulara dayanmayan hiçbir düşünce sürekli olamaz. Belki bugün evrim konusunda yanlış yorumlamalar olabilir; ama, gelecekteki bilimsel gelişmelerle bu yanlışlar düzeltilebilir veya eksikler tamamlanabilir; çünkü bilimsel düşüncenin kapısı evrim fikriyle her zaman açık bırakılmıştır. Zaten evrimin özünde, ileriye dönüklük, değişim ve gelişim yatar. Halbuki tutucu düşünce, bilim kapısını kapattığı için yenilenemez ve zamanla tarih içine gömülerek kaybolur. Evrim, var olanı, sabitliği değil; geleceği ve değişimi inceler. Bu nedenle evrim kavramının kendisi de sabit olamaz.

Örneğin, Rusya'da, STALİN, 1940 yılında, bitki islahcısı TROFİM LYSENKO'nun gülünç savını resmi politika olarak benimsediği zaman, bu fikri benimsemeyen birçok değerli genetikci tutuklandı, sürüldü ve bir kısmı da sonuçta öldü. 1950 yılında politika değiştiğinde, eski fikrine bağlı kalanlar için artık çok geçti.

Dinsel baskılar, bu konuda çok daha yoğun ve acımasız olmuştur. Ortaçağda birçok kişi bu nedenle yaşamını yitirmiş veya savundukları fikri geri almaya zorlanmıştır. Haçlı seferleri gibi kanlı savaşlar da yine inanç farklarından doğmuştur. Bununla beraber, özellikle son zamanlarda her dinde bazı liderlerin ve keza bazı dini liderlerin yeni fikirlere açık olduğu görülmüştür. Fakat yine de yeni fikirlerin topluma yerleşmesi büyük çabalarla olmaktadır.

Evrim hakkındaki fikirlerin de büyük itirazlarla karşılanması, özellikle yaratılış konusunda yeni yaklaşımlar getirmesi açısından, bazı dinlere veya din kitaplarına veya yerleşmiş tutucu inançlara ters düşmesi veya en azından bazı kişiler tarafından bilinçsizce ve belirli bir artniyet ile yanlış değerlendirilerek öyle gösterilmesi, yukarıda anlatılan insanın "itirazcı yaratılışı" bakımından doğal sayılmalıdır. Bugün birçok kişi hâlâ eski inançlara bağlı olmakla beraber, evrim kavramı, insanlar büyük emekle yetiştirilip bilimsel düşünceye sahip oldukça ve bu kavram bilimsel verilerle desteklendikçe, ancak o zaman toplumun malı olabilecektir.

12.4. DOĞAÜSTÜ AÇIKLAMALAR

İlk açıklamaların hemen hepsi doğaüstü güçlere dayandırılmıştı. Bugün dahi dünyanın birçok bölgesinde hastalıkların vücuda giren şeytanlar tarafından yapıldığına inanılmaktadır. Bu, mikroorganizmaların bilinmediği bir devrin kalıntısı olarak karşımıza çıkmaktadır. Hastalığın iyileşmesi için şeytanların kovulması gerekir inancı yaygındır; hatta batı dünyasında dahi bugün bu inançta olanlar çoktur. PASTOR,

KOCH, LISTER ve diğer araştırıcılar birçok hastalığın nedeninin mikroorganizmalar olduğunu açıklayınca, şeytanı kovarak geçinen o devrin tıp bilimcileri tarafından gösterilen büyük bir tepkiyle karşılaştılar.

Kuraklık, sel ve diğer doğal afetlerin, tanrıyı veya tanrıları kızdıran adamlar tarafından meydana getirildiğine de uzun yıllar inanılmış ve bu yüzden birçok suçsuz insan hunharca katledilmiştir. Bu nedenle tanrıya hoş görünmek ve onu kızdırmamak için hayvanları, hatta insanları (kurban), yerine göre varlığının bir kısmını (zekat veya sadaka) adamak geçerli yol olarak düşünülmüş ve etkisini bugüne dek sürdürmüştür. Eski Mısır mabetlerindeki bazı kovuklara kızgın tanrıları yatıştırmak için çarpan insan kalbinin konduğu bilinmektedir.

12.4.1. YAŞAMIN KÖKENİ ve GELİŞMESİ HAKKINDA FİKİRLER

İnsanların, olayları doğaüstü güçlerle açıklama eğilimi, özellikle bu konuda birçok yorumun yapılmasına neden olmuş; her din, her toplum kendine göre bir yaratılış kuramı ortaya atmıştır. Eski Hindistanlılar ilk zamanlar dünyada tek bir kişinin olduğuna inanmışlardı. Daha sonra bu yalnız kişinin büyüyerek ikiye ayrılıp erkek ve kadını yaptığı varsayılmıştır. Aralarındaki cinsel ilişkilerle çocuklar doğmuş ve insan toplulukları ortaya çıkmıştır. Zamanla, dişiler erkekten saklanmak için ineğe değişmiş; erkekler ise farkına vararak boğa olmuş ve çiftleşmeye devam etmişlerdir. Böylece dünyadaki sığırlar ortaya çıkmıştır. Daha sonra kısrak olarak gizlenmeyi düşünmüş; fakat erkek farkına vararak aygır olmuş ve böylece at türü ortaya çıkmıştır. Daha sonra dişi, koyun olmuş; erkek farkına varıp koç olmuş ve koyun türü ortaya çıkmış. Bu değişme sürerek tüm hayvanlar yaratılmış en sonunda da karınca oluşmuş. Bu şekildeki dinsel ve toplumsal öyküler süregelmiştir. Bilimsel kanıtlarla doğa yasaları ortaya konmadığından, bu öyküler tartışılmadan yıllarca benimsenerek gelmiştir.

İnandığımız dini kitaplarda Ademin tanrı tarafından çamurdan yaratıldığına, daha sonra kaburga kemiğinden Havvanın oluştuğuna ilişkin bilgiler vardır. Daha sonra her ikisi de yılanın kandırmasıyla yasak elmayı yiyerek dünyaya inmeye mahkum olmuşlardır. Bu dini kitaplarda diğer canlıların yaratılışına ilişkin herhangi bir bilgi yoktur. Son zamanlarda evrim konusundaki bilgiler çoğaldıkça, eski mistik düşünceye bağlı olanlar, insan haricindeki tüm canlıların bugünkü evrim yoluyla çeşitlendiğini kabul etmek zorunda kalmışlardır. Fakat insanın yine özel olarak yaratıldığına inanmaktadırlar. Bu, insanı, diğer canlılardan tamamen farklı görmelerinden ileri gelmektedir. Halbuki görüleceği gibi insan, yapı ve işlev bakımdan diğer canlılardan ayrılamaz.

Doğaüstü açıklamaları benimsemek daha kolaydır. Çünkü çok karmaşık ve mekanik açıklamalara gereksinim göstermez ve insanı evrenin merkezi olarak değerlendirdiği için de çıkarcıdır. Fakat insanı evrenin merkezi durumundan çıkaran evrim kavramı geliştikçe, karşı koymalar da çoğaldı ve bilimsel düzeyde ilk köklü tepkiler CHARLES DARWİN'in yayınından sonra ortaya çıktı.

12.5. YÜZYILIMIZDAKİ KARŞI KOYMALAR

Yüzyılımızın başlangıcından itibaren evrim kavramı ders kitaplarına girmeye başladı ve zamanla biyolojinin vazgeçilmez bir dalı oldu. Fakat özellikle tutucu çevrelerde bu akım şiddetle kınandı ve sonunda Amerika'da, Tennessee'de bir "Maymun Mahkemesi" kurularak evrim kavramı yargılanmaya başlandı. Çünkü insanlar maymundan bir atayı bir türlü hazmedememişlerdi.

12.5.1. SCOPES'un MAHKEMESİ

JOHN SCOPES, 1920 yıllarında Dayton'da Tennessee'de bulunan bir yüksek okulda genç bir öğretmendi. Biyolojide temel bir kavram olan evrimin okutulmasının yasaklanmasına karşı çıktı ve okuldaki memurları toplayarak evrim üzerinde ders verdi. Bu nedenle 1925'de mahkemeye sevkedildi.

Mahkeme halkın ilgisini çekti; binlerce dinleyici bu küçük şehre akın etti. Mahkemenin yapıldığı yer bir sirkti, bir tarafta balonlar vardı, diğer tarafta hediyelik eşyalar; kazanacaklar üzerine müşterek bahisler oynanıyordu. Basın "Allah mı yoksa Goril mi?" diye başlıklar atıyordu. Ünlü kişiler yan tutmaya başlamışlardı. Ünlü avukat, CLARENCE DARROW, Şikago'dan savunma için çağırıldı. Mahkeme başlarken avukat,yargıçların peşin hükümlü olduklarını söyledi. Yargıç, avukatın tanık çağırmasını yasakladı; hatta ilim adamı olsa bile. Birçok kişi (bunların arasında altın sesli orator WİLLİAM JENNİNGS BRYAN da vardı), insanın maymundan geldiği fikri benimsenirse, okul çağındaki çocukların dini inançlarının zayıflayacağını savundu. Daha sonra, çatışma, sosyal ve politik yöne dökülerek, güçlüye yaşama zayıfa ölüm fikrine dönüştü. Sonunda DARROW, tanık olarak BRYAN'ı göstererek onun hatalarını açığa çıkardı. Sonuçta SCOPES suçlu bulunarak 100 dolar para cezasına çarptırıldı. Daha sonra bu yasa ortadan kaldırıldı.

Bugün, evrim,tüm biyoloji kitaplarında, temel kavram olarak verilir ve her yüksek okulda ders olarak okutulur. Evrime aykırı bir dersin okutulduğu ülke yok gibidir. Yalnız 1967'de Kaliforniya'da eğitime yeni bir çerçeve hazırlanırken, Genezise de yer verilmesi savunuldu ve sonuçta din adamları tanrı tarafından yaratılma ile (Genezis), doğa bilimcilerinin savundukları kendiliğinden yaratılış arasında büyük bir çelişki olmadığını açıkladılar.

Özünde, evrim, oldukça yeni bir kavramdır ve zamanla toplum içerisinde yaygınlaşmasını beklemek yerinde olacaktır. Belki son zamanlarda yanlış olarak evrim kavramı belirli ideolojilere bağlanarak bir slogan haline getirilmişse de, evrensel bir düzeneği açıklaması bakımından üzerinde titizlikle durulması gereken bir konudur. Yazarın kişisel inancı, en bağnaz düşüncelerin dahi, evrim fikriyle savunulması ve tüm din adamlarının belirli bir evrim bilgisiyle yetiştirilmesi; dini açıklamaların bugünkü evrim bilgisiyle bağdaştırılarak daha evrensel bir yapı kazandırılması yönündedir. Evrim, inançları küçültücü değil, aksine getirdiği düzeneklerin karmaşıklığı bakımından çok daha yücelticidir.

13. BÖLÜM

EVRİM KONUSUNDA BİLİMSEL DÜŞÜNCELERİN GELİŞİMİ

Ondokuzuncu yüzyıl, bilimsel düşüncenin patlarcasına geliştiği bir dönemin başlangıcı olarak bilinir. Gözlenen olayların nedenini mistik ve spekülatif açıklamalar yerine, bilimsel deneyler ve analizlerle açıklamalar almaya başlamıştır. Sonuç olarak toplumları uzun yıllar etkisi altına alan birçok kavram, temelden sarsılmaya ve yıkılmaya başlamıştır. Bu akım kaçınılmaz olarak evrim ve kalıtımın ilkelerine de ulaşmış ve evrim konusunda birçok yeni fikirler geliştirilmiştir. Biz, burada evrim konusuna damgasını basmış bazı gözde bilim adamlarına yer vermekle yetineceğiz.

13.1. JEAN BAPTİSTE LAMARCK

Ondokuzuncu yüzyılın başlarında J.B. LAMARCK adlı bir Fransız bilgini hayvanları karmaşıklığına göre düzenlemeye çalıştı. Birçok hayvan grubunun basitten karmaşığa doğru, bir ağacın dallara ayrılması gibi, çeşitlendiğini ve gruplara ayrıldığını gördü. Bu gözlem, O'na, evrimle, canlıların gelişebileceği fikrini verdi. Fikirlerini 1809 yılında "*Philosophie Zoologique*" adlı bir eserde topladı. Kitabında, basit canlılardan diğerlerinin nasıl oluştuğunu açıklamaya çalıştı. Her generasyonun çevre koşullarına daha iyi uyum yapabilmesinin nedenlerini araştırdı. Bu, dinsel dogmanın hakim olduğu bir devirde, oldukça köklü bir yaklaşımdı. Bu dönemde Fransa'da bazı idari kargaşalıklar da olduğu için, ileri sürülen bu sava dini liderlerin fazla bir itirazı olmadı.

13.1.1. BİR ORGANIN KULLANILIP KULLANILMAMASINA GÖRE DEĞİŞİMİ

Daha sonra yanlışlığı kesin olarak saptanan evrimsel bir kuramı ortaya attı: "*Eğer bir organ fazla kullanılıyorsa, o organ gelişmesine devam ederek, daha etkin bir yapı kazanır.*" Örneğin, bir demircinin kolları, kullandığı çekiçten dolayı güçlenir; fakat ayaklarını kullanamadığından dolayı gittikce zayıflar. LAMARCK bu ilkeyi, evrimin uyumsal düzeneğinin esası olarak benimsedi. Böylece kazanılmış bir özellik, bireyler tarafından döllere aktarılabiliyordu ve bir demircinin çocuğu kol kasları bakımından, diğerlerine göre daha iyi gelişebiliyordu.

Zürefaları örnek vererek savını desteklemeye çalıştı: Zürefalar, dibi çıplak ve çayırsız olan ortamlarda yaşıyorlardı. Dolayısıyla besinlerini çalıların ve ağaçların yapraklarından sağlamak zorundaydılar. Ağaçların ucuna ulaşmak için bir zorlama vardı ve bu zorlama zürefaların zamanla ön ayaklarının ve boyunlarının uzamasına neden oldu. Her generasyon, boynunu biraz daha uzatarak, sonuçta ayaklarını kaldırmadan 4-6 metrelik yüksekliğe başını uzatabilir duruma geçtiler. LAMARCK'a göre kazanılmış özellikler dölden döle aktarılmaktaydı.

Bu açıklama o zaman için geçerli görüldü. Çünkü kalıtımın yasaları henüz bulunamamıştı. Özelliklerin kalıtım yoluyla geçtiğine dair fazla birşey bilinmiyordu. Daha sonra özelliklerin bireye bağlı olmadan kalıtıldığı bulununca, kuram tümüyle geçerliliğini yitirdi. Doğal olarak her birey çevre koşullarına belirli ölçülerde uyum yapar; fakat kazanılan bu özellikler bireyin ölümüyle birlikte yitirilir. Her generasyon kendi uyumunu, doğduğu zaman taşıdığı genlerin özellikleri içerisinde yapmak zorundadır. Vücut hücrelerinin yapacakları uyum, kalıtsal materyali etkilemeyeceği için, sonradan kazanılmış özellliklerin yavruya geçmesi olanaksızdır.

13.1.2. LAMARCKİZME İLİŞKİN DİĞER ÖRNEKLER

LAMARCK, köstebeklerin atasının yer altında yaşadığını ve gözlerini kullanmadıkları için zamanla görme işlevine gerek kalmadığı ve dolayısıyla birkaç nesil sonra tümüyle gözlerin köreldiğini savunmuştur. Karıncaayısının, dişlerini kullanmadan, besinlerini yutarak aldığı için, dişlerinin köreldiğini ileri sürmüştür. Buna karşılık su kuşlarının birçoğunda, besin, suyun dibinde arandığından, boyun devamlı uzamıştır. Keza yüzücü kuşların parmakları arasındaki derimsi zar da kullanıldığından döller boyunca gelişerek perde ayakları meydana getirmiştir. Hatta daha ileriye giderek, doğan çocukların gözlerinin birinin devamlı çıkarılmasıyla, bir zaman sonra tek gözlü insanların da meydana gelebileceğini savunmuştur. Bütün bu görüşlere karşın iki nesil sonra CHARLES DARWİN kazanılmış özelliklerin kalıtılamayacağını göstermiş ve kalıtsal olan özelliklerin içinde en iyi uyum yapanların ayakta kalabileceğini ortaya çıkarmıştır.

Daha önce BUFFON ve ERASMUS DARWİN, ileri sürdükleri buna benzer fikirlerde ve açıklamalarda pek inandırıcı olamamışlardır. Yukarıda anlatılan hayvanların ve bitkilerin çevrelerine nasıl uyum yaptıklarını açıklayan; fakat yaşantılarında kazandıkları özelliklerin gelecek döllere kalıtıldığını savunan (bugünkü bilgilerimizde yaşamı süresince kazanılan özelliklerin kalıtsal olmadığı bilinmektedir) bu kurama " L a m a r c k i z m " denir. 1887 yılında WEİSMANN tarafından somatoplazma ve germplazma arasındaki kuramsal farklar bulununca, sonradan kazanılan özelliklerin kalıtsal olmadığı ortaya çıktı ve bu görüşe parelel tüm varsayımlar çürütüldü.

13.2. CHARLES LYELL

Rönesanstan önce de, incelenen kabukların, dişlerin, kemiklerin ve diğer hayvan parçalarının bugünkü canlılara benzer tarafları ve farkları saptanmıştı.

Yüksek dağların başında bulunan birçok fosilin bugün denizlerde yaşayan formlarla yakın akrabalıkları vardır. Birçok fosil hayvan grubunun benzeri ise artık yaşamıyordu. Bunun üzerine birçok konuda çalışmış, düşünür ve sanatçı olan LEONARDO DA VİNCİ, bu konuda da doğruya en yakın fikirleri vermiş; canlıların yalnız bir defa yaratıldığını, ama zamanla soylarının tükendiğini savunmuştur. Buna karşılık şekilci düşünen doğa bilimcileri, canlılığın zaman zaman oluştuğunu, ateş, su ve diğer doğal yıkımlarla tamamen yok olup yeniden ortaya çıktığını savundular. Bu şekilde farklı devirlerde, farklı hayvan gruplarının ortaya çıkmasını açıklamaya çalıştılar. Her doğal yıkımın sonunda meydana gelen hayvanların, organizasyon bakımından daha gelişmiş olduğu kabul ediliyordu. Bu teoriye "Katastrofizm" = TufanTeorisi denir.

On sekizinci yüzyılın sonu ile 19. yüzyılın başlangıcında üç İngiliz jeoloğunun çalışmalarıyla katastrofizm kuramı yerine "Uniformitarizm" kuramı getirildi. 1785 de HUTTON, tarihte de bugünkü gibi jeolojik kuvvetlerin rol oynadığını, yükselme ve alçalmaların, erozyonların (aşınmaların) belki de daha kuvvetli olarak meydana geldiğini ve yüksek dağlarda bulunan fosilli tabakalar ile sediman (tabaka = katman) tayinlerinin (tanımlamalarının) yapılabileceğini buldu. JOHN PLAYFAIR'in "Illustrations of the Huttonion Theory of the Earth" adlı yapıtıyla (1802), bu konu daha anlaşılabilir hale geldi.

Bir İngiliz jeoloğu olan CHARLES LYELL dünyanın fiziksel yapısıyla çalıştı ve geçmişte büyük değişikliklerin olduğunu kanıtladı. 1830 yılında yayınladığı "Principles of Geology" kitabında canlıların büyük afetlerle değil, uzun sürede çevre koşullarının zorlamasıyla değişikliğe uğradığını savundu. Kitabının bir pasajında, "*geçmişteki güçler bugünkünden hiç de çok farklı değildi*" diye yazmıştır. Bu şekildeki bir yaklaşım dünyanın bir zamanların afetinden geriye kalan moloz yığını olmadığını ve birçok din tarafından benimsenen Nuh Tufanının gerçek üstü olduğunu savunmasına karşın, kitap oldukça fazla sattı. Bu kitap C. DARWİN'i büyük ölçüde etkiledi.

13.3. CHARLES DARWİN

C. DARWİN, getirdiği yepyeni yaklaşım nedeniyle, evrim biliminin babası olarak benimsenir. Evrim sözcüğü çoğunlukla DARWİN'le eş anlamlı kullanılır ve bu nedenle Darwinizm denir. Biz, DARWİN'in yaşamını diğerlerine göre daha ayrıntılı olarak öğreneceğiz.

13.3.1. YAŞAMININ İLK EVRELERİ VE EĞİTİMİ

DARWIN, 12 Şubat 1809'da İngiltere'nin Shrewsburg şehrinde Dr. ROBERT DARWIN'in oğlu olarak dünyaya geldi. Babası tanınmış bir doktordu ve oğlunun da doktor olmasını istiyordu. DARWIN'in Latince ve Yunanca'ya ilgisi azdı. O, zamanının çoğunu böcek, bitki, kuş yumurtası ve çakıltaşı toplamakla geçiriyordu. Babası, O'nu, 16 yaşında, doktor olsun diye Edinburg Üniversitesine gönderdi. Öğreniminin

ilk yıllarında bayıltılmadan bir çocuğa yapılan ameliyatı gözledi ve doktor olamayacağına karar vererek okulu bıraktı. Hukuk öğrenimi yapmak istedi; fakat bu mesleğin de kendine hitap etmediğini anladı.

Son seçenek olarak babası O'nu Kambriç Üniversitesine dini bilimler (teoloji) öğrenimi yapmak için gönderdi. Orayı yeterli bir derece ile bitirdi. Fakat O'nun esas ilgisi başka bir konudaydı. DARWIN'in Edinburg'daki arkadaşlarının çoğu zooloji ve jeoloji ile ilgileniyordu. Zamanının çoğunu botanikçi arkadaşı JOHN HENSLOW ile araziye gidip kınkanatlıları toplamakla geçirmeye başladı. Bu arada LAMARCK'ın çalışmasını ve kendi büyük babasının yazmış olduğu "Zoonomia" adlı şiir kitabını okudu. Kitaplarda geçen "*canlılar belki tek bir soydan türemiştir*" cümleciğini benimsedi; fakat genel olarak kabul edilen özel yaratılma fikrine de bağlı kaldı.

Bu arada bir İngiliz gemisi H.M.S. Beagle, denizcilere harita yapmak için, güney Amerika'yı yakından tanımış kaptan ROBERT FITZROY'un yönetiminde, dünya turu yapmak üzere beş sene sürecek bir sefere hazırlanıyordu. Kaptan, daha önce güney Amerika'daki alışılmamış jeolojik yapıyı gözlemiş ve bu nedenle gemisine bu jeolojik yapıyı gözleyebilecek ve açıklayabilecek iyi yetişmiş bir doğa bilimcisini almak istiyordu. DARWIN, babasının itirazına karşın, arkadaşı HENSLOW'un ikna etmesiyle bu geziye çıkmayı kabul etti. 27 Aralık 1831 yılında, 22 yaşındaki DARWIN, Beagle'nin güvertesinde, Devonport limanından denize açıldı.

13.3.2. BEAGLE İLE YOLCULUK

DARWIN, LYELL'in kitabının bir kopyasını yanına almıştı ve bu yolculuk sırasında okudu. Dünya yüzünün devamlı değişme fikrinden büyük ölçüde etkilendi. İlk olarak Cape Verde adasındaki Praia limanına uğradılar. DARWIN, buradaki bir yarda (uçurum gibi kesilmiş), bugün deniz dibinde yaşayan canlılarınkine benzer birçok hayvan kabuğunun gömülü olduğunu gördü. Bu yerin bir zamanlar deniz dibinde olduğu ve daha sonra lavla örtülerek, yükselip deniz üzerine çıktığı açıktı.

Gemi, güney Amerika'ya ulaştığı zaman, DARWİN buradan çok çeşitli bitki ve hayvan topladı. Fakat Arjantin Pampas'larına ulaşıncaya kadar, dölü tükenmiş büyük memeli fosili bulamadı. Burada *Toxodon* denen fil büyüklüğünde; fakat kemiriciler gibi dişi olan büyük bir memeli; diğer bölgelerde dev bir armadillo, dev bir tembelhayvan ve bir *Mastodon* fosili buldu. Bu sırada, DARWİN, daha önce inandığı özel yaratım fikrine karşı kuşku duymaya başladı. Geçmişte bazı hayvanların yaşayıp şimdi yok oldukları ve yerlerine yeni türlerin geldiği açıktı. Daha sonra şunları yazdı: Dünyanın üzerinde yaşayan canlıların, uzun sürede zaman zaman yaratıldığına dair kanıt yoktur.

DARWIN, hayvanlardaki varyasyonlara da dikkat etti. Geniş bir populasyonda, uçamayan devekuşuna benzer kuşların (*Rhea*) bölgeler arasında farklar gösterdiğini gözledi. Her populasyon, uzaklığa bağlı olarak diğerinden farklı özellikler gösteriyordu. O zaman bu kuşların ortak bir atadan geldiğini ve coğrafik ayrılmalara bağlı olarak birbirinden farklılaştığını varsaydı.

1832 yılının Kasımında, Beagle, Tierra del Fuego olarak bilinen güney Amerika'nın fırtınalı ucuna ulaştı. Sıcaklık sıfırın altında olmasına karşın, oradaki yerlilerin çıplak ayakla dolaştığını ve yalnız omuz kısımlarını deriyle örtüklerini ve bir kadının çıplak olarak çocuğuyla beraber sulusepkende saatlerce durduğunu gözledi ve şu sonucu çıkardı: İnsan da dahil, yaşayan tüm canlılar, çevrenin aşırı koşullarına rağmen uyum yapabilme yeteneğindedir.

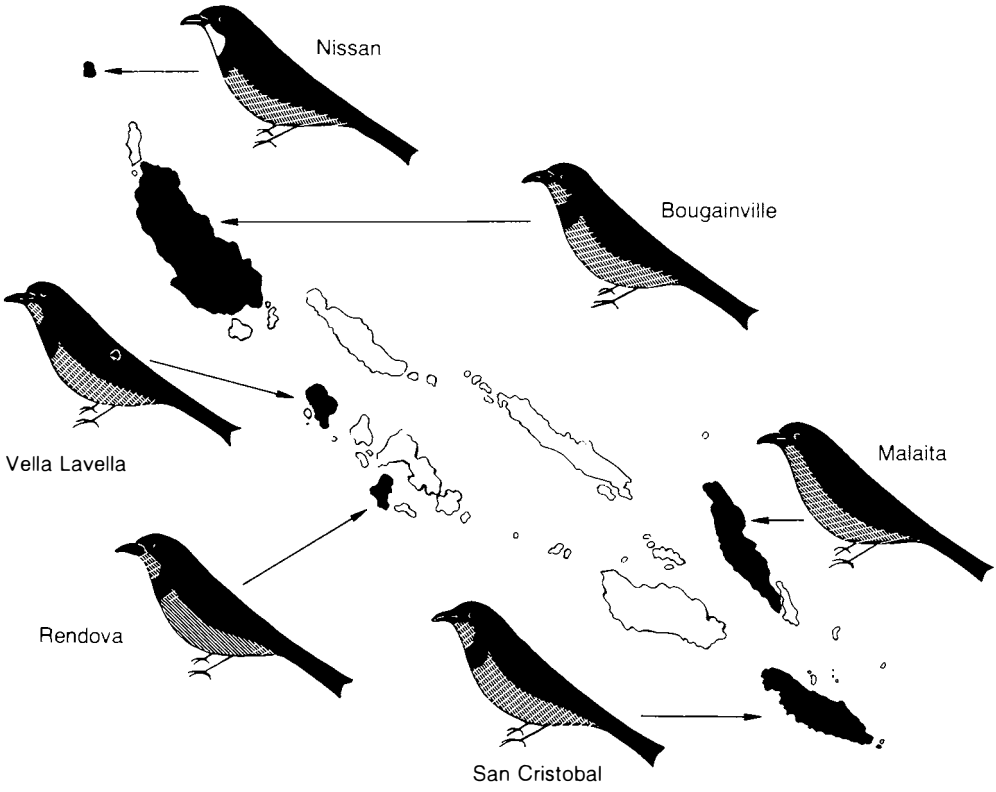
Gemi, Good Hope burnunu dolaşarak güney Amerika'nın batı kıyılarından kuzeye doğru yelken açıp Şili sahillerinde duraklar yaparak yol almaya başladı. Birgün yaya olarak yürürken, altındaki toprakların sarsıldığını ve büyük bir depremin yeryüzündeki yaptığı değişiklikleri not etti. Bu şekilde deniz dibinin su üzerine, karaların ise deniz içerisine gömülebileceğini canlı olarak gözleyebildi. Fosillerin nasıl olup da yeryüzüne çıktığını böylece öğrenmiş oldu. Geçmişte bu tip birçok yer hareketinin, bu bölgeyi coğrafik yapısı bakımından büyük ölçüde değiştirdiğini düşündü.

1835 Eylülünde, Beagle, ekvatorda, güney Amerika kıtasının 1000 km. kadar batısında bulunan Galapagos adalarına ulaştı. İlk bakışta çok ıssız görünen bu adalarda, evrimsel uyuma çok iyi örnek oluşturan birçok canlı buldu. Güney Amerika'da bulunan hayvanlara benzeyen; fakat onlardan belirli derecelerde farklılaşmış birtakım canlılar gördü. Her ada, kendi koşullarına uyum yapmış, birbirinden belirli derecelerde farklılaşmış canlıları taşıyordu. DARWIN, güney Amerika'dan ayrılan yüzen enkaz veya artıklarla, bu adalara ulaşan pek az canlının zamanla bu adadaki koşullara uyum yaparak farklılaştığı sonucuna vardı. Daha sonra bu ana merkezlerden ayrılan gruplar da yakınlardaki adalara ulaşarak, yine ayrıldığı zaman süresine orantılı olarak farklılaşmaya uğramıştı.

Her adada, kural olarak iyi uçucu olmayan, en azından bir adadan diğerine uçarak ulaşamayan, bir çeşit ispinoz kuşu yaşıyordu. Bu kuş populasyonları, yaşadıkları koşullara göre farklılaşmaya uğramıştı (Şekil 13.1). Bulunduğu adada böcekle beslenenler, ağaç kabuklarından böcekleri çıkarmak için ince uzun gagaya; diğer bir adada tohumla beslenenler ise kalın ve kısa gagaya sahipti. Ayrıca renkleri de bulunduğu adanın renklenmesine uyum yapmıştı. Bu kuşlar bugün "**Uyumsal Açılım**" dediğimiz evrimsel bir kurala en iyi örneklerdendir.

Adalardan birinin yöneticisi, DARWIN'e, dev kaplumbağalara bakarak hangi adadan geldiğini söyleyebileceğini söyledi. Başlangıçta bu açıklama DARWIN'in dikkatını çekmediyse de, daha sonra birbirinden yalnız 70-80 km. ile ayrılan ve toprak yapısı, iklimi, yüksekliği bakımından hemen hemen tamamen aynı olan bu adalardaki hayvanların birbirinden, uzaklık ve zamana göre nasıl dereceli farklılaştığını ilgiyle izlemeye başladı.

İguana'lar diğer ilginç bir gruptu. Bu büyük kertenkeleler, 70-100 cm. kadar uzunlukta ve dinozorların görünüşündeydi. DARWIN bu hayvanların kıyılardaki volkanik kayalıklarda yaşayanlarının deniz dibine dalarak otlarla beslendiğini; iç taraflarda yaşayan türünün de kaktüs ve diğer kara bitkilerini yediğini gördü. DARWIN bunlar



Şekil 13.1: Coğrafik yalıtım (izolasyon). Solomon adalarında. *Pachycophala pectoralis* denen kuşun alttür düzeyinde farklılaşması.

hakkında da "her iki tür yapı ve görünüş bakımından aynı görünmekle beraber, birinin diğerinden evrimle farklılaştığını" yazdı.

Beagle, dünya etrafındaki turuna devam etti; diğer Pasifik adalarına; Yeni Zellanda, Avusturalya ve güney Afrika kıyılarına da uğradı. Tüm bu süre içerisinde, DARWİN, her yerde evrimsel uyumu destekleyecek kanıtları titizlikle topladı. 2 Ekim 1836'da, ayrılışından beş yıl sonra İngiltere'ye ulaştı. DARWİN, vardığı sonucu, yeterince kanıt toplayamadığı için yazmanın erken olacağını düşünüyordu.

13.3.3. İNGİLTERE'DEKİ GÖZLEMLERİ

DARWİN, ileri süreceği fikrin yankı uyandıracağını, dolayısıyla tüm dünyanın inanması için yeterince kanıt toplanması gerektiğini biliyordu. Bir şey canını sıkıyordu. Bütün kanıtlar canlılığın evrimsel işleyişini göstermekle beraber, nasıl çalıştığı konusunda herhangi doyurucu bir açıklama yapılamamıştı. Güvercin yetiştiricilerini ziyaret ederek, onların seçme yoluyla nasıl yeni özellikler elde ettiklerini öğrendi. Örneğin bir yetiştirici büyük kuyruklu bir güvercin yetiştirmek istiyorsa, yavrular arasında bu özelliği gösteren yavruları seçerek seçime devam ediyordu. Birkaç döl son-

ra da gerçekten büyük kuyruklu güvercinler elde ediliyordu. Buradaki evrimsel süreç, yapay seçme ile sağlanıyordu. Diğer hayvan ve bitki islahı çalışmalarını ve yabani formların gösterdiği çevre koşullarına uymayı da dikkatlice not etti. Darwin bu düşüncelerini, 20 yıllık bir çalışmanın sonucu olarak, "Origin of Species = Türlerin Kökeni" adlı bir kitapta topladı.

DARWIN'e yapay koşullar altında yapılan bu seçmenin, doğal koşullar altında da yapılabileceği fikri mantıki geldi. Bir türün tüm üyelerinin aynı uyumu gösteremeyeceğini de anlamıştı. Çünkü topladığı canlılar içinde, aynı türe bağlı bireylerin gösterdikleri varyasyonları not etmişti. Doğanın güçleri, bu bireyler içerisinde o ortamda yaşayabilecek özellikleri taşıyanları yaşatma, daha doğrusu yaygın duruma geçirme yönündeydi.

1838'in Ekim ayında THOMAS MALTHUS'un 1798 yılında yazdığı "An Essay on the Principles of Population = Populasyonun Kuralları Üzerine bir Deneme" adlı bir makaleyi okurken, evrimin ikinci önemli bir işleyişini düşünmeye başladı. Bu makale, tüm türlerin, sayılarını sabit tutacak düzeyden çok daha fazla yavru meydana getirme yeteneğinde olduğunu savunuyordu. Açıkça yavruların büyük bir kısmı yaşamını sürdüremiyordu. MALTHUS, bu kavramı insana uygulamıştı ve insanların geometrik olarak çoğalmasının, savaş, hastalık, kıtlık ve diğer afetlerle belirli bir düzeyde tutulduğunu savunmuştu.

DARWIN, evrim sorununun açıklanamayan bir işleyişini MALTHUS'dan esinlenerek ortaya çıkardı. Tüm türler gerekenden fazla ürüyorlardı; bunların içerisinde başarılı olan varyasyonlar uyum yaparak ayakta kalıyordu. Bu varyasyonlar, özünde, gelecek için seçeneklerin doğmasını sağlıyordu.

Biz tekrar DARWIN'in Türlerin Kökeni adlı yapıtına dönelim. Bu çalışmada iki gerçek ve üç varsayım ortaya çıkmıştı.

Gerçekler:

1. Tüm organizmalar, gereğinden fazla yavru meydana getirme yeteneğine sahiptirler. Bununla beraber elemine edilenlerle populasyonlarda denge sağlanmaktadır.

2. Bir türün içerisindeki bireyler, kalıtsal özellikleri bakımından farklıdır.

Varsayımlar:

1. Yavruların çoğu ayakta kalabilmek için bir yaşam kavgası vermek zorundadırlar.

2. İyi uyum yapacak özellikleri taşıyan bireylerin çoğu yaşamını sürdürür; iyi uyum yapabilecek özellikleri taşımayanlar ortadan kalkar. Böylece istenen (çevre koşullarına uyum sağlayacak) özellikler kalıtsal olarak gelecek döllere aktarılır.

3. Çevre koşulları bir bölgede diğerinden farklı olduğundan özelliklerin seçimi her bölgede ve koşulda farklı olmak zorundadır. Canlılardaki varyasyonlar bu şekilde

uzun süre saklanabilir ve yeterli bir zaman süreci içerisinde yeni türlere dönüşebilir.

Bu, çok çarpıcı bir varsayımdı ve DARWIN, bu savın desteklenmesi için yeterince kanıta da sahipti. Fakat eserini yayınlamaktan hâlâ çekiniyordu. Hatta düşüncesini arkadaşlarına açtı ve arkadaşları, O'nu, bu konuda daha ileri gelişmeleri beklemeden şimdiki durumuyla yayınlamasını istediler. O, ayrıntılı verilmiş dökümanlarla hazırlanmış dört bölümlük bir yayın planlamıştı.

13.3.4. ALFRED WALLACE'IN ETKİSİ

1858 yılında bir gün, DARWIN, sekiz yılını Malaya, dört yılını Amozon'un ormanlarında geçirmiş, bir doğa bilimcisi olan arkadaşı ALFRED WALLACE'den basılmamış bir yayın taslağı aldı. WALLACE, bu bölgelerdeki hayvansal yaşamı gözlemiş ve DARWIN ile aynı yargıya varmıştı. Bu taslağın ismi "On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from the Original Type = Orijinal Tipten Belirsiz Olarak Ayrılan Varyetelerin Eğilimi". Bu kısa makalede, DARWIN'in yıllarını vererek bulduğu sonuç, yani canlıların yavaş yavaş değişme kavramı açıklanmaktaydı. WALLACE, bu taslağı DARWIN'e okuması ve değerli görüyorsa yayınlatması için göndermişti. Bu, çok üzücü ve acı bir durumdu. DARWIN, WALLACE'ın eserini yalnız onun ismiyle bastırtmak istediyse de, arkadaşları kendi fikirleriyle birleştirmek suretiyle WALLACE'ın çalışmasını ortak bastırmasına ikna ettiler ve 1 Temmuz 1858'de, Londra'da Linnean Society'e basılmak üzere her iki makale de teslim edildi. Yayınlanmadan duyulan bu fikirler büyük tepkilere neden oldu. Sonuçta bunlar 24 Kasım 1859'da "On the Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life = Doğal Seçme ya da Yaşam Savaşında Başarılı Irkların Korunmasıyla Türlerin Kökeni" adı ile 1250 adet basıldı. Kısaltılmış ismi "Origin of Species = **Türlerin Kökeni**" oldu.

İlk gün tümü satıldı ve hemen yeni baskı yapıldı. Herkes evrim konusunda devrim yapan bu kitabı okumak istiyordu. DARWIN, uysal bir adamdı ve tepki yaratmak istemiyordu. Bu nedenle kitabının son cümlesini Tanrısal bir yaratılış fikrini benimsediğini yazarak bitiriyordu. "*Tanrı tarafından ruh verilmiş bir ya da pek az basit formdan, dünyada var olan fiziki güçlerle çeşitlenmeler ortaya çıkmış ve çok sayıda mükemmel, güzel yaratıklar gelişmiştir*".

13.3.5. TEPKİLERİN DOĞUŞU

DARWIN, o devirdeki insanların çoğunun, insanın diğer varlıklardan farklı olarak yaratıldığına inandığını biliyordu. Bu nedenle insan evrimine atıftan ve değinmekten kaçındı. Fakat tüm yaşam formları için aynı yasaların geçerli olduğunu da belirtti. Yayınının son bölümünde bir cümle insanla ilgiliydi "*İnsanın kökeni ve tarihi için*

daha fazla aydınlanmak gerekecektir". Bu, bir karşı koyma akımını başlatmak için yeterliydi. Gazeteler, dergiler, dini liderler ve hatta birçok bilim adamı dini bir belgeye karşı geliniyor diye birleştiler. Hatta kitabıyla DARWİN'e çok yardımcı olan LYELL, insanı dört ayaklı hayvandan daha aşağıya indirdiği için bu kitabın fikirlerine karşı koydu. Beagle'nin kaptanı FİTZROY bir toplantıda İncil'i sallayarak gerçek ve şaşmaz önderin İncil olduğunu söyleyip, güvertesinde DARWİN'in yerine bir engerek yılanını tercih edeceğini söyledi. 1860'ın Haziranında 700'den fazla insan, bilimsel bir amaç için toplanarak DARWİN'in yapıtını yeren konuşmaları dinledi. Geniş bir dini bilgiye sahip Oxford piskoposu SAMUEL WİLBERFORCE, aşağlatıcı sözlerle DARWİN'in savını yerdi. DARWİN, bu tartışmaya karışmak istemediğinden, toplantıya katılmamıştı. THOMAS HUXLEY, atılgan bir bilim adamıydı ve şiddetle DARWİN'i savunmaya başladı. WİLBURFORCE, HUXLEY'e dönerek "*senin büyük annen ve büyük baban bir maymundan mı gelmedir?*" diye sordu.

HUXLEY, o zaman ayağa kalktı ve DARWİN'in savunmasındaki kanıtları gösterek WİLBURFORCE döndü ve "*eğer bu soru bana yönetildi ise, ben, bilimsel bir tartışmaya, sahip olduğu yetenek ve olanaklarıyla, alayı sokan bir insana karşı, maymun bir atayı tercih ederim. Kuşkusuz tercihimi maymun için yaparım*" dedi. Böylece tartışma sonuçsuz kaldı ve etkisini zamanımıza kadar da sürdürdü.

DARWİN, araştırmalarına devam etti. Yaşamın dünya yüzüne kuşların ayağıyla nasıl dağıldığını gösterebilmek için bitki tohumları ve döllenmiş hayvan yumurtaları ile gözlemler yaptı. Daha sonra insan evrimi konusundaki görüşlerini daha fazla tutmanın ve saklamanın gereği olmadığına karar vererek 1867'nin Şubatında "The Descent of Man and Selection in Relation to Sex = İnsanın Oluşumu ve Cinsiyete Bağlı Seçme" adlı eserini yayınladı. DARWIN, bu eserinde insanın diğer memelilerden morfolojik, fizyolojik ve psikolojik olarak farklı olmadığını savunuyordu. Çünkü insan da diğer canlılara uygulanan evrim yasalarına bağlıydı. Doğal olarak, insan zekasının diğer primatlardan farklı olduğunu; fakat bu farkın bir manyak ile NEWTON'un zekası arasındaki farktan farklı ve fazla olmadığını da ileri sürmekteydi. Bu kitap, keza, türlerde belirli özelliklerin oluşması için eşeysel seçmenin önemini de açıklıyordu.

Her ne kadar "*İnsanın Oluşumu*" adlı yayın birçok tepkiye neden olduysa da, zamanla, biyolojideki yeni gelişmeler ve bulgular, özellikle kalıtım konusundaki bilgilerin birikmesi, DARWİN'in varsayımının özünde doğru olduğunu kanıtlamıştır.

13.3.6. DARWİN'İN KURAMINA KARŞI BİLİMSEL İTİRAZLAR

İnançlara dayalı karşı koymanın yanı sıra, bilimsel gözlemlere dayalı itirazlar da yükselmeye başlamıştı. Bu itirazlardan biri, yaşamın çok karmaşık olduğu ve doğal seçme ile bu karmaşıklığın kazanılamayacağı yönündeydi. Düşünülemeyecek kadar şansa bağlı olay bugün dünyada yaşayan karmaşık canlıların oluşması için etki etmek zorundaydı. Fakat daha sonra, canlıların ortaya çıkışından şimdiye kadar geçen

ortaya çıkması için zaman kaçınılmaz bir koşuldu. Ayrıca bir değişikliğin bir canlıda ortaya çıkması milyonda bir olasılıkla kabul edilse de, milyonlarca canlıda bir değişikliğin ortaya çıkması çok daha kolay görünmektedir. Milyarlarca yıl, sayısız canlı, evrimsel gelişmeye küçük katkılarda bulunsa da, sonuçta karşımıza inanılmaz bir değişiklik yığını çıkmaktadır.

Diğer bir itiraz, DARWIN zamanında da benimsenen karışık kalıtım fikrine dayanıyordu (kalıtımın tarihçesine bkz I). Kalıtsal materyalin karışarak yavrulara geçtiğine ve bu şekilde gelecek döllere iletildiğine inanılıyordu. O halde iyi özellikler ile iyi olmayan özellikler çiftleşme ile karışınca, iyi özelliklerin yoğunluğu gittikçe azalacaktı ve bir zaman sonra da kaybolacaktı. DARWIN, açıklamalarını kalıtsal özelliklerin vücut parçalarından geldiğine inanan Pangenezis kuramı ile yaptığı için hataya düşmüştü. Bugün genlerin birim olarak kaldığı ve bir suyun karışması gibi sulandırılamayacağı bilindiğinden, yapılan itirazlar da geçerliliğini yitirdi.

Üçüncü bir itiraza yanıt vermek oldukça zordur. Karmaşık bir organın, yarar sağlasa da birden oluşması nasıl olmuştur? Örneğin, omurgalılardaki gözün merceği, retinası, optik siniri ve görmek için etkili olan diğer kısımları birden nasıl oluşmaktadır? Çünkü doğal seçme, görme sinirinden ayrı olarak retina üzerinde seçici olamaz. Mercek oluşsa dahi retina olmadan anlam taşımaz. Görme için tüm yapıların beraberce geliştirilmesi kaçınılmazdır. Ayrı ayrı geliştirilen kısımlar kullanılmayacağı için hem anlamsız olacak hem de belki zamanla ortadan kalkacaktır. Aynı zamanda hepsini birden geliştirmek de tahmin edilemeyecek kadar küçük olasılıkların bir araya gelmesini gerektirmektedir. DARWIN, bu gelişmenin küçük adımlar şeklinde, odaklanmış bir görüntünün oluşmasına bağımlı olmadan meydana geldiğini varsaymıştır. Birçok basit hayvan, vücudunun ön kısmında, başında, ışığa duyarlı leke taşır; bu leke zamanla gelişerek karmaşık gözü yapmıştır (Şek. 5.7). Gerçekte omurgasızlarda görme siniri, retina ve mercek bağımsız olarak gelişir (Şek. 5.8). Bu durumu mürekkepbalıklarında ve ahtapotlarda görmek olasıdır.

DARWIN, Amozon'da yaşayan elektrikli yılanbalığı gibi bazı balıkların, korunmak için nasıl elektrik ürettiğini örnek olarak aldı ve doğal seçmenin bu yönde nasıl etkin olduğunu açıklamaya çalıştı. Birçok balık şok meydana getiremeyecek kadar zayıf elektrik üretir. Başlangıçta bu zayıf elektrik üretimi, çamurlu su diplerinde bir çeşit radar gibi yolunu bulmada kullanmak içindir. Büyük bir olasılıkla bazı balıklar bu elektrik üretimini geliştirerek korunmak için kullanmaya başlamıştır ve doğal seçme elektrik üretiminin güçlendirilmesi yönündedir.

Çok yakın bir zamanda, İngiliz biyomatematikcisi R.H. FİSHER, çok uzun bir zamanda ve sayısız denecek kadar bireyin bulunduğu bir ortamda, karmaşık organların ortaya çıkma şansının büyük olduğunu hesaplamıştır.

Diğer bir itiraz, fosil kayıtlarındaki eksikliklerdir. Örneğin, balıktan amfibiye, amfibiden sürüngene, sürüngenden memeliye vs.'ye geçişlerde bazı geçiş fosilleri bulunmakla beraber, bazılarında bu bağlantı eksiktir. Bazen bu bağlantı, fosil olarak

değil de canlı olarak halen bulunmaktadır. Fakat fosil çalışmaları ilerledikçe bu eksik bağlantıların bir kısmı açığa çıkarılmaktadır.

En son itirazlardan biri de termodinamiğin ikinci yasası "maddelerin düzensizliklerini artırma eğilimi" na dayanılarak yapılmaktadır. Bazıları, bu yasayı, türlerin daha iyiye gitmek için yaptıkları kalıtsal değişikliğin, doğada tahrip edici olacağını ve bu nedenle bir türün evrimsel gelişimini yönlendiremeyeceği şeklinde yorumlamaktadır. Fakat canlılar açık sistem olduklarından, devamlı bir düzeni sağlayabilmeleri için sabit enerji girdilerinin olması gerekir. Bu nedenle termodinamiğin ikinci yasası uygulanamaz.

Sonuç olarak, bugün biyoloji dalında belirli bir bilgiye sahip olan herkes evrim kavramını benimsemektedir. Bununla beraber pürüzsüz bir açıklama, eldeki kanıtların yetersiz olması nedeniyle olanaksızdır. Ancak evrimde rol oynayan düzenekler ve işleyiş tarzı kuşku götürmeyecek şekilde açıktır. Fakat binlerce yılın kötü bir tortusu olarak toplumlara yerleştirilmiş doğmatik düşünce bugün dahi etkisini göstermekte ve evrim kavramına değişik açı ve nedenlerle zaman zaman karşı çıkılmaktadır.

IV. KISIM

EVRİMİ DESTEKLEYEN KANITLAR

14. BÖLÜM : EVRİMİ DESTEKLEYEN KANITLAR

1. Paleontolojik Kanıtlar
2. Sınıflandırmadan Elde Edilen Kanıtlar
3. Morfolojiden Elde Edilen Kanıtlar
4. Embriyolojiden Elde Edilen Kanıtlar
5. Karşılaştırmalı Fizyolojiden Elde Edilen Kanıtlar
6. Karşılaştırmalı Biyokimyadan Elde Edilen Kanıtlar
7. Genetik ve Sitolojiden Elde Edilen Kanıtlar
8. Evcilleştirme Yolu ile Elde Edilen Kanıtlar
9. Organizmaların Coğrafik Dağılımından Elde Edilen Kanıtlar
10. İnsan Kanının Kalıtsal Yapısı ve Evrimsel Önemi

14. BÖLÜM

EVRİMİ DESTEKLEYEN KANITLAR

Bir insanın ömür uzunluğunu göz önüne alırsak canlıların evrimsel değişimini incelemek olanaksızdır. Bu nedenle canlılığın ortaya çıkmasından bugüne kadar meydana gelen değişimleri incelemede biyoloji ve diğer doğa bilim dallarından yararlanılır. Evrim konusunda bilgisi az olanları aydınlatabilmek ve onları bir evrim kavramına inandırabilmek için en çok kullanılan yöntem bu kanıtlardır.

14.1. PALEONTOLOJİK KANITLAR

Eski devirlerde yaşayan canlıların kalıntılarının bulunması, sınıflandırılması, dağılımı, yoğunluğu ve yaşantılarına ilişkin yorumlarıyla uğraşan bilim dalına 'P a l e o n t o l o j i' denir. Kalıntılara da latincede kazmak anlamına gelen 'F o s i l' deyimi kullanılır.DARWIN'e evrim fikrini veren ilk kanıtlar fosillerin gözlenmesiyle ortaya çıkmıştır. Fosiller (taşıllar) bugünkü canlılar arasındaki akrabalık ilişkilerini ortaya çıkarması ve gelişimin hangi yönde olduğunu göstermesi bakımından çok önemlidir. Fosiller sadece canlıların sert kısımlarını (kemik, diş, kabuk vs.) değil, aynı zamanda çeşitli organlarının ve yaşantıları ile ilgili izleri taşıyan kalıpları da kapsamı içine alır. Genellikle bir hayvana ait tüm bir fosil bulmak olanaksızdır. Vücut parçalarının şekline göre, yaşam çeşidi hakkında yorumlar yapılabilir. Örneğin çenenin yapılışından hayvanın nasıl beslendiğini; ayaklarının yapılışından hareket biçimini öğrenebiliriz.

En gözde ve kullanışlı fosil, omurgalılara ait iskelet kalıntılarıdır. Kemiklerin şeklinden, üzerindeki kas bağlantılarından hayvanın nasıl durduğu ve nasıl hareket ettiği anlaşılabilir.

14.1.1. FOSİL OLUŞUMU

Fosil oluşumunda en önemli ve en çok fosil bulunan ortam, özellikle ince partiküllerden oluşmuş, killi ve çamurlu ortamdır. Bu çamurun içine herhangi bir şekilde düşmüş (otokton fosil) ya da sürüklenmiş (allokton fosil) canlının etrafındaki elementler sertleşince, gerçek bir kalıp çıkar. Daha sonra canlı, çok defa çürümeyle ortadan kalkar; fakat kalıbı devamlı olarak kalır. Bu kalıbın içerisine daha sonra mine-

raller dolarsa tekrar bir kalıp alınarak, canlının genel hatlarını verecek bir mülaj ortaya çıkar. Vücut parçaları değişik mineralli sularla veya sadece minerallerle dolarsa, buna taşlaşma denir. Demir, kalsiyum ve silis en belirli taşlaştırıcı minerallerdir. Bu taşlaşma bazen o kadar mükemmel olur ki, anatomik incelemeler dahi yapılabilir. Örneğin 300 milyon yıl önce taşlaşmış bir köpekbalığının kas lifleri ve kaslarındaki bantlar dahi görülebilir. Bu taşlaşmaya en güzel örnek Arizona'daki taşlaşmış ormandır. Taşlaşmanın ve fosilleşmenin en iyi örneklerini kemikli hayvanlarda ve kabuklu canlılarda görmekteyiz. Yürüyüş ve yaşam tarzını açıklayan ayak izlerinin, aldığı besinin kalitesini veren boşaltım artıklarının ve çoğalması konusunda bilgi veren yumurtaları (bir yumurtanın içerisinde dinozor yavrusunun fosili bulunmuştur)'nın fosilleri de bizim için önemli kanıtlardır.

Lavlar da fosil yapıcı iyi bir kaynaktır. Yanardağların patlamasıyla ortaya çıkan zehirli gazlar birçok canlıyı öldürürken, lavlar da (kısmen soğumuş olanları) bunların üzerini örterek fosilleştirir. Canlıların içerisindeki su, lavların kısmen soğuyarak bir kalıp meydana getirmesini sağlayabilir. Ayrıca belirli derinliklerde toprak içerisinde bulunanları da bir çeşit fırınlayarak pişirir. Vezüv yanardağının meydana getirdiği lavlar içerisinde, bu tip fosillere rastlanmıştır. Keza volkanik tozlar da çok iyi bir saklayıcıdır.

Los Angeles'da bulunan asfalt çukurları da bu fosillerin saklanması bakımından çok iyi bir örnek oluşturur. Buraya düşen milyonlarca hayvan çok iyi konserve edildiğinden, vücutlarının en ince kısımları bile saklanmıştır.

Özellikle iğne yapraklı ağaçların çıkardığı reçine, kehribar ve diğer bitkilerin meydana getirdiği amber gibi birçok konserve edici maddelerin içerisine düşen küçük organizmalar, özellikle böcekler, çok iyi saklanmıştırlar.

Sibirya ve Alaska'da tarih öncesinde yaşayan 50'den fazla Mamut fosili bulunmuştur. Buzların içerisinde (en az -35°C) bulunan bu tüylü mamutların (en az 25.000 yıl önce yaşamış) etleri bugün dahi yenebilmektedir.

14.1.1.1. *Fosillerin Yorumlanması*

Fosiller genellikle jeolojik katmanlar (sedimanlar) içerisinde bulunur ve bu nedenle kural olarak en alttaki katmanlarda bulunan fosiller üstekilerden daha yaşlıdır (eğer büyük bir kıvrılma hareketi meydana gelerek ters dönmemişse). Yer hareketlerinin az olduğu bölgelerde en ilkelden en gelişmiş canlılara ve dipten üste doğru bir seri fosil kalıntısı görmek olasıdır. Fakat fosil çalışmalarında biraz dikkatli davranmak gerekir. Çünkü zamanla yer yüzüne çıkan eski katmanların içerisinde bulunan fosiller yeni katmanlardakileriyle karışabilir. Her ne kadar fosiller, bugün jeolojide yaş saptanması için büyük ölçüde kullanılmakta ise de, daha emin bir sonuca ulaşmak için diğer yaş saptama yöntemleriyle bulgular desteklenmelidir. Bugün petrol aramada bize büyük ölçüde rehberlik yapan yöntemlerin başında, fosillerin saptanması gelmektedir.

14.1.2. YAŞ SAPTAMA YÖNTEMLERİ

Birçok amaç için kullanılan yaş saptamaları çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilir. Bunları önem sırasına göre inceleyelim.

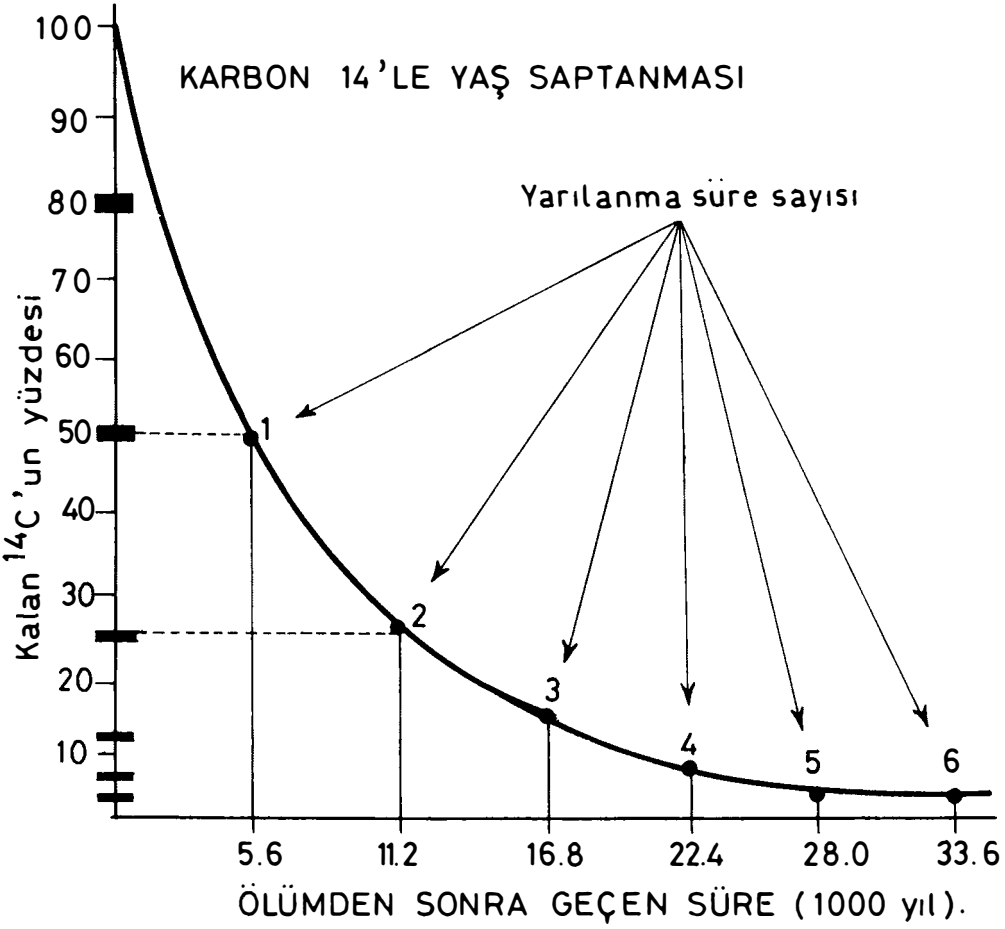
14.1.2.1. *Radyoaktif Maddelerle Yaş Saptanması*

Jeolojik katmanlarda ve canlıların bünyesinde bulunabilen radyoaktif maddeler, basınca, sıcaklığa ve diğer çevre koşullarına bağlı olmaksızın, her çeşidi kendine özgü bir zaman süreci içerisinde, ışınlar çıkararak, başlangıçtaki miktarının yarısı, daha kararlı maddelere dönüşür. Bu geçen süreye 'Yarılanma Süresi' denir. Her izotopun yarılanma süresi farklıdır. Örneğin, $U^{238} \longrightarrow Pb^{206}$, $U^{235} \longrightarrow Pb^{207}$, $Th \longrightarrow Pb^{203}$'in dönüşmesi için geçen süre, yani diyelim ki başlangıçta 2 gr. olan U^{238}'in bir gramının Pb^{206} haline geçmesi için geçen süre onun yarılanma ömrüdür ve bu da 4.5 milyar yıla denktir. Geri kalan bir gram U^{238}'in de yarısının yani yarım gramının Pb^{206}'ya dönüşmesi için geçen süre tekrar bir 4.5 milyar yıldır. Biz bir kristalize kayanın içerisindeki uranyum ve kurşun oranlarını ölçmek suretiyle o kayacın oluşma yaşını bulabiliriz. Bu yolla dünyadaki en eski kayacın yaşının 3.5-4 milyar yıl olduğu ve Kambriyen kayaçlarının yaşının da 500 milyon yıl olduğu saptanmıştır. Alınan bu sonuçlar son zamanlarda geliştirilen rubidyum^{87}'nin radyoaktif bozulmasında (yarılanma ömrü 47 milyar yıl) ve feldispat, mika içerisinde bulunan potasyum 40 (yarılanma ömrü 1.35×10^9 yıl)'ın yarılanma sürelerinin saptanmasıyla bir daha kesin olarak kanıtlanmıştır.

Karbon 14'ün 50.000 yıldan daha yaşlı kayaç ve fosillerde yaş saptanması bakımından iyi sonuç vermediği bilinmektedir. Çünkü daha sonra göreceğimiz gibi yarılanma ömrü kısa olan karbon 14'ün bu süre içerisinde büyük bir kısmı harcanmış olacak ve dolayısıyla miktar olarak saptanması çok güçleşecektir. Bu nedenle daha yaşlı kayaç ve canlılar için potasyum 40 başarılı olarak kullanılmaktadır (yarılanma ömrü 300 milyon yıl). Bilindiği gibi canlı vücudunda kararlı potasyum 39'un yanı sıra kararsız olan potasyum 40'da bulunmaktadır. Potasyum 40'ın nötronlarından birisi bir negatif beta partikülü vererek, potasyum 40'ı kararlı olan argon 40'a dönüştürür. Argon bir gazdır. Dolayısıyla uçar. Fakat bir kayacın ya da sedimanın içerisinde saklı durumda tutulabilirse, biz, potasyum 40/argon 40 oranından yaşı saptayabiliriz.

Biyolojide en çok kullanılan izotop ^{14}C'dür. Kararlı olan karbon 12'in izotoplarından biridir. Karbon 12, altı proton, altı nötron ve 6 orbit elektron taşır; buna karşın karbon 14, çekirdeğinde 8 nötron bulundurur. Bu iki fazla nötron, atomu kararsız hale geçirir ve nötronlardan biri negatif şarj (beta partikülü) yaparak 7 protonlu ve 7 nötronlu bir çekirdek meydana getirir; bu, azot 14'dür. Böylece kararsız karbon 14, kararlı azot 14'e dönüşür. Yarılanma ömrü 5.600 yıl gibi çok kısa bir süredir. Eğer bugün biz 8 mikrogram karbon 14'ü bir kutu içerisine koyarsak, 5.600 yıl sonra araştırıcılar bu kutunun içerisinde 4 mikrogram karbon 14, dört mikrogram azot 14 bulacaklardır. Daha sonraki 5.600 yılda da bu dört mikrogramın yarısı, yani 2 mikrogramı azot 14'e dönüşecek ve bu yarılanma böylece (Şekil 14.1)'de görüldüğü gibi devam

edecektir. Organik karbon, havadaki CO_2'in alınmasıyla sentezlenir. Yaşayan organizmalarda $C^{12}/{}^{14}C$'ün oranı atmosferdekinin aynıdır. Canlı öldükten sonra karbon atomları atmosferdekiyle değişmez ve ^{14}C vücut içerisinde yavaş yavaş azot 14'e dönüşür. Buna dayanarak da yaş saptanması yapılır. Atmosferdeki ^{14}C, kozmik ışınların azot atomlarını bombardımanıyla ortaya çıkar ve yine aynı ölçüde yıkılmasıyla bir denge oluşturulur. Son zamanlarda atom reaktörlerinde ürettiğimiz ^{14}C artıklarıyla bu denge bozulmaya başlamıştır. Eğer bir mağarada bulduğumuz bir insan kemiğinde $^{14}C/N^{14}$ oranı 1/4' gibi ise bu insanın yaşı 11.200 yıldır.



Şekil 14.1: Karbon-14'ün yarılanma süresi yaklaşık 5.600 yıldır. Bir canlı öldüğünde, içerdiği karbon-14'ü bu hızla yitirir. Eğer bir fosil, orijinal karbon aktifliğinin % 20'sini gösteriyorsa, bu fosilin yaşı 13.250 yıldır.

14.1.2.2. *Jeolojik Katmanlar ve Sedimanlarla Yaş Saptanması*

Özellikle göllerin ve denizlerin altında biriken çamurların, yığıntıların sertleşmesiyle oluşan kayaçların yaşını saptamak oldukça kolaydır. Kural olarak yaşlı kayaçlar veya sedimanlar altta, genç olanlar da üstte bulunacaktır. Bu yığıntılar yıllık olarak

dahi ayrılabilir. Özellikle ilkbaharda bol su gelen bölgelerde. Çünkü bol sulu mevsimlerde kaba partiküller, hatta çakıllar gelmesine karşın, suyun az olduğu yaz aylarında yalnız ince partiküller yığılır. Bu farklı yapı ve renkten dolayı senelik yaş saptanması dahi mümkün olur. Daha sonra göl ve denizlerin yükselmesi ve yer yer kesilmesi ile biz üst üste binmiş bu sedimanları görebiliriz.

14.1.2.3. *Çağlayanlarda Yaş Saptanması*

Su, aktığı çağlayanları eriterek karayı her sene biraz daha geriye iter. Çok emin olmamakla beraber birim zamanda karanın aşınarak geri gittiği miktar hesaplanarak yaş saptanması yapılabilir.

14.1.2.4. *Dendrokronoloji ve Ağaç Halkalarıyla Yaş Saptanması*

Ağaçlar yaz ve ilkbaharda farklı büyüdükleri için gövdelerinde farklı halkalar meydana getirirler. Tropiklerde bu halkalar yağışlı ve kurak mevsimlere göre oluşur. Ağaçlardaki büyüme halkalarının genişliği, yıllık yağış miktarına göre de değişiklikler gösterir. Biz bu halkalara göre o yıl düşen yağışı da anlayabiliriz. 5000 kadar yaz halkası sayılmış ağaçlar vardır. Dendrokronoloji deyimi, yakın zamanların tarihini saptama amacıyla, ağaç halkalarının kullanılmasına denir.

14.1.3. JEOLOJİK ZAMANLAR VE CANLILARI (Şek.14.2)

Dünya bundan aşağı yukarı 4 milyar yıl önce şekillenmeye ve ilkel prokaryotlar da yaklaşık 3 milyar yıl önce ortaya çıkmaya başlamıştır. Dünyanın yüzü sabit kalmamış; zaman zaman büyük jeolojik olaylarla 'Kıvrılmalar = Orojenezler' le, yer kabuğunun şekli değişmiş; dağlar, denizler, göller meydana gelmiş ya da kaybolmuştur. Bu arada büyük iklim değişiklikleri ortaya çıkmıştır. Bu kıvrılmalara bağlı değişiklikler göz önüne alınarak 'Jeolojik Zamanlar' ayrılmıştır. Çevre koşullarında meydana gelen değişikliklere göre canlıların bir kısmı tamamen ortadan kalkmış, bir kısmı değişerek uyum yapmış, bir kısmı da bu değişikliğe dayanıklılık gösterebilmiştir (Şekil 14.3).

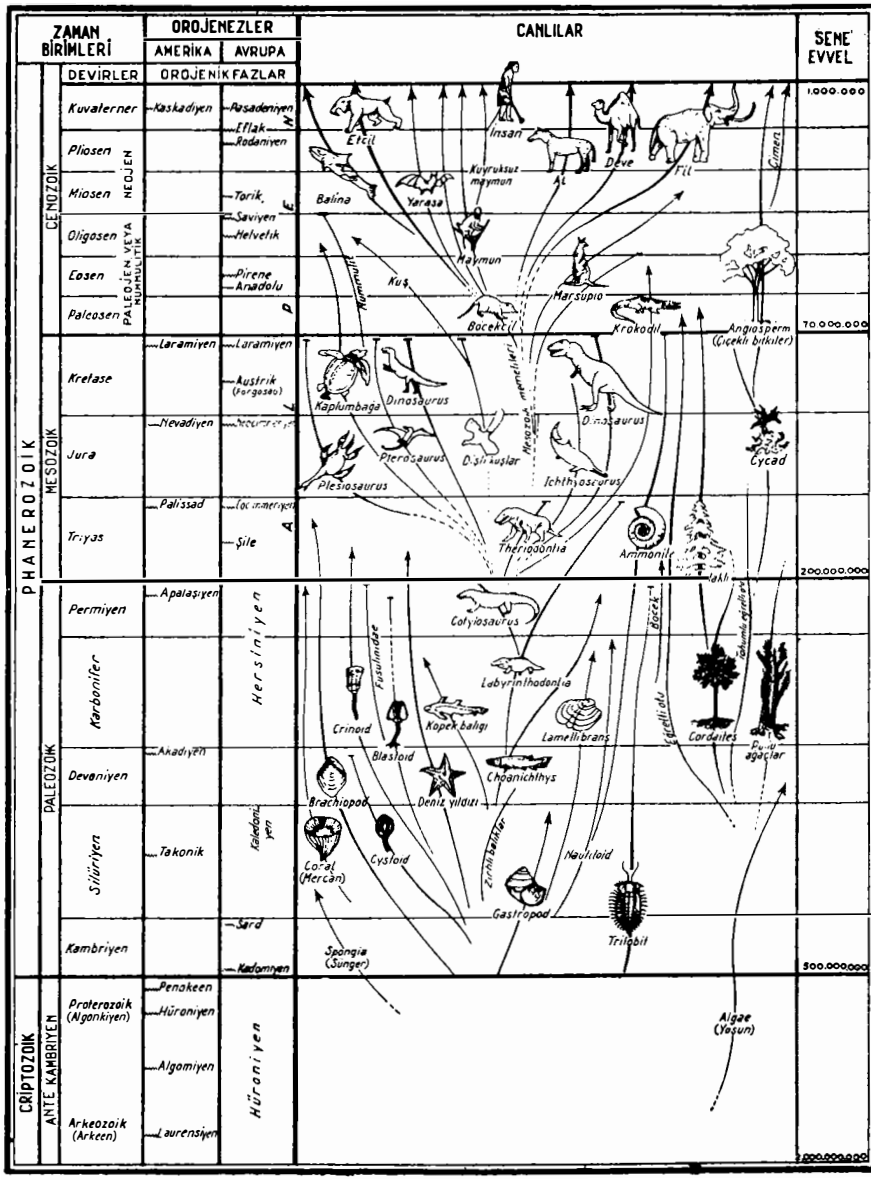
Jeolojik zamanlar (era) arasında kesin sınırlar yoktur. Her zaman kendi içinde devirlere (periyot) ve devirler de kat (epok) denen alt birimlere ayrılmıştır (Şekil 14.4).

14.1.3.1. *Criptozoik (Kriptozoyik)*

Çoğunluk zaman olarak kabul edilmez. İki deviri vardır.

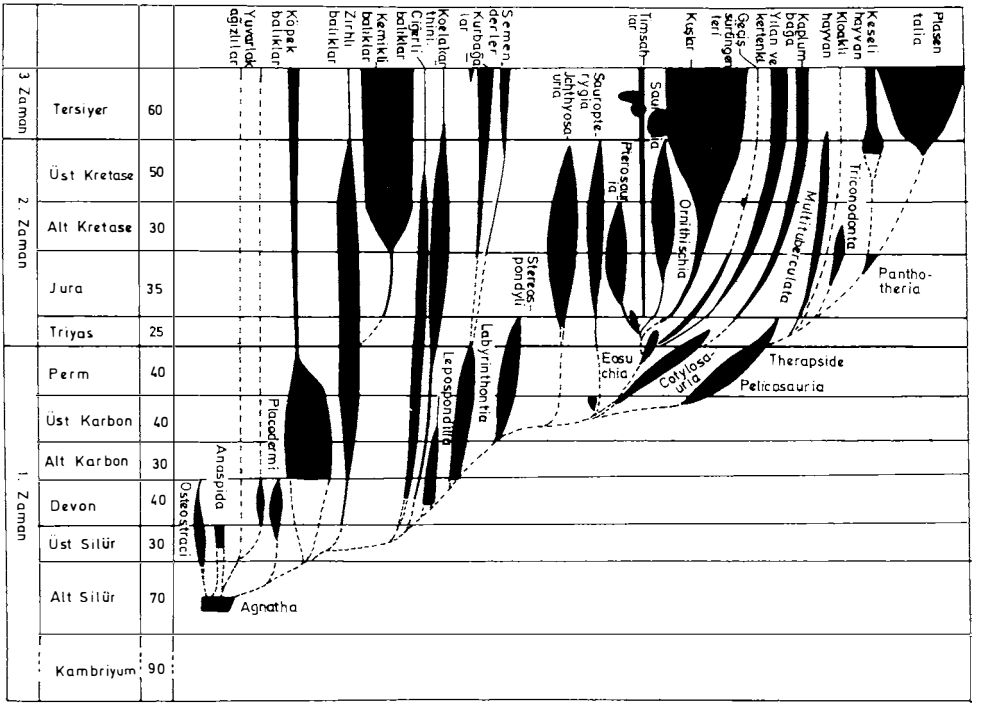
14.1.3.1.1. *Archeozoik (Arkeozoyik)* (4,5 milyar - 2 milyar)

Bu devire ait kayaçlar, bilinen en eski kayaçlardır; çok defa yerin derinliklerine gömülmüştür; bazen yer yüzüne mostralar halinde çıkarlar. Bu zaman dünyanın



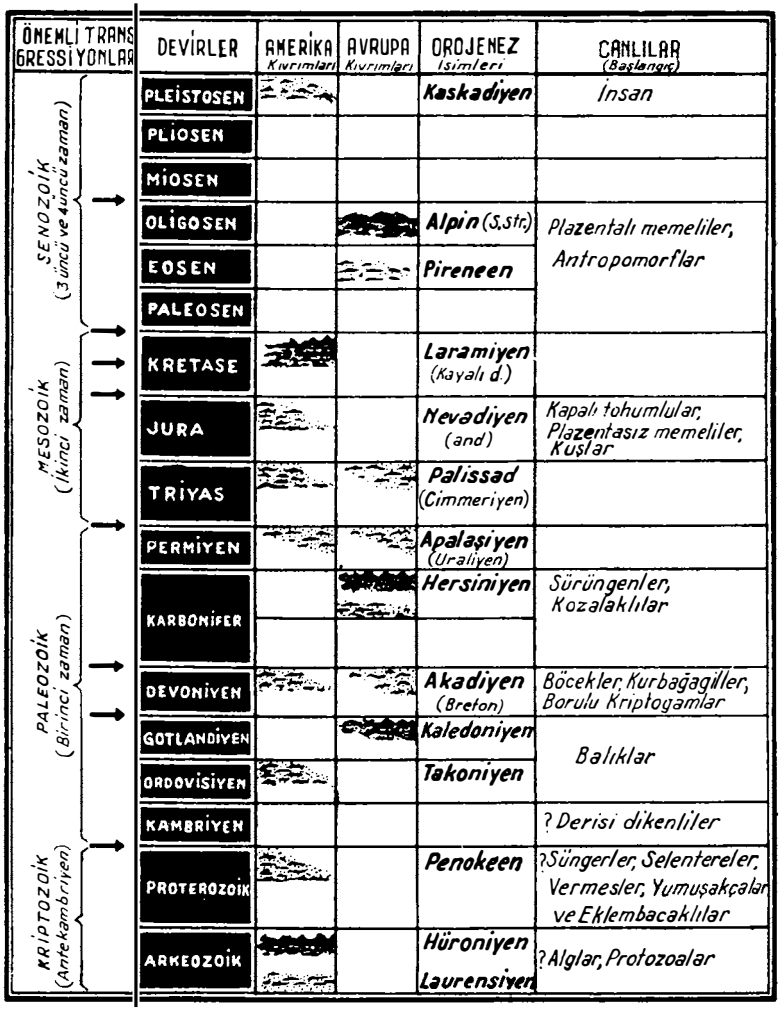
Şekil 14.2: Jeolojik zamanların bölünümü, bununla ilgili canlı grupları ve orojenezler. Her canlıdan yukarıya doğru uzanan çizgi bu canlının zaman içindeki devamlılığını gösterir. Ucu okla biten çizgiler canlının hâlâ yaşadığını, düz çizgi ile bitenler ise o canlının o zamanda yok olduğunu gösterir (Dunbar'den değiştirilerek).

yaşıyla aynı değildir. Ancak yer kabuğu oluştuktan sonra, erezyonlarla yırtılıp aşındığında başlamış olur. Arkeozoyik bundan aşağı yukarı 2 milyar sene önce sonlanmıştır. Bu da kendinden sonra gelen tüm zamanlardan daha fazla bir zamana eşdeğerdir. Bu devirde birçok volkanik olaylar ve dağ oluşumları görülür. Belki, yüksek



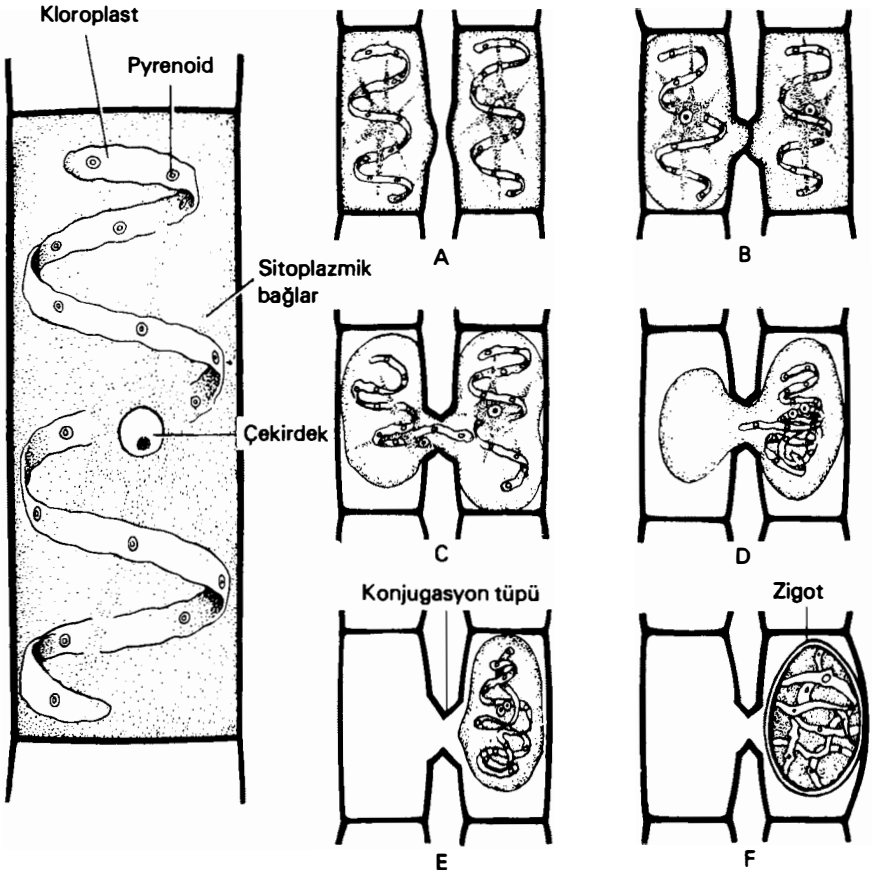
Şekil 14.3: Jeolojik devirlere göre omurgalı hayvanların türeyişi (Wurmbach'dan).

sıcaklık, basınç ve çalkantı bu devirde muhtemelen var olan canlıların fosillerini ortadan kaldırmıştır. Prokaryotik canlılar, devrin sonunda ortaya çıkmıştır (bakteri ve mavi-yeşil alg benzeri canlılar). Bu canlılara ait organik kalıntılar 3,2 milyar yıl öncesine aittir (!). Bu canlıların hem Avustralya'da, hem de Amerika'da bulunması yaygın ilkel bir canlılığın olduğunu gösterir. Mavi-yeşil alglerin bakteri benzeri canlılar kadar eski olması, hücresel yaşamın ortaya çıkmasından kısa bir süre sonra ortaya çıktığını gösterir (Şekil 14.4, 5 ve 6). Fakat bunlardan önce hayatın varlığına dair herhangi doyurucu bir kanıt bulunamamıştır. M. CALVİN tarafından bildirildiğine göre yaklaşık olarak üç milyar yıl öncesine ait Prekambriyum tabakaları arasındaki sızıntıların bileşiminde "p r i s t a n" bulunmaktadır. Pristanın bugün zooplankton, balık ve balina yağı ve deniz süngerlerinin yapısında bulunduğu bilinmekle birlikte, materyalin esas kaynağını klorofilin biyogenik veya abiyogenik olarak parçalanmasından oluşan "p h y t o l" oluşturmaktadır. Bu bakımdan biyolojik işaret olarak değerlendirilebilir. W.G. MEİNSCHEİN ve E.S. BARGHOORN, Mişigan'da yaklaşık olarak iki milyar yıllık Prekambriyuma ait tabakalarda yaptıkları mikropaleontolojik incelemede, bakır yatakları civarında bol miktarda belirli bir morfolojik şekle sahip olmayan bitkisel kalıntılar buldular. Ham petrol yapısındaki sızıntının kromatografik ve spektrometrik olarak incelenmesi, özüt içerisinde parafine benzer madde ile birlikte pristan (2,6,10,14 tetrametil pentadekane) ve fitan (phytan) (2,6,10,14 tetrametil heksa dekane)'ın bulunduğunu gösterdi. Elde edilen sonuçlar bu dönemde fotosentez

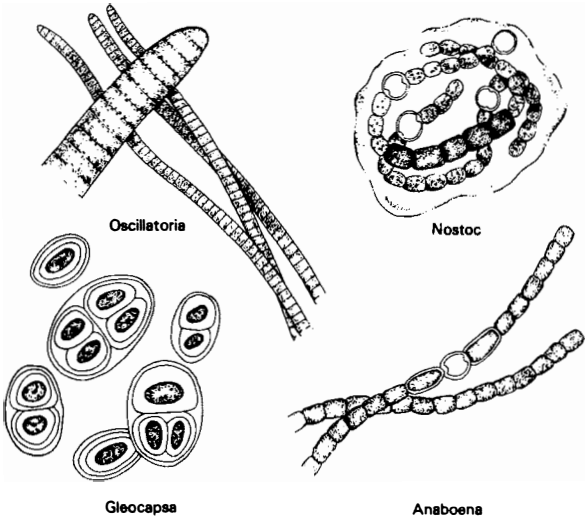


Şekil 14.4: Jeolojik zamanların orojenik, transgressyon ve canlı çıkışlarına göre bölünümü (Baykal'dan).

yapan canlıların yaşadığını gösterir. J.W. SCHOPF ve arkadaşları, çakmaktaşı yataklarından elde ettikleri materyali elektron mikroskopuyla incelenmeleri sonucunda çubuk, coccus, demir ve kükürt bakterilerini saptadılar. Arkeozoyik kayaçların içerisinde bulunan grafit tabakaları —saf karbondur— ola ki hayvan ve bitkilerin kalıntılarından meydana gelmiştir. Her ne kadar grafit inorganik kökenli olabilirse de, birçok biyolog bu grafit tabakalarının organik yapılışlı olduğuna inanmaktadır. Eğer bu kayaçlar içerisindeki grafitin organik kökenli olduğu kabul edilirse, bu devirde canlı miktarının oldukça yüksek oranlarda olduğu ortaya çıkar. Öyleki Appalaşlar'daki grafit miktarı, orada bulunan kömür yataklarından daha fazladır. İlk evrelerde Fe^{++}'nin bulunması oksijenin olmadığını, daha sonraki Fe^{+++} yatakları da demir bakterilerinin varlığını ortaya koyar.



Şekil 14.5: Yeşil bir alg *(Spirogyra)* flamentindeki bir hücrenin (solda) görünüşü ve eşeyli çoğalması (sağda A,B,C,D,E ve F) (Villee'den).



Şekil 14.6:

Bazı mavi-yeşil alg cinsleri (Villee'den).

14.1.3.1.2. *Proterozoyik* (2 milyar - 550 milyon)

Geniş miktarlarda sedimanların oluşmasıyla özellik kazanmıştır. Sedimanların büyük bir kısmı, bugün, okyanusların altında bulunur. Büyük bir buzul devri geçirilmiş ve buz kütleleri ekvatorun 20°'ci enlemine kadar uzanmışlardır. Bundan önceki devire oranla daha az volkanik olaylar görülmektedir. Kayaçlar içerisinde pek az fosil bulunmuştur. Bu fosillerin incelenmesinde sadece yaşam belirtileri değil, aynı zamanda devrin sonuna doğru oldukça evrimleşmiş canlılar göze çarpar. Devrin ortalarında eukaryotik hücreler oluşmuştur. Bitki ve hayvanlarda bazı grupların belirlendiği ve çok hücreli organizmalara geçişin tamamlandığı görülmektedir. Sünger spikülleri, medüzler, mantar kalıntıları, algler, *Brachiopoda* ve tüp şeklindeki *Annelida* ortaya çıkmıştır. En çok medüzler görüldüğünden, bu devre "**Medüz Devri**" de denebilir. Güney Avustralya'da bulunan Prekambiyum taşlarında medüzler, mercanlar, segmentli kurtlar ve özellikle iki değişik hayvan grubu görülmektedir. Bu son iki grup ne bugünkü hayvan gruplarına benzemekte ne de bundan sonraki fosil gruplarına; vücutları yumuşaktır ve yalnız kalsiyum karbonat sipikülleri ile kuvvetlendirilmiştir. Bazı araştırıcılar bu son devire daha doğrusu canlı fosillerin bulunduğu kattan itibaren 'P r e k a m b i r i u m' demişlerdir. Serbest oksijen, zamanımızdan aşağı yukarı 1.200 milyon yıl öncesine doğru atmosferde çoğalmaya başlamış ve bugünkü atmosferin %0.1'ne kadar yükselmiştir. Devrin sonuna doğru serbest oksijen miktarı daha da yükselmiştir. Anlattığımız bu iki oluşum evresi jeolojik zaman olarak sayılmazlar. Bazı kitaplarda her iki devreye "Kriptozoik" veya "Antekambriyen" de denir. Ancak I. zaman Prekambriyumdan sonra başlar.

14.1.3.2. *I. Zaman-Paleozoyik* (550-205 milyon)

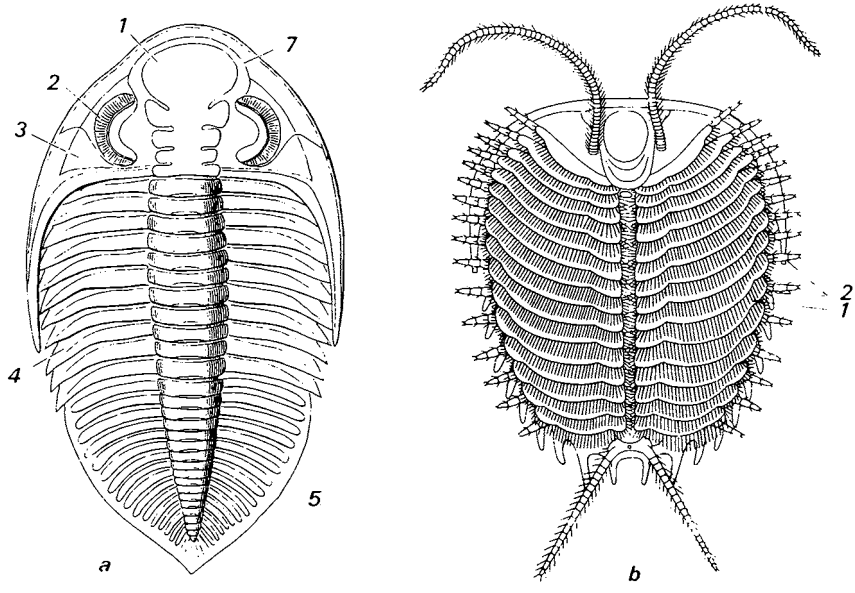
İkinci büyük bir kıvrılma ile Proterozoyik biter (Şekil 14:4). 370.000.000 sene süren Paleozoyik'te kuş ve memeli hayvan filumları hariç, tüm diğer filumlar ortaya çıkmıştır. Bu hayvanlardan bir kısmı kısa bir zaman içerisinde kaybolmuştur. Bunların fosillerinin bulunduğu farklı bölgelerdeki kayaçlar arasında bu şekilde bir ilişki kurulmuş olur. İlk karasal omurgalı hayvanlar birinci zamanda türemiştir. Bitkiler başlangıçta sucul habitatta yaşayan yosunlardan ibaret olduğu halde Silür'den başlayarak karasal formlar görülmüştür. LIGNIER'e göre Silür'de dikoton olarak dallanan yeşil alglerden, epidermis, kutikula, stomatların gelişmesi; gövde ve dalların sağlamlaşması; alt dalların kök gibi toprağa girmesi, rizomların oluşması; iletim dokusunun kök ve gövdede gelişmesi ile damarlı bitkilerin (*Tracheophyta*) özellikleri ortaya çıkmıştır. Bilim adamının bu varsayımı, İngiltere'de anatomik özelliklerini ayrıntılarına kadar korumuş olan ilk karasal bitki fosillerinin, çıplak eğreltilerden (*Psilopsid*'lerden) *Rhynia*'ların bulunmasıyla doğrulanmıştır. Bu zamanın ilk üç devrinde Kambriyen, Ordovisiyen ve Silüriyen'de, deniz, kıtaların büyük bir kısmını örtmüştür. Bu zamanın formlarının birçoğu sert iskeletli ve zırhlıdır, bu nedenle iyi fosil bırakmışlardır.

14.1.3.2.1. *Kambriyen* (550-425 milyon)

İlk farklılaşmış ve belirli fosilleri veren devirdir. Bu devirde birçok hayvan farklılaştığına göre, esas canlının oluştuğu devir bundan önceki devir, yani Proterozoyik

olabilir. Bu devirde hayvan ve bitkiler (yosun ve pek az görülen likenler) yalnız denizde bulunuyorlardı. Ordovisiyen'e kadar karalarda yalnız cansız artıklar bulunmuştur. Kambriyen denizinde su içinde ve yüzünde yüzen bir takım bitki ve hayvanlar vardı, ki bunlar, karidese benzeyen yüzücü kabuklular ve bazı halkalısolucanlar tarafından yenmekteydi. Deniz tabanı basit süngerler, mercanlar, sölenterler, sap üzerinde büyüyen derisidikenliler, salyangozlar, *Pelecypod*'lar, kurtlar, *Ctenophora* ve *Anthozoa*'ya bağlı cinsler ve ilkel kafadanbacaklılardan oluşmuştur. İngiliz Kolumbiya'sında bulunan fosiller arasında *Annelid* ile *Crustacea* arasında geçit oluşturan, *Peripatus*'a benzeyen fosiller bulunmuştur. Bu devrin en çok bulunan fosilleri *Brachiopoda* ve *Trilobit*'lerdir. *Brachiopoda*'ya ait olanlar sesil (sakin-sabit), iki kabuklu hayvanlardır ve plankton yiyicisidirler. Bugün bilinen '*Lingula*', değişmeden zamanımıza gelen en eski hayvan cinsidir. Çünkü bugünkü formlar, o zamanda yaşayanların fosillerine hemen hemen benzerdir.

Trilobit'ler ilkel *Arthropod*'dur (Şekil 14.7). Vücutları yassılaşmış, uzamış ve dorsal olarak sert bir kabukla örtülmüştür. Kabuk, boyuna üç oluk taşır; bu suretle vücut üç loba bölünmüştür. Vücudun karın tarafındaki segmentlerinden son segment hariç her birinden bir çift bacak çıkar. Bacaklar yarık, çift çatallıdır; dış taraftaki kol solunum ödevini üzerine alan solungaçları taşır; içteki kol ise yürümede ve yüzmede kullanılır. *Trilobit*'lerin çoğu 5-8 cm. boyundadır; ama bilinen en büyük fosil 60 cm.'dir. Bu hayvan grubu Kambriyen'in sonuna doğru gelişiminin zirvesine ulaşmış, daha sonra azalmaya başlamış ve Perm'de tükenmiştir.

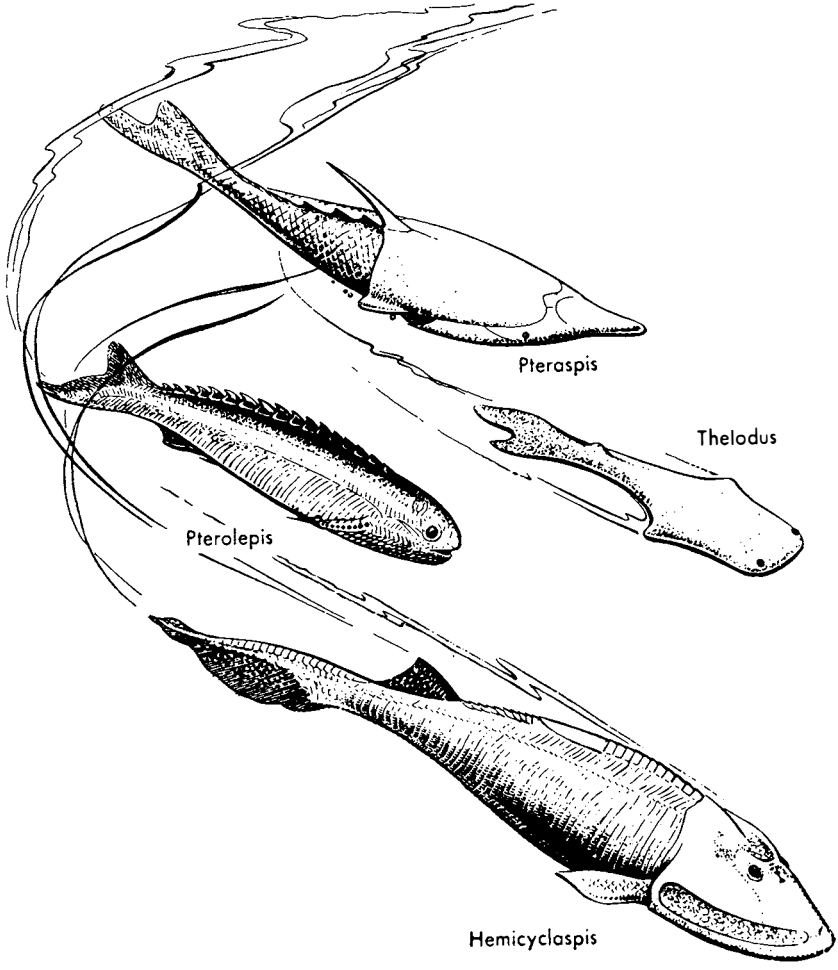


Şekil 14.7: İki *Trilobit:*
a) *Dalmanites*. 1. Glabella, 2. Göz, 3. Genae (yanak), 4. Pleurae, 5. Rachis, 6. Pygidium, 7. Yüz sturu.
b) *Neolenus serratus* 1. Endopodit, 2. Eksopodit (Kühn'den).

14.1.3.2.2. *Ordovisiyen* (425-360 milyon)

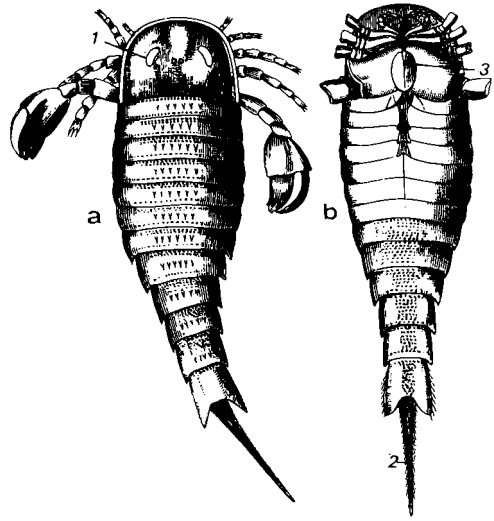
Kambriyen'den sonra birçok yeni form oluşmuştur. Bu dallanma zamanımızdaki hayvanların atalarının büyük bir kısmını oluşturması bakımından önemlidir. Basit hayvanlar, gelişmiş hayvanlara dönüşmeye ve çevreye daha iyi uyum yapmaya başlamışlardır. Ordovisiyen denizi diğer birçok formları da içerir. Bunlardan birkaçı, dev kafadanbacaklılar, mürekkepbalığına benzeyen ve uzunlukları 5-7 metreye, çapları ise 30 cm.'e ulaşan hayvanlar (örneğin, bugünkü *Nautilius*'lar)' dır. Ordovisiyen denizi sıcaktır, hatta sıcak sularda yaşayan mercanlar bu devirde Grönland'a kadar yayılmışlardır.

İlk omurgalılar, çenesiz, çift üyesiz (pektoral ve pelvik yüzgeçler gibi), zırhlı (başını örten büyük plakalardan dolayı) ve dipte yaşayan 'O s t r a c o d e r m' denen balıklardır (Şekil 14.8). Bu ilkel balıklar tatlısuda yaşarlar ve kemik zırhları



Şekil 14.8: *Ostracoderm*'ler. Silür ve Devon devrindeki çenesiz omurgalılardır. *Hemicyclaspis* bir Cephalaspid, *Pterolepis* bir Anaspid, *Pteraspis* bir Pteraspid ve *Thelodus* bir Coelolepid idi (Colbert'den).

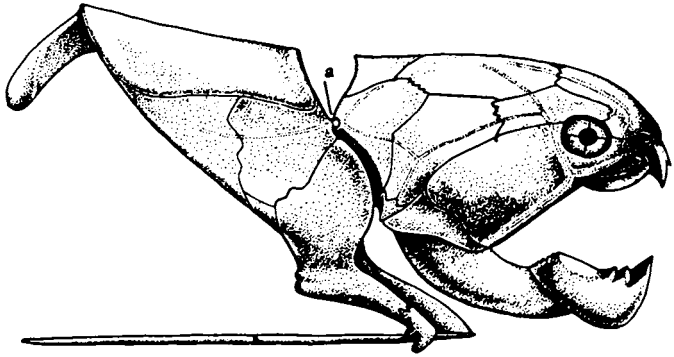
onları düşmanlarından, özellikle dev bir *Arachnoid* olan *Eurypterid*'den (Şek. 14.9) korumaya yarar. Bu devirde iki önemli olay evrimi büyük ölçüde etkilemiştir. Birincisi kara bitkilerinin ortaya çıkışı, ikincisi ise akrep gibi, havayla solunum yapan, ilkel hayvanların oluşumudur.



Şekil 14.9:
Eurypterus remipes a) Sırt tarafından, b) Karın tarafından
1. Göz, 2. Telson, 3. Metastom. (Kuhn'den).

14.1.3.2.3. *Siluriyen (Silür)* (360-325 milyon)

Bu devirde kara bitkileri yaygınlaşır ve çeneli balıklar gelişir (Şekil 14.10). Bitkilerden karasal form olarak çıplak eğreltiler (*Psilopsid*'ler) türemiştir. Bunlardan *Rhynia* (filum: *Trachaeophyta*), rizomlara, l m. kadar uzunluğa ulaşan dikotom dallara ve terminal bir sporangiyuma sahiptir. Yaprak yoktur. Bir çeşit çıplak eğreltide (*Psilophyton*'da) dal üzerinde iğne gibi çıkıntılar vardır. Bunlar mikrofil yaprak olarak kabul edilir. Tüm damarlı (*Trachaeophyt*) bitkilerin böyle bir kökten türemiş olduğuna inanılmaktadır. Omurgasızlar gelişmelerine devam ederler. Bu devirde denizyıldızları, dev denizlaleleri, gelişmiş *Trilobit*'ler ve 4 metre boyunda denizakrepleri ortaya çıkmıştır. Bitkilerin bazılarında su ve erimiş maddelerin taşınması için boru sis-

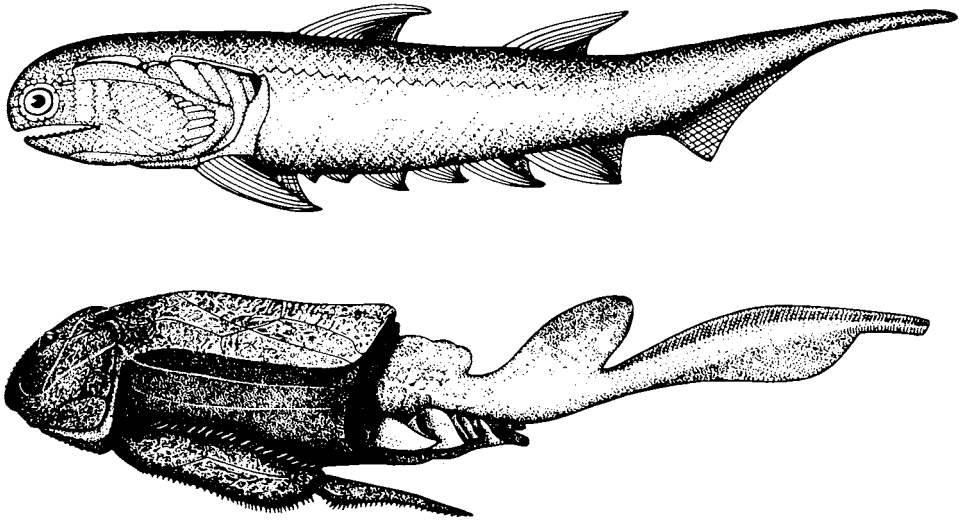


Şekil 14.10: Üst Devon'da yaşayan dev *Dinichthys*. Baş ve göğüs plakaları gösterilmiştir. Büyüklüğü 2 m.'den fazladır. Çenelerdeki kemik plakalar kesme işlevi görür. Baş ile göğüs arasındaki eklem (a), alt çene aşağı doğru hareket ederken, başın yukarıya doğru kalkmasına ve böylece hayvanın çok büyük bir şekilde ısırmasına izin verir (Romer'den).

temleri oluşmaya başlamıştır. Bu özellik bitkilere çok fazla büyüme olanağını verir. Çünkü hücreden hücreye madde diffüzyonundan çok daha etkili bir madde iletimi ortaya çıkmıştı.

14.1.3.2.4. *Devoniyen (Devon)* (325-280 milyon)

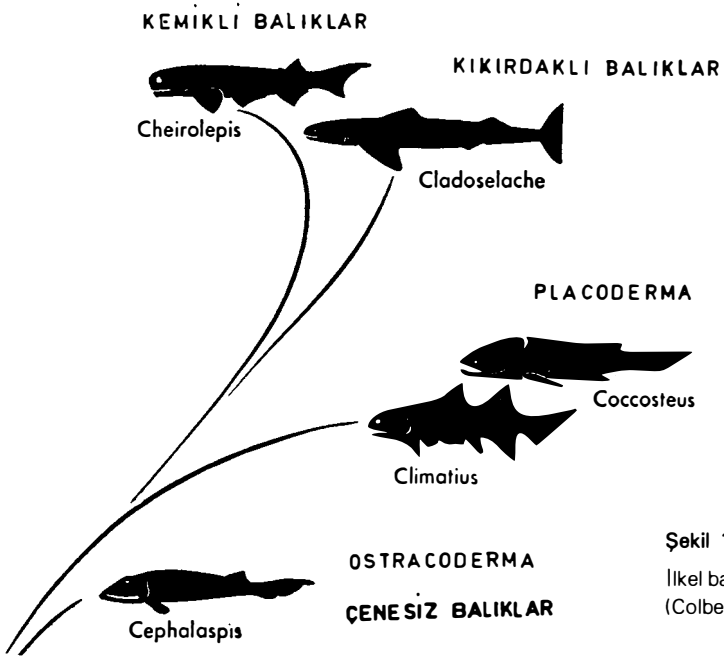
Bu devirde *Ostracoderm*'den çeşitli balık türleri evrimleşmiştir. Dolayısıyla birçok ilim adamı tarafından balık devri olarak kabul edilmektedir. Bunların bazıları 10 m. kadar büyüklüktedir. Bu formlardan modern kara omurgalıları gelişmiştir. Çünkü kemikli yapılara sahip bir lob şeklindeki yüzgeçten kara omurgalılarının üyelerine benzer yapıların geliştiği zannedilmektedir. Son zamanlarda Afrika'da bir gölde bulunan bu geçiş hayvanlarının canlı örnekleri varsayımı güçlendirmektedir (Şekil 6.5). Bu geçiş hayvanları, yani balıklar, havayla solunum yapma yeteneğine sahiptir



Şekil 14.11 : Devon'da yaşayan iki *Placoderm* fosili. A) *Climatius;* dikenli derili köpekbalığı. Yüzgeç dikenleri büyüktür; pelvik yüzgeç ile göğüs (pectoral) yüzgeci arasında beş çift yardımcı yüzgeç vardır. Silür'de görülmüş, Devon'da yaygınlaşmıştır. B) İkinci tip *Placoderm* ise eklemli tek bir yüzgeç taşır (Romer'den).

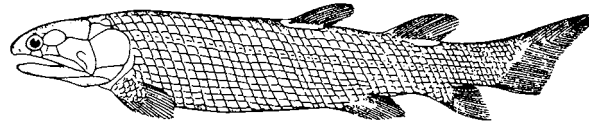
ve solungaçlardaki gibi yetkin bir oksijen alınımı vardır. Bu balıklara, "C i ğ e r l i B a l ı k l a r" denir; zamanımızda yalnız Afrika ve Avustralya'da yaşarlar. İlk evrimleşen çeneli ve çift yüzgeçli balıklar *Placodermi*'ye aittir. Bunlar arasında *Climatius, Dinichties* ve *Bothriolepis* bilinmektedir (Şekil 14.11). Hepsinde vücut zırhla örtülü olduğu için zırhlı köpekbalıkları olarak tanınır. Bazılarında boy büyüktür. Bir kısmında omurgalı hayvanların üye çiftlerine karşılık olacak şekilde yüzgeçler bulunduğu halde, bazılarında da bunların arasında beş çift fazladan yüzgeç vardır (Şekil 14.11).

Placodermi'nin hükümranlığı oldukça kısa sürmüştür. Devon'un başlarında yeni türeyen balık evrim dalları nedeniyle Devon'un sonunda ortadan kalkmıştır (Şekil 14.12). Bunlar, hayvanlar aleminde sonu gelen tek omurgalı sınıfıdır.

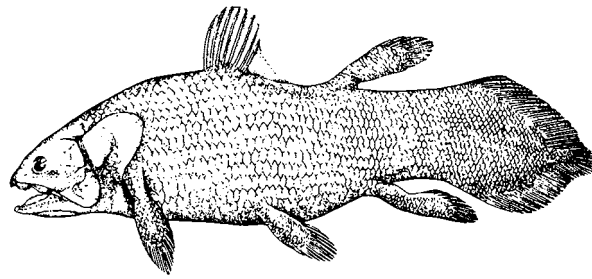


Şekil 14.12:
İlkel balıkların evrimi (Colbert'den).

Devon içinde *Placodermi*'den *Chondrichtyes* ve *Osteichtyes* olmak üzere iki yeni balık sınıfı evrimleşti. *Chondrichtyes*, köpekbalıklarını ve vatoz balıklarını içine alır. Bu sınıfın üyeleri Devon'da tatlısularda oluştuktan sonra denizlere geçmiştir. *Osteichtyes* üyeleri, oluştukları tatlısularda kalmış, bazıları sonradan deniz ekosistemine geçmiştir. Devon'da kemikli balıklardan *Paleopterygii* alt sınıfından *Paleoniscoidei* takımı, *Choanychtyes* alt sınıfından *Dipnoi* ve *Crossopterygii* üst takımları türemiştir. *Crossopterygii*'nin *Rhipidistia* ve *Actinistia* olmak üzere iki takımı Devon'da yaşamıştır. 1938 yılında Hint Okyanusunda bulunan *Latimeria, Actinistia*'ya bağlı yaşayan fosil olarak kabul edilmektedir (Şekil 14.13). Devon'da yaşayan bir *Osteichtyes* takımı olan *Paleoniscoidei* üyeleri sonradan denizlere geçe-



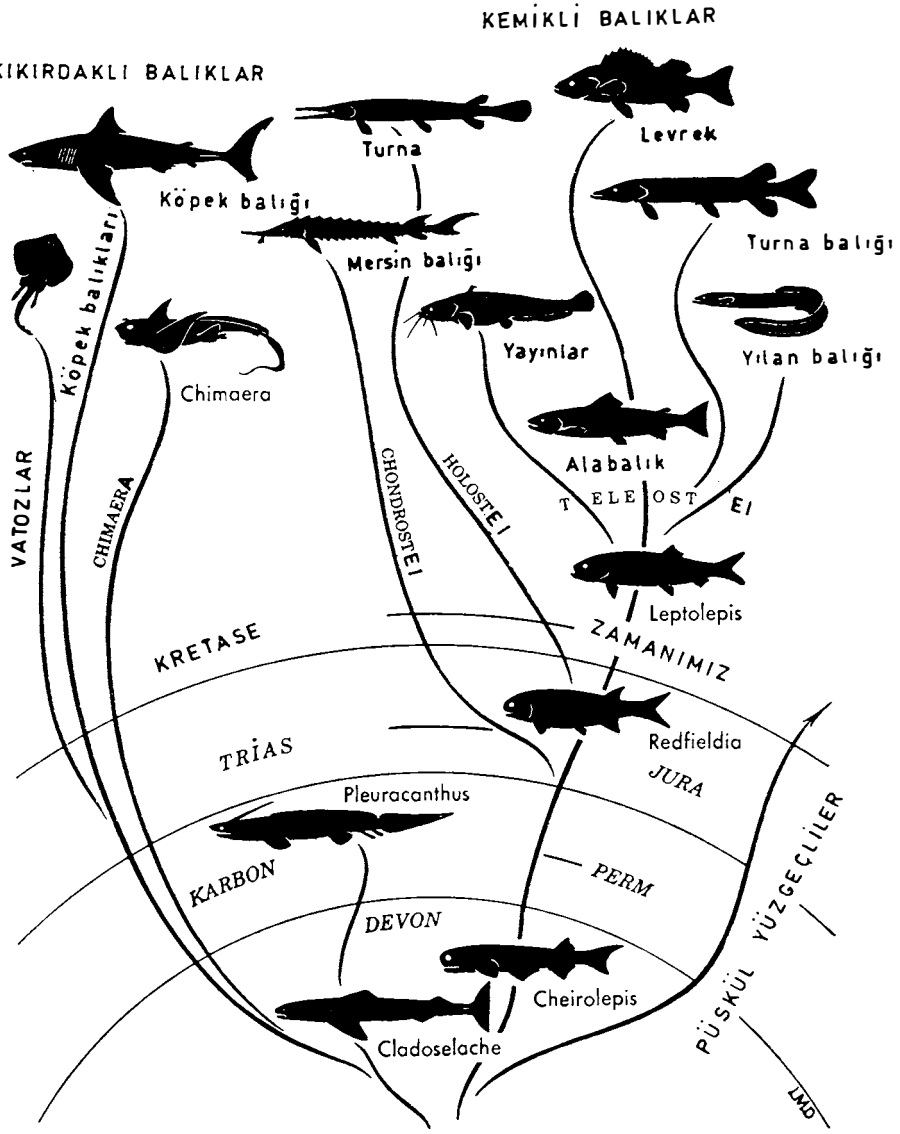
A, Osteolepis



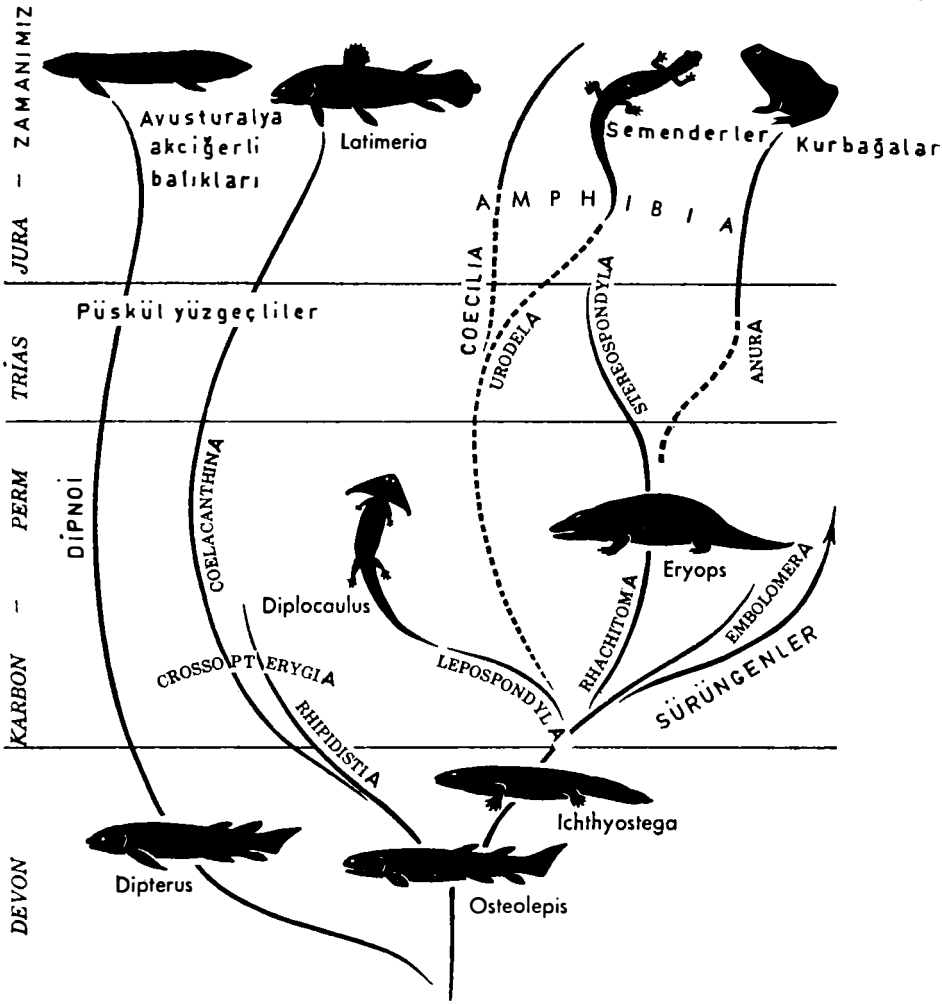
B, Latimeria

Şekil 14.13:
Crossopterygii üst takımından,
A) Devon'dan tipik bir fosil,
B) Bugün Hint Okyanusunda yaşayan bir fosil
(Villee'den).

rek bugün deniz ve tatlısularda yaşayan kemikli balıkların atalarını oluşturmuştur (Şekil 14.14). Devoniyen denizi, mercanlara, deniz zambaklarına (lalelerine) ve büyük balıklara ilaveten az da olsa *Brachiopod* ve *Trilobit*'lere hala sahiptir. İlk karaomurgalıları 'L a b y r i n t h o d o n t' denen amfibilerdir; bunlar Devoniyen'in sonuna doğru ortaya çıkmıştır (Şekil 14.15). Bu devirde ilk gerçek eğrelti ormanları görülür; tohumlu eğreltiler, kara yosunları ve atkuyrukları oldukça yaygındır. Bitkilerden kipritotları (*Lycopsid*) ve atkuyrukları (*Sphenopsid*) hatlarının tümü bol olarak bulunmaktadır. Devon'un kipritotları (*Lycopsid*'leri) dev *Lepidodendrit*'ler ile sim-



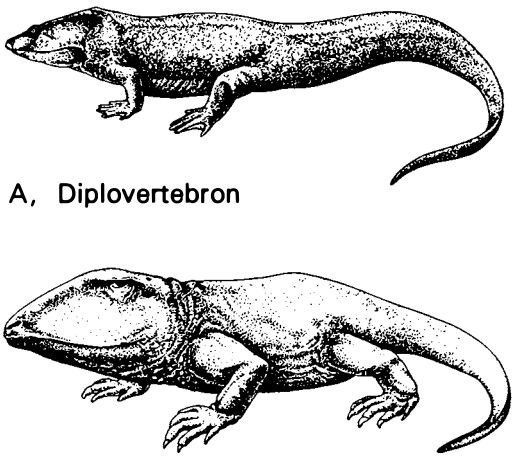
Şekil 14.14 : Kemikli ve kıkırdaklı balıkların evrimi (Colbert'den).



Şekil 14.15: Balık ve amfibilerin evrimi (Colbert'den).

gelenir. Bir çeşit kipritotunun (*Lycopodium* bitkisinde) boyu 40 m. kadar olup yapraklar 50 cm. kadar uzunluktadır. Kanatsız böcekler ve kırkayaklar bu devirde ortaya çıkmıştır. Amfibiler ola ki Dipnoi ve Crossopterygi (ciğerli balıklardan)'lerden köken almıştır. *Dipnoi*'de kalp yapısı, tetrapotları, larvaları *Uredela* larvalarını andırırsa da, *Protopterus*'ta olduğu gibi yüzgeçler zayıf olduğu için karasal habitatta hareket etmeye yeterli değildir. Buna karşılık *Crossopterigii*'den *Rhipidistia*'da yüzgeçlerin iskeleti pentadaktil üye tipine homolog kısımlar içermektedir. Sindirim sisteminin ön kısmından oluşan yüzme keseleri, akciğerlere homologtur. Deri üzerinde pullar azaldığı için suyu terkeden *Rhipidist*'lerin deri solunumu yapabildiği kabul edilmektedir. Balık kökünden gelen amfibilerin evriminde belli başlı değişmeler, hava solunumu, dolaşım ve üye yapısında olmuştur. LULL'a göre periyodik kuraklık ve yağış iki yaşamlı hat şeklinde gelişmeyi zorlamıştır. Bugün, Afrika, güney Amerika ve Avustralya'da yaşayan *Dipnoi*'ler benzer koşullarda yaşamaktadır. BARREL, üst Devon'da kurak ve yağışlı periyotların bulunduğunu göstermiştir. Belki çamurlu

sularda sürüne sürüne, bu akciğerli balıkların yüzgeçleri, bir zaman sonra amfibi ayağı şeklinde gelişmiştir. Bilinen en eski amfibi *Stegocephal*'lerden *Ichtiostaga*'dır (Şekil 14.16). Devon sona ererken kıkırdaklı balıklar denizlerde, kemikli balıklar tatlısularda yaygındı. Karasal omurgalılar olarak ilkel amfibiler bulunmaktaydı. Sudan karaya (kısmen) çıkmışlardır. Fakat üremek için suya dönmek zorundaydılar. Çünkü ne erkekten dişiye spermaları iletecek organlar gelişmiştir ne de yumurta suyun dışında açılabilecek duruma gelebilmişti.



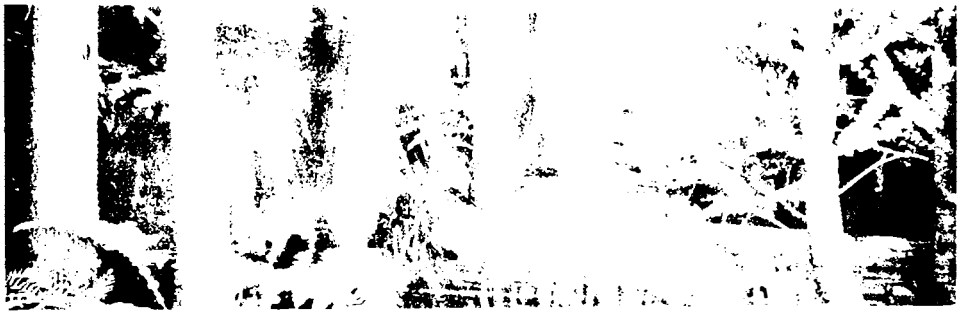
A, Diplovertebron

B, Ophiacodon

Şekil 14.16
A) *Diplovertebron;* İlkel bir Paleozoyik amfibisi *(Stegocephalia),* B)*Ophiacodon*; ilk Perm *Pelycosaur*'su. Her ne kadar *Pelycosaur*'lar ilkel sürüngen ise de, bazı özellikleri bakımından memelilerin ilk evrimsel basamaklarına benzemektedir (Villee'den).

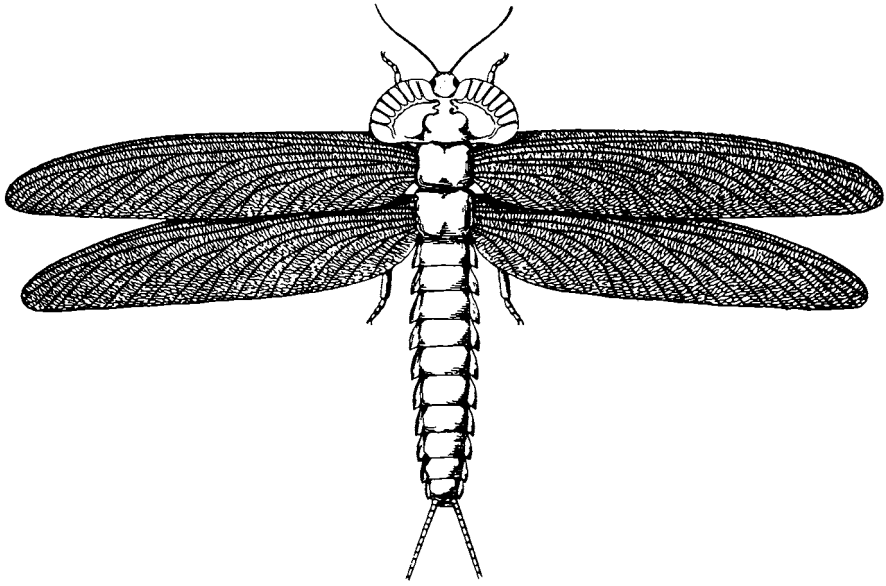
14.1.3.2.5. *Karbonifer* (280-230 milyon)

Bu devirde dünyanın büyük bir kısmı bataklık ormanları ile kaplanmıştı (Şekil 14.17). İklim, bitkilerin büyümesi için uygun, yani nemli ve ılımandı. Ormanları oluşturan eğreltiotları, atkuyrukları dev boyutlara ulaşmış (30 m. kadar) ve bugünkü kömür yataklarının büyük bir kısmını bunlar meydana getirmiştir. Çünkü karalar zaman zaman yükselip, zaman zaman çökerek sular altında kalmış ve üzerlerine gelen çamurun koruyucu etkisiyle ormanlar kömürleşmiştir. Bazı eğrelti otları, yapraklarının kenarında, karalarda ilk defa görülen tohumları geliştirmeye başlamışlardır. İlk sürüngenler bu devirde amfibilerden türemiştir. Karbonifer'in ikinci katı olan P e n n s i l v a n i e n 'de (Teksas'da) bulunan bir hayvan "S e y m o u r i a" amfibi ile sürüngen arasında geçit özellikleri taşır. B u hayvan büyük bir kertenkeleye benzer, ayakları kısa ve küt olup gövdeye yanlardan bağlanmıştır. Hava nemli olduğu için, özellikle bataklık bölgelerinde amfibiler büyük gelişmeler göstermiştir. Amfibi ile sürüngen arasındaki en belirgin fark yumurtadır. Amfibiler jelatin kılıfa sarılı yumurtalarını suya; sürüngenler ise yumurtalarını kabuklu olarak karaya bırakırlar. Dolayısıyla sürekli olarak karada yaşama olanak dahiline girer. Fakat bu geçit hayvanlarının yumurtası hakkında bilgimiz yoktur. Ayrıca sürüngen yumurtalarının vücut içerisinde döllenmesi (!) onlara büyük yarar sağlamaktadır. Bu nedenle spermaların taşınması için suya gerek duyulmaz.



Şekil 14.17 : Karbonifer devrinde bataklık ormanları. Dev eğrelti otları ve atkuyrukları bu devrin en tipik bitkileridir. Keza yine tabloda dev yusufcuklar *(Odonata)* görülmektedir (Villee'den).

Karboniferde kanatları olan iki önemli böcek grubu ortaya çıkmıştır. Bunlar bugünkü hamamböceklerinin (Dictyoptera) atasını (10 cm. kadar) (Şekil 14.18) ve subakirelerinin (Odonata) kökenini oluşturan böceklerdir (kanat açıklıkları 75 cm.'ye kadar ulaşır). Denizakrepleri ve atnalı yengeçler denizlerin kıyılarında büyük çoğalma göstermiştirler.

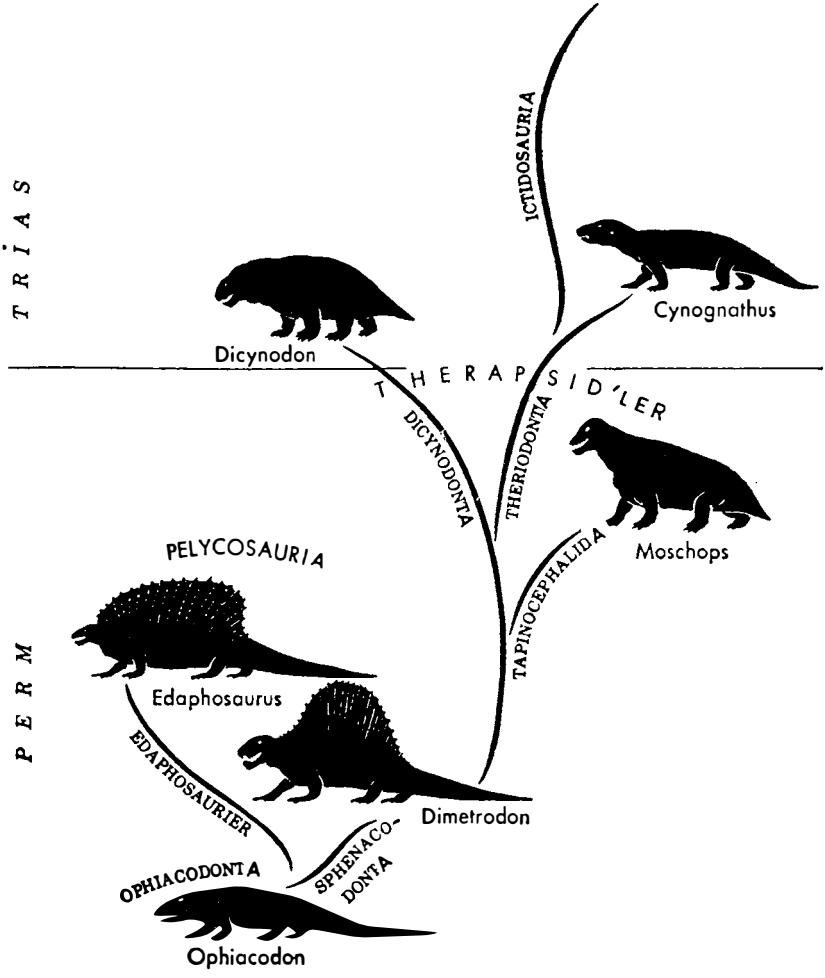


Şekil 14.18 : *Stilbocrocis heeri* † : Üst Karbonda yaşamış bir *Paleodictyoptera* (Wurmbach'dan).

14.1.3.2.6. *Permiyen* (230-205 milyon)

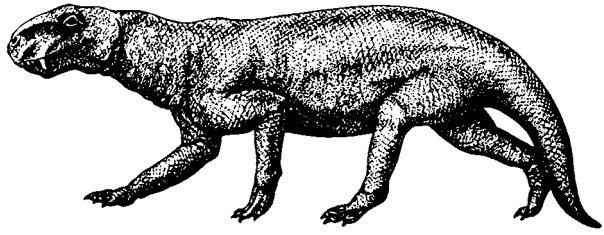
Geniş coğrafik ve iklim değişikliklerinin olmasıyla özellik kazanmıştır. Karalar yükselmeye ve iklim kuraklaşmaya başlar; dolayısıyla bataklıklar kurur; deniz birçok yerde geri çekilir (Şekil 14.19). Kozalak taşıyan bitkiler gelişir. Bunlar gerçek koniferler (çam, ladin, ağaçsı baldıran, köknar)'dir. Antartika'dan ekvatora kadar olan bölge buzlarla kaplanmıştı; kuzey yarım küre buzulsuz; fakat soğuktu. Devrin sonuna doğ-

Şekil 14.19 : Perm'deki (230 milyon yıl önce) bazı *Pelycosaurus*'ların görünüşü. Bir kısmı geniş yüzgeç benzeri uzantılara sahiptir. Bir kısmı da sürüngenlere benzer. Sağda, başları üçgenimsi, yassı amfibilere benzer semenderler görülmektedir (Villee'den).



Şekil 14.20 : *Synapsid*'ler ya da memeli benzeri sürüngenlerin evrimi.

ru Appalaş'ların yükselmesi ve geniş bir buzul devrinin başlamasıyla hayvanların büyük bir kısmı ölür. Amfibiler iklimin kuraklaşması sonucunda gittikçe azalırlar. Bunların yerini sürüngenler almaya başlar. Bununla beraber sürüngenler hâlâ çoğunlukta değillerdir. *Trilobit*'ler tamamen kaybolmuştur; saplı *Brachiopod*'lar, *Cephalopod*'lar ve diğer omurgasızlar küçük gruplar halinde relikt (arta kalmış) olarak bulunur. Böcek fosilleri bu devirde çok az görülür; çünkü dünyanın birçok bölgesi soğumuştur. Karbonifer'de ortaya çıkmaya başlayan sürüngenler yani *Cotylosauria, Thecodonta, Testudinata, Ichtiosauria, Pleistosauria* ve ileride memelilerin atasını oluşturacak 'P e l y c o s a u r u s ' u meydana getirir (Şekil 14.16). Bu hayvandan, devrin sonuna doğru 'T h e r a p s i d ' ler oluşmuştur (Şekil 14.20). Bu son hayvan grubu kertenkeleler ile memeliler arasında birçok özellik gösterir (Şekil 14.21). Dişleri sürüngenlerde olduğu gibi birbirine benzeyen konik dişler halinde değil, kesici, köpek ve azı dişleri diye ayrılmaya başlamıştır. Yumuşak kısımlarına ait fosiller olmadığından, doğurup doğurmadığını ve yavrularını emzirip emzirmediğini bilemiyoruz.



Şekil 14.21 : Sürüngen benzeri bir memeli *(Lycaenops)* Güney Afrika'da Perm sedimanlarında bulunmuştur (Villee'den).

14.1.3.3. *II. Zaman-Mezozoyik* (205-75 milyon) *Sürüngenler Devri*

Bundan 205.000.000 yıl önce başlar ve 75.000.000 yıl öncesine kadar devam eder. Triyas, Jura ve Kretase diye üç devire ayrılır. Bu zamanda kıtaların büyük bir kısmı su üzerinde bulunuyordu; iklim oldukça kurak ve sıcaktı. Büyük vücutlu sürüngenlerin bol miktarda bulunmasıyla ve her ekolojik nişi işgal etmeleriyle özellik kazanmıştır. Baskın bitki türleri açıktohumlulardır (*Gymnosperm*). *Cycadofilicales* (palmiye yapraklı tohumlular)'ten Karbonifer'de evrimleşen *Cycad*'lar Jura'da evrimsel doruğa erişmiştir. Bazıları (*Bennetites*'ler = yelpaze yapraklı tohumlular) 10 m. kadar yüksekliktedir ve terminal yaprakları ağacın gövdesi kadar uzunluğa sahiptir. Çoğalma şekli çiçeğe benzeyen bir yapı ile düzenlenmiştir. İkinci zamanın sonuna doğru *Cycad*'lar gerilerken, ilkel *Cordait*'lerden türeyen yeni *Gymnosperm*'ler, geri kalan bölümde hakim olmuştur. Aynı zamanda kapalıtohumlular (*Angiosperm*) da evrimsel dallanma gösterir. İlk kapalıtohumlu (*Angiosperm*) fosilleri Kretase'den beri vardır. Kretase'nin sonunda Alp, Himalaya ve Amerika'daki Kayalık dağları oluşmuştur. Bu devrin en büyük özelliği, sürüngenlerin fevkalade çeşitlenmeleri, yayılmaları ve zamanın sonuna doğru da ortadan kalkmalarıdır. Sürüngenler bu devirde birçok

kol üzerinden gelişme göstermiştir. Kaplumbağalar genellikle bugüne kadar değişmeden gelmiştir (*Testudinata*). Ana grup, timsahların bulunduğu gruptur. Ataları 'Archosaurus' olup, bugün *Aligator* ve *Crocodil*'lerle temsil edilmektedir. Devrin en gözde sürüngenleri Dinosaurus'lar ve Kretase'de büyük boyutlara ulaşan Brontosaurus (29 m. boyunda ve 50 ton ağırlığında), Brachiosaurus vs.'dir. Ayrıca bu devirde uçan sürüngenlere de rastlıyoruz. Büyüklükleri küçük bir kuş kadar olmasına karşın kanatları açılınca 9 m.'ye ulaşan formlar 'Pteranodon' görülmektedir. Bu hayvanlar Kretase'nin sonunda tükenmiştir. Bugün yeni Zellanda'da yaşamakta olan Sphenodon punctatus da (başının üstünde üçüncü bir göz taşımaktadır) bu devirdeki Cotylosaurus 'dan türemiştir.

14.1.3.3.1. *Triyas* (205-165 milyon)

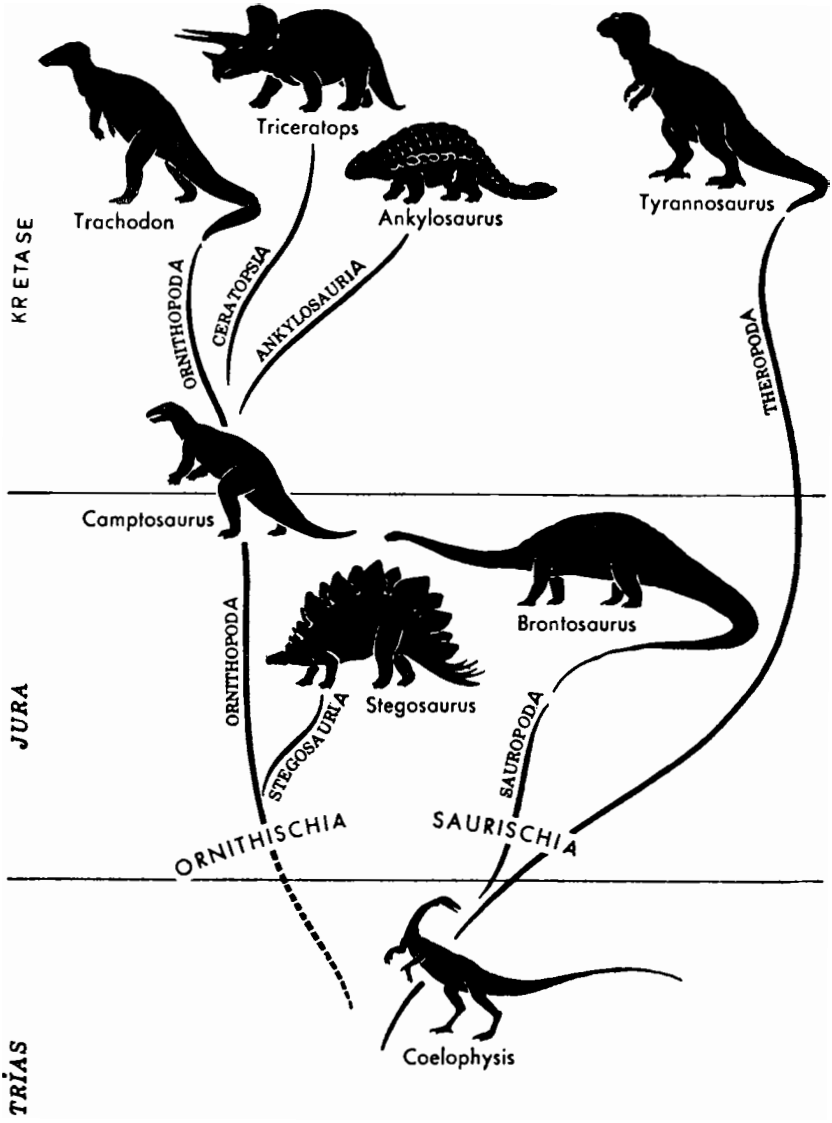
Küçük gövdeli sürüngenlerin ve açıktohumluların (*Gymnosperm*) baskın olduğu bir dönemdir. Memeliler Triyas'ta ola ki sürüngenlerden; kuşlar da Jura'da yine bu gruptan türemişlerdir; en azından kökenlerini oluşturacak değişiklikleri bu devirde göstermişlerdir. Bugünkü böceklerin birçoğu kökenini Triyas'tan alır. Ayrıca salyangozlar,iki kabuklu yumuşakçalar ve deniz kirpileri yine Triyas'ta büyük bir evrim göstermiştir.

14.1.3.3.2. *Jura* (165-135 milyon)

Sürüngenler tam anlamıyla yaygın durumdadırlar. Dev sürüngenler oluşmuştur. İkinci zamanın sürüngenleri içerisinde en çok dikkati çeken, korkunç kertenkeleler denen *Dinosaurus*'lardır (Şekil 14.22). Triyasın başlarında küçük önemsiz hayvanlar oldukları halde, Jura ve Kretase boyunca bir taraftan büyüklükleri artarken, tür çeşidi bakımından da zenginleşmişlerdir. İkinci zamanla birlikte dinozorlar da ortadan kalkmıştır. İskeletlerindeki kuvvetli arka bacak yapısı ve çamurlarda kalan ayak izleri büyük vücutlu olanlarının bile iki arka bacak üzerinde yürüme yeteneğine sahip bulunduğunu göstermektedir. Buna göre dört bacaklı hayvanların iki ayak üzerinde yürüme davranışının oldukça eski bir geçmişi vardır.

Dinozorlar iki grup halinde görülür. Bunlardan *Saurischia* (sürüngen kalça kemerli dinozorlar) Triyas'ta türemiş ve varlığını Kretase sonuna kadar korumuştur. İlk formlar iki ayak üzerinde hareket eden horoz büyüklüğündeki canlılardı. Kretase'de yaşayan dev etçil sürüngen *Tynannosaurus*'ta, yükseklik 6 m.'yi boy 12 m.'yi bulmuştur. *Saurischia*'nın bir kısmı Triyas'ın sonuna doğru bitki ile beslenen dört ayaklı formlara, Jura ve Kretase'de de çok sayıda iki yaşamlı formlara evrimleştiler. Dört ayaklı formlardan *Brontosaurus*'lar 21 m. ve *Diplodocus*'lar 29 m. boyunda,40-50 ton ağırlığındadır.

İkinci grubu oluşturan *Ornithishia* (kuş tipi kalça kemerliler) belki de türeyişlerinden itibaren bitki ile beslenen dinozorları içerir. Bir kısmı iki ayak üzerinde yürü-

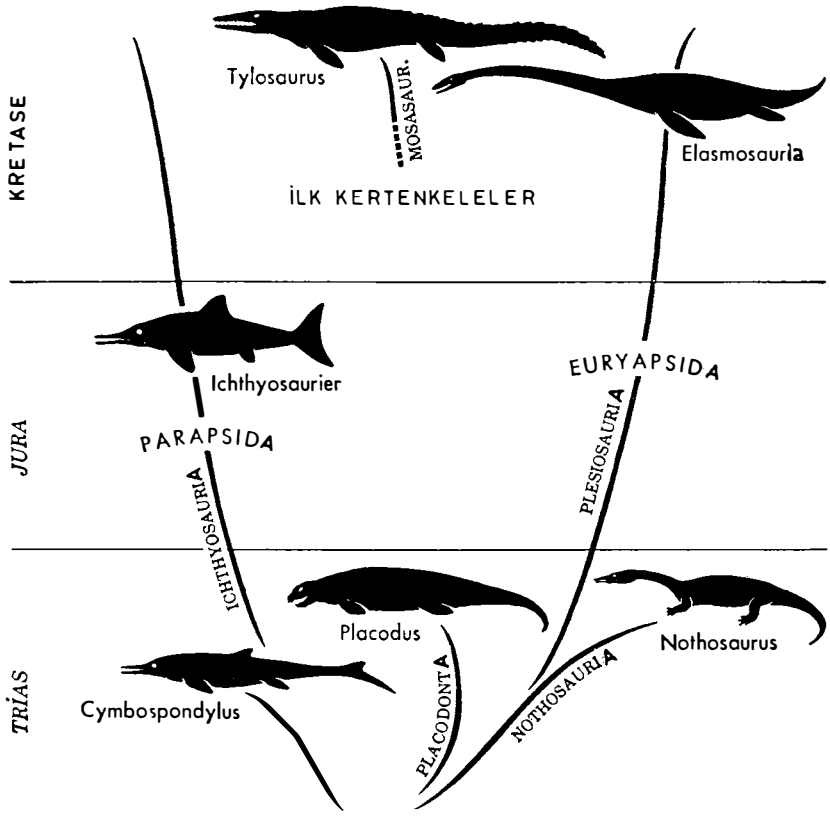


Şekil 14.22 : Dinozorların evrimi (Colbert'den).

mekle beraber, genellikle dört ayak üzerinde hareket eden hayvanlardır. Bu grupta dişler kaybolmuş ve baş öne doğru gaga biçiminde uzamıştır. Bazılarında etçil *Saurischia*'lara karşı koruyucu olarak zırh şeklinde plakalar bulunmaktadır.

Mezozoyik sürügenleri içerisinde tamamen sucul yaşama uyum yapan iki grup vardır (Şekil 14.23). Bunlardan *Pleistosaurus*'larda vücut dorso-ventral yassılaşmış olup, hareket,yüzgeç şeklini alan üyelerin hareketi ile sağlanır. *Ichtiosaurus*'lar genel vücut şekli yönünden balinalara benzemektedir. Büyük bir dorsal yüzgeç bulunmakla beraber,hareket, kuyruk aracılığı ile sağlanmaktadır. Ana vücudu içerisinde yavru

iskeletinin bulunduğu fosillere rastlanılması, gelişimin ana vücudu içerisinde tamamlandığını göstermektedir.



Şekil 14.23 : Mezozoyik denizel sürüngenlerinin akrabalık ilişkileri (Colbert'den).

İkinci zamanda 20 sürüngen takımı olmakla beraber günümüzde ancak kaplumbağalar, kertenkeleler, yılanlar, timsahlar ve sadece *Sphenodon punctatus* ile temsil edilen *Rhyncocephalia* takımı yaşamaktadır. Sıcakkanlılık bu devirde ortaya çıkmıştır. Bu özelliği kazanan hayvanlar soğukkanlılara karşı büyük bir üstünlük sağlamıştır. Jura'da sürüngenlerle kuşlar arasında geçit formu olarak kabul edilen A r c h a e o p t e r y x ' e ait fosiller bulunmuştur (karga büyüklüğünde, zayıf kanatlı, çeneler dişli ve tüylü kuyruğu sürüngen kuyruğu gibi uzundur) (Şekil 14.24). Ayrıca Kretase'de H e s p e r o n i s denen uçma yeteneği olmayan bir kuşun fosili daha bulunmuştur. Bugün yaşayan kuşların ayaklarındaki pullar onların sürüngenlerden geldiğini göstermektedir. Devrin sonuna doğru birçok gerçek kuş ve çiçekli bitki (yani, *Angiosperm*'ler) görülmeye başlar.

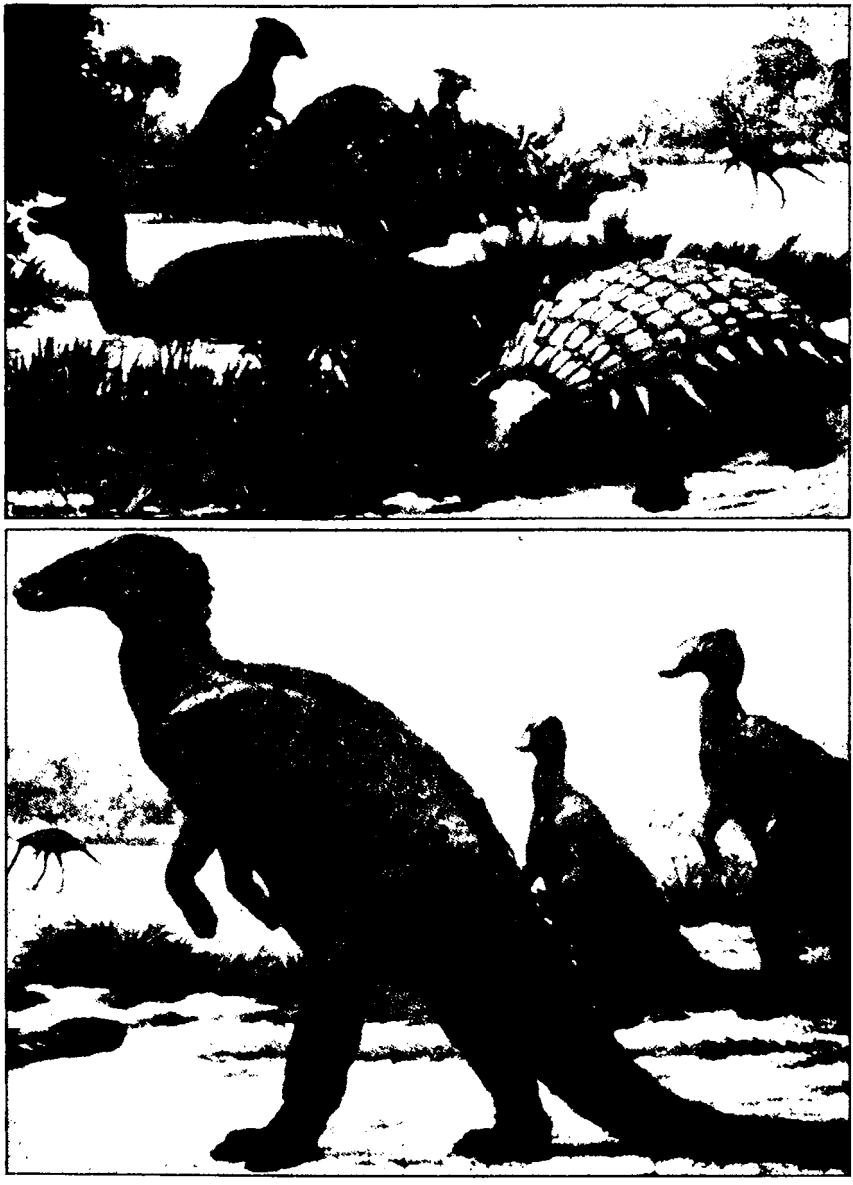


Şekil 14.24 : Tanınan en eski kuş *Archaeopteryx*'in iskelet ve teleklerini taşıyan fosili. Resim doğal büyüklüğünün üçte biri kadardır (Colbert'den).

14.1.3.3.3. *Kretase* (135-75 milyon)

Çiçekli bitkilerin yaygınlaşması sonucu, dünyanın yüzü bugünkü görünüme benzer bir şekil almıştır (Şekil 14.25). Kretase'nin sonunda sürüngenler büyük ölçüde kaybolur. Büyük bir olasılıkla Alp, Kayalık ve And dağlarının kıvrımları sonucu meydana gelen yeni ortama uyamamışlardır. İklim biraz daha soğuk (kutuplarda büyük buz kütleleri yığılmıştır) ve kuraktır. Herbivor (otçul) sürüngenlere besin kaynağı olan bitkilerin çoğu kaybolmuştur. Bitkiyle beslenen bu sürüngenlerin çoğunun vücutları büyük, üye ve iskeletleri oransal olarak zayıf olduğundan dolayı karada ayakta durmaları zordu, dolayısıyla bataklık yerlerde yaşayıp vücut ağırlığını daha büyük bir

yüzeye yayılıyorlardı. İklim kuraklaşınca bataklıklarla beraber bu hayvanlar da ort kalktı. Sıcakkanlı memeliler ve kuşlar her çeşit ortama çok daha mükemmel u yapabiliyorlardı ve besin rekabetinde sürüngenleri saf dışı etmişlerdi. Sıcakkanlı vanlarda türleşme hızlanmıştı. Ayrıca birçoğunun sürüngen yumurtası yeme grubun ortadan kalkmasını büyük ölçüde hızlandırmıştı. Sürüngenlerin ortadan ması belki de bundan başka birçok nedene dayanmaktadır.



Şekil 14.25 : Kretase'den bir görünüm (Barnes'den).

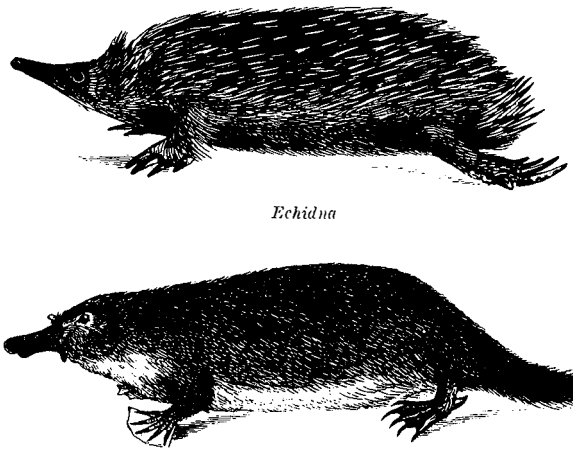
14.1.3.4. *III. Zaman-Senozoyik* (75 miyon ⟶) = *Memeli ve Ot Devri*

Bu zamanda memeli hayvanlar, kuşlar, böcekler ve çiçekli bitkiler (genellikle otsu ve senelik bitkiler) bir evrimleşme gösterdiği için bu devreye kuş, memeli, çiçekli bitkiler ve böcek devri de denebilir. Alp ve Himalaya bu zamanın başında yükselmiştir. İki alt zamana veya üst devire ayrılır. Birincisi Tersiyer'dir. Zamanımızdan 75.000.000 yıl önce başlar ve 1.000.000 yıl öncesine kadar devam eder. İkinci zamanın açıktohumlular (*Gymniosperm*) devri olması gibi, üçüncü zaman tartışmasız olarak kapalıtohumlular (*Angiosperm*) devri olarak kabul edilir. Alt zamanın ortalarına doğru kuzey yarımkürede havalar soğumaya ve buzullaşma koşulları ortaya çıkmaya başlamıştır. Grönland'da palmiye ve hindistan cevizinin yetişmesi başlangıçta sıcaklığın 25°C civarında olduğunu göstermektedir. Alp dağlarının oluşumunun başlaması ile Oligosen'de yapraklarını döken ağaçlar artmış, ortalama sıcaklık 15°C civarında iken mercanlar önce Akdeniz'e, daha sonra Kızıldeniz'e çekilmiştir. İlk devamlı kar bölgesinin oluştuğu bu dönemde ılıman ve tropik bölge bitkileri güneye çekilmiştir. Yıllık bitkilerin oranında artış (kışı tohum halinde geçirirler); orman topluluklarında gerileme olmuştur. Bitki örtüsündeki değişme hayvanların evrimini etkilemiştir. Nitekim memeli hayvanlarda, ağaçların üzerinde yaşayan türlerden toprak yüzünde yaşayan türler evrimleşmiştir.

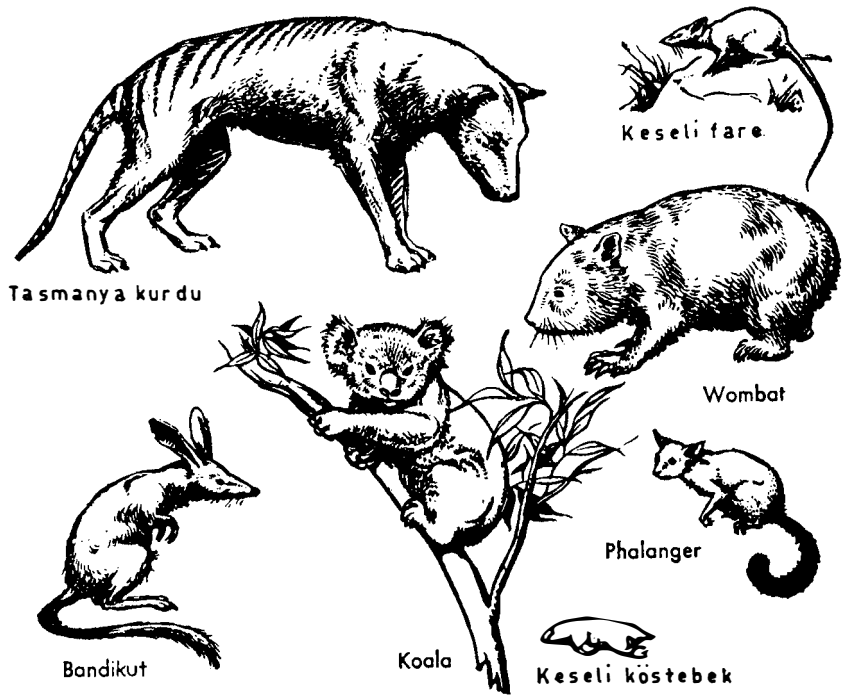
İkinci zamanda başlayan memeli hayvanlara ait dallanma, üçüncü zamanda olağanüstü artmıştır. Mezozoyik'de memeli dallanması başlamıştı. *Prototheria, Metatheria* ve *Eutheria* olmak üzere üç alt sınıfa bağlı 24 takım bulunuyordu. İlk iki alt sınıfın temsilcileri bugün Avustralya'da yaşamaktadır (*Ornythorhynchus, Echidna* ve *Macropus*). *Eutheria* bugün tür zenginliği ile belirgin olan plazentalı memeli hayvanlardır. Memeli hayvanlara ait fazla fosil bulunmakla birlikte düzenli serilere fil ve atlarda rastlanır.

14.1.3.4.1. *Tersiyer*

Beş büyük devreye ayrılmıştır. P a l e o s e n, E o s e n, O l i g o s e n, M i o s e n ve P l i o s e n. Hakiki memelilere ait fosillerin bir kısmına II. zamanda rastlıyoruz. Bunlar yumurta bırakan memeli hayvanlardır (O r n i t h o r h y n c h u s ve E c h i d n a, bugün Avustralya'da yaşamaktadır) (Şekil 14.26). Kretase'nin sonuna doğru artık doğurma başlamıştır; fakat gelişimin çok erken evrelerinde yavru dışarıya atılır ve dışarıda bir kese içerisinde gelişimine devam eder (M a r s u p i a l i a). Bu hayvanların bugüne kadar yalnız Avustralya'da yaşamalarının nedeni, bu zamanda Avustralya kıtasının ana kıtadan ayrılması ve orada plazentalı memelilerin oluşmaması ve onların yaşantılarına devam edebilme olanağı bulmalarındadır (Şekil 14.27). Aksi taktirde plazentalı hayvanların rekabet üstünlüğü dolayısıyla yok olup gideceklerdi. Nitekim diğer kara parçalarında, birkaç istisna hariç (bazı keseli sıçan, kedi, köstebek, ayı ve bir tür kurt) tamamen yok olmuşlardır. İlk memeliler, sürüngenler gibi konik dişlere, küçük bir beyne ve her üyede beş parmağa sahiptiler.

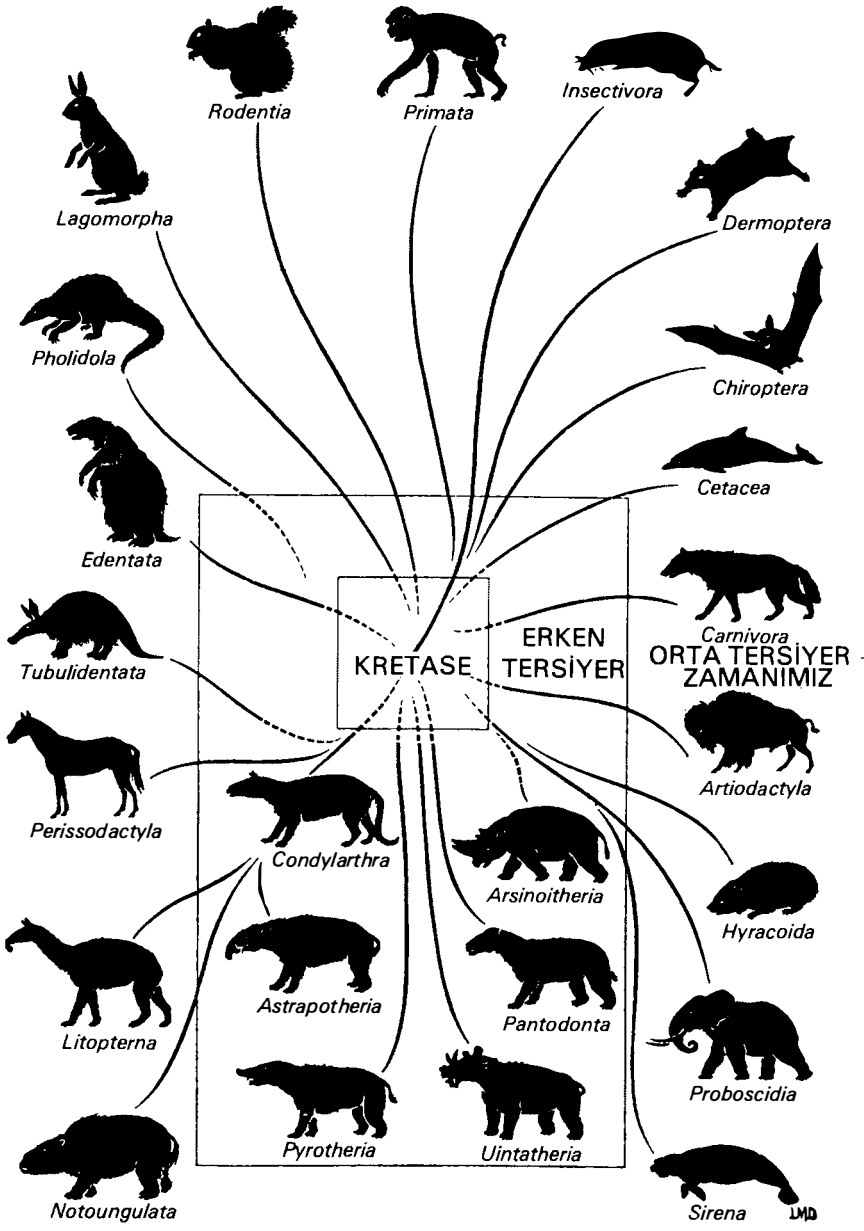


Şekil 14.26:
Yumurta bırakan memelilere iki örnek (Kosswig'den).



Şekil 14.27: Avustralya'da yaşayan (zamanımızda) keseli hayvanların uyumsal açılımı (Colbert'den).

Tabanları ile yürüyorlardı. Tersiyer boyunca buğdaygillerin evrimleşmesi dolayısıyla, bunlarla beslenen memeli hayvanların vücut yapılarında da değişiklikler meydana gelmiştir. Beynin hacmi artmış, ayak şekilleri ve yere basışı değişmiştir; diş şekli trikübit ve multitüberkülattır. Yeni formlar çıkınca ilkel formlar kaybolmuştur. Tersiyer'in başlangıcında, Kretase'de seyrek rastlanan plazentalı hayvanlara, artık birçok form halinde rastlanmaktadır (Şekil 14.28).



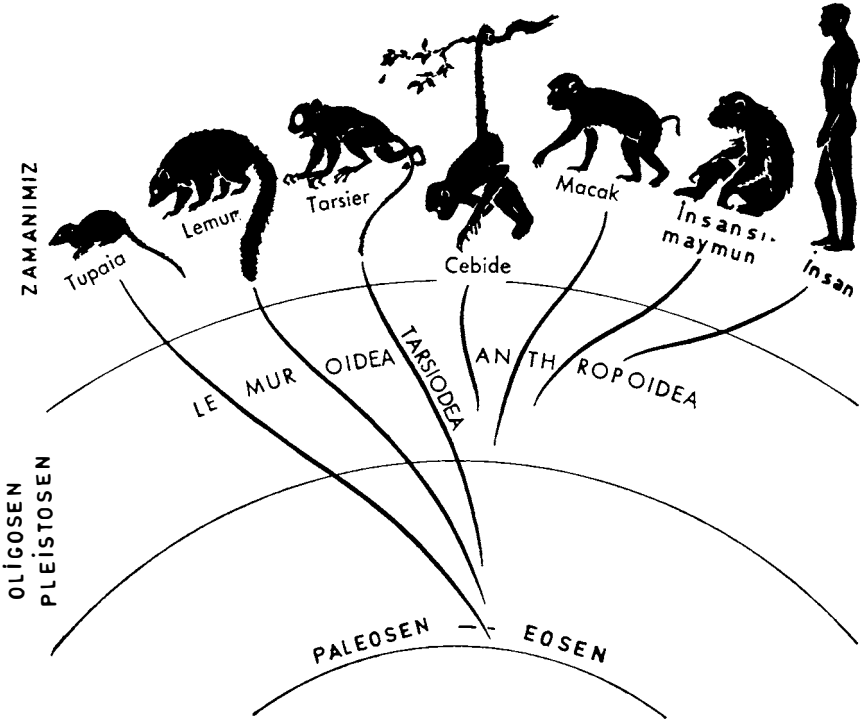
Şekil 14.28: Plazentalı memeli takımlarının akrabalık ilişkileri (Colbert'den).

Üçüncü zamanda evrimleşen gruplar ya ikinci zaman sürüngenlerinden boşalan habitat ve nişlere yerleşmişler ya da yeni habitatlara girmişlerdir. Karasal memeli hayvanlar dinozorlardan, sucul memeli hayvanlar *Ichtiosaurus* ve *Pleistosaurus*'lardan, yarasa ve kuşlar da *Pterosaurus*'lardan boşalan alanlara yerleşmiştir. Plazentalı memeli hayvanların en ilkel grubunu *Insectivora* oluşturur. Bugünkü temsilcilerinden

Talpa ve *Sorex*, atalarına ait özelliklerin çoğunu taşıyarak zamanımıza kadar gelebilmesi, toprak altı ve kovuk gibi yerlerde yaşamalarına bağlanabilir. İnsan da dahil olmak üzere yüksek memeli hayvan gruplarının, benzer özellikleri bulunan *Insectivor*'lardan türediği kabul edilmektedir (Şekil 19.5). *Insectivora*'dan ayrılan bir dal primatlardır.

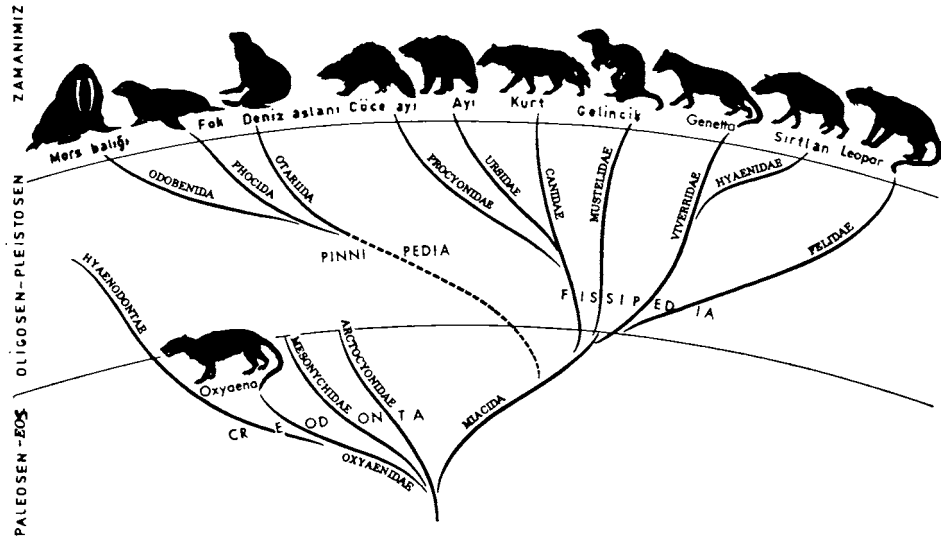
Paleosen'in başlarında ağaçta yaşayan memeli kökünden, *Insectivora* ve *Primates* takımları evrimleşmiştir. Modern böcekçil memeli hayvanların çoğu, özellikle köstebek (*Talpa*) ve tarlafareleri (*Sorex*) modern *Primat*'lardan çok farklıdır. Bununla birlikte bugün yaşayan bazı *Sorex*'ler *Insectivor*'lara benzer ve onun içinde sınıflandırılır; bazıları bugünkü ilkel *Primat*'lara benzerlik gösterir ve bunların arasında sınıflandırılır. Fosil kayıtları *Primat* ve *Insectivor*'ların yakın gruplar olduğunu ve *Primat*'ların *Sorex*'lere benzer, ağaçta yaşayan bir *Insectivor* kökten evrimleştiğini gösterir (daha geniş bilgi için insanın evrimine bkz!). Yarasalar da böcekçil kökten evrimleşmiştir.

Böcekçil kökten evrimleşen ilk *Primat* grubu ilkel *Prosimian*'lardır. Bunlar, küçük vücutlu, *Sorex*'lere benzer görünümlü; sivri ve uzun burunlu; fırça gibi uzun kuyruklu hayvanlardır. Paleosen süresince bu ilkel *Prosimian*'dan birçok evrim hatları ayrılmıştır. Bugün, bunlardan belli başlı beş grup yaşamaktadır. *Lemuroid*'ler, *Tarsoid*'ler, *Ceboid*'ler, *Cercopithecoid*'ler ve *Hominoid*'ler (Şekil 14.29 ve 23.6-7).

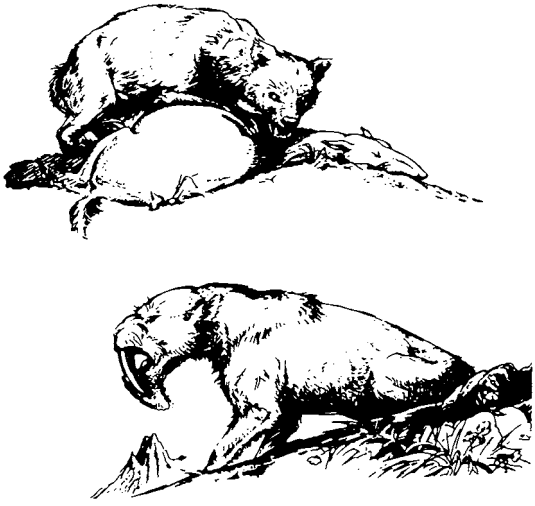


Şekil 14.29 : Primatların akrabalık ilişkileri ve evrimleri (Colbert'den).

Bugün, memelilerin bir grubunu oluşturan etoburlar *(Carnivora),* Paleosen ve Eosen'de, *Creodonta* ile temsil edilmiştir. Eosen'in sonunda ve Oligosen'de daha evrimli formlar görülmüştür (Şekil 14.30). Balina ve yunuslar *Creodonta*'dan ayrılan bir kökten gelmiştir. Bunlar arasında ele geçen en ilginç fosil hançer dişli kaplana aittir. Üst çenede hançere benzer köpek dişleri vardır. Alt çene, bu dişlerin ava hançer gibi saplanmasına olanak verecek şekilde hareket etmeye uygun bir yapıya sahiptir (Şekil 14.31). Bu tür, Pleistosen'de ortadan kalkmıştır.



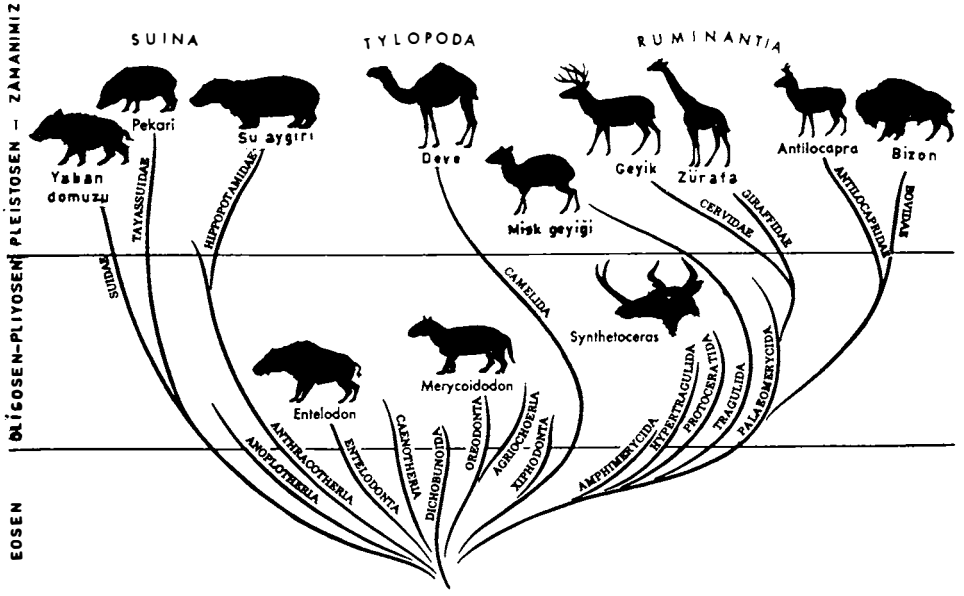
Şekil 14.30 : Karnivorların (etoburların) akrabalık ilişkileri ve evrimleri (Colbert'den).



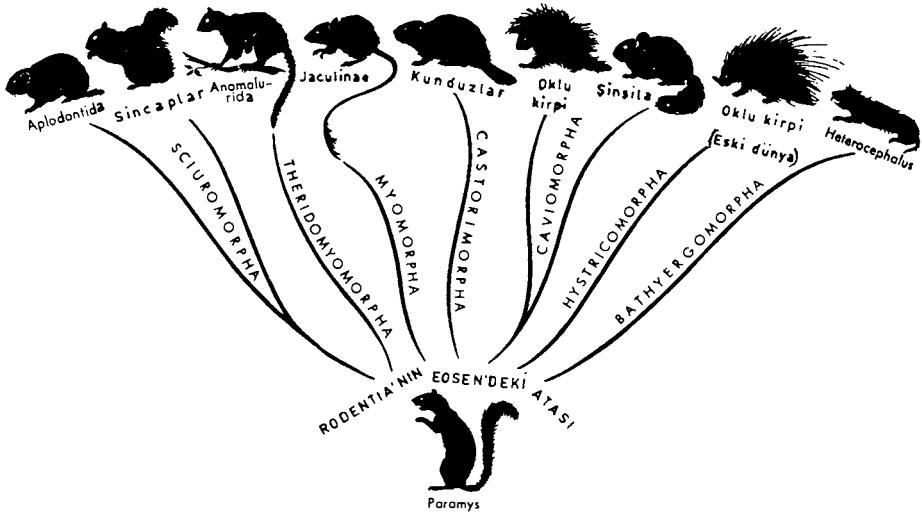
Şekil 14.31

Orta ve üst Tersiyer'de et yiyen Marsupial (keseli) hayvanlar. Üstte: Bir kurt büyüklüğünde *Borhyaena;* Altta: Jaguar büyüklüğünde *Thylacosmilus.* Sonuncusunun birbirine paralel büyük dişlerine dikkat ediniz (Colbert'den).

Karnivorlara karşın bitkisel maddeler üzerinde beslenen memeli hayvanlardan *Perissodactyla* takımının üyesi olan atların, küçük bir memeli hayvan olan *Eohippus (Hyrachotherium)*'dan *Pliohippus*'a kadar geliştiği görülür. *Artiodactyla* takımının üyelerine Paleosen'den itibaren rastlanır. İlk örnekleri *Condylartta (Ungulata)*'lardır (Şekil 14.32). *Proboscidea* takımının üyelerini Eosen'de yaşamış olan ve *Moeritherium* denen hortumsuz domuz büyüklüğündeki bir köke kadar izleme olanağı vardır. Bugünkü fillerin akrabası olan mamutlar böyle bir kökten gelerek üçüncü zamanda yaşamıştır (fillerin evrimine bkz!).



Şekil 14.32: Çift tırnaklıların, yani *Artiodacty*'lerin evrimi (Colbert'den).



Şekil 14.33: Kemiricilerin akrabalık ilişkileri ve evrimleri (Colbert'den).

Bugün başarılı bir grup olarak görülen *Rodentia*'nın evrimine ilişkin ayrıntılı bilgi olmamakla beraber *Allotheria*'nın bunlara ait ilk fosiller olduğu sanılmaktadır (Şekil 14.33). Bunlarda, baş, genel şekli itibariyle tavşanı andırır, uzun kesici dişler ve azı dişleri vardır. Jura'dan alt Eosen'e kadar yaşamıştır.

Üçüncü zaman birçok memeli hayvanın ve çiçekli bitkinin dallandığı bir zaman olduğu için devirlere göre ayrıca inceleme yararlı olacaktır.

14.1.3.4.1.1. *Paleosen* (75-60 milyon)

Memelilerin gelişiminin hızlanmasıyla özellik kazanmıştır. Memeli beyni büyümüş, öğrendiği davranışlar içgüdü olarak yapıya katılmaya başlamıştır. Ayakları, yaşadığı ortama uygun olarak tek tırnaktan (atta), çift tırnağa (geviş getirenlerde) ve pençeye kadar (yırtıcılarda) farklılaşmıştır.

14.1.3.4.1.2. *Eosen* (60-40 milyon)

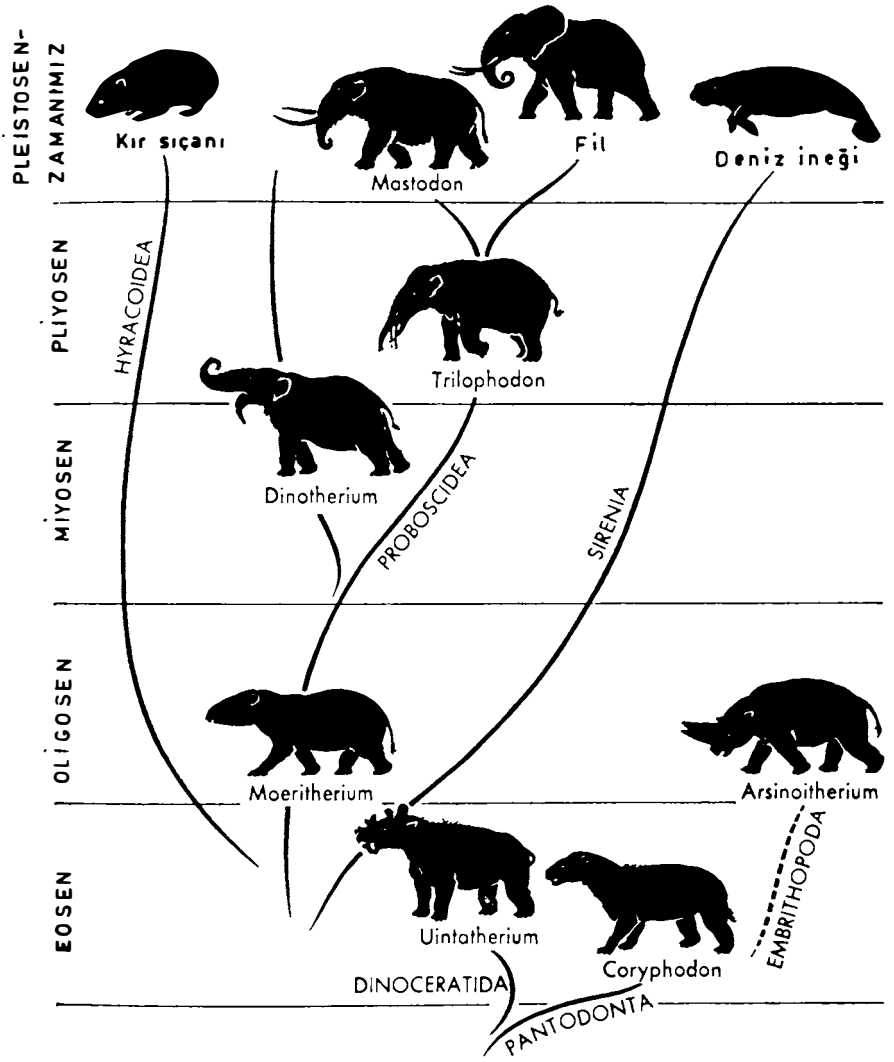
Böcekler büyük çeşitlenme ve dallanma göstermiştirler. Keseli memeliler (*Marsupialia*) yaygınlaşmış ve çeşitlenmiştir. Memelilerin birçoğu otsu bitkilerle beslenecek şekilde değişmeye uğramış ve yırtıcılar bu otçul hayvanlar üzerinde beslenmeye başlamıştır. Bunun sonucu olarak otçul hayvanların bir kısmı kaçmak için hızlarını artırmıştırlar (at gibi); bir kısmı kalın veya zırhlı bir deriye sahip olarak (tatu ve kirpi gibi), bir kısmı da vücutlarını büyültmek suretiyle (fil gibi) yırtıcılardan korunmaya çalışmışlardır. Fare benzeri memeliler de saklanmak suretiyle yırtıcılardan korunmuşlardır. Yarasa, uçma yeteneğini kazanmıştır.

14.1.3.4.1.3. *Oligosen* (40-30 milyon)

Geviş getiren hayvanlar diğerlerine göre daha yaygınlaşmıştır. Kama dişli kaplan otçul hayvanların derilerini delmek için özel bir gelişim göstermiştir. Kirpi benzeri hayvanlar Afrika'da gelişmiş ve daha sonra Amerika'ya yayılmıştır. Memelilerin bir kısmı tekrar suya dönmüş, denizaygırlarını, balinaları ve yunusbalıklarını meydana getirmiştir. *Primat*'ların ilkel fosilleri ilk defa bu devirde bulunmuştur.

14.1.3.4.1.4. *Miyosen* (30-10 milyon)

İklim soğumuş ve bitki örtüsü bugünküne oldukça benzemeye başlamıştır. Develer, gergedanlar ve tapir familyaları Kuzey Amerika'da bulunmuştur. Bu devrin sonuna doğru dört dişli dev *Mastodon* (filin atası) Kuzey Amerika'da yaygındır (Şekil 14.34). Ayıbalığı ve denizaygırları görülmeye başlar. Balinalar gelişmelerinin zirvesine ulaşırlar. *Primat*'lar gelişmeye devam eder; hatta bazı maymun benzeri formlar ortaya çıkar. Bugün yaşayan *Primat* familyalarının ancak yarısı bu devirde belirginleşmeye başlamıştır.



Şekil 14.34 : *Paenungulata*'nın akrabalık ilişkileri ve evrimi (Colbert'den).

14.1.3.4.1.5. *Pliyosen* (10-1 milyon)

Hava daha da soğumuş ve birçok bölge çayırlarla örtülmüştür. Bu çayırlaşmaya parelel olarak toynaklılar gelişmiştir (Şekil 14.32). Oluşan buzul-kara köprüleriyle *Mastodon* ve diğer memeliler Kuzey Amerika'dan Sibirya'ya göç etmiştir. *Marsupialia* yaşam alanlarını genişletmiştir. Devrin sonuna doğru ortaya çıkan plazentalı hayvanların rekabetine dayanamıyarak ortadan kalkmışlardır. *Opossum*, keseli hayvanların Amerika'da yaşayan tek mirascısı olarak kalmıştır. Avustralya kıtası, plazentalı hayvanlar ortaya çıkmadan ana kıtadan ayrıldığı için, keseli hayvanlar büyük bir gelişim ve yayılım göstermişlerdir. Bugün Avustralya'da keseli hayvanlar bulunmasının nedeni orada plazentalı hayvanların ortaya çıkmamasındandır. Toynaklıların

büyük bir kısmı buzul devrinden önce Afrika'ya çekilmiştir. Orada kendilerini emniyete alarak çeşitlenmişlerdir. *Primat*'ların bir kısmı Afrika'da vücutça gelişerek insan benzeri özellikler kazanmıştır.

14.1.3.4.2. *Kuaterner (Anthropozoyik = IV. Zaman)*

III. zamanın ikinci üst devri veya alt zamanıdır. Zamanımızdan 1.000.000 - 1.500.000 yıl önce başlar ve şimdiye kadar devam eder. İki devire ayrılmıştır. P l e i s t o s e n zamanımızdan 25.000 sene öncesine kadar devam eder, ikinci devir ise zamanımızdır. Pleistosen'de dört buzul devri oluşur. Her buzul devrinde buzlar kutuplardan ekvatora doğru ilerler; buzul arası devirlerde tekrar kutuplara doğru çekilirler (şu anda buzul arası devirde yaşamaktayız). Buzul devri başlayınca deniz suları buz kütleleri halinde karalara yığıldığından su seviyesi düşmektedir (bugünkünden aşağı yukarı 185 m. daha düşük; buzul arası devirde su seviyesi yükselmektedir, aşağı yukarı bugünkünden 15 m. kadar daha fazla; bu bize hâlâ tam ortaya gelmediğimizi, buzların biraz daha kutpa doğru çekileceğini ve havaların daha fazla ısınacağını gösterir). Birçok memeli hayvan (mamut ve kama dişli kaplan vs.), ilkel insan çıkınca ortadan kalkmaya başlamıştır. Buzul devrinde birçok boğaz buzullarla birbirine birleştiğinden (örneğin, İngiltere'nin Avrupa ile birleşmesi gibi) hayvanların yayılışı sağlanmıştır (Bering boğazından insanların Amerika'ya geçişi). Egeit kıtasının çökmesinin tamamlanması, Adriyatik ve Ege denizi çukurlarının oluşması bu zamana rastlar. Akdeniz'den gelen su akıntısı, Çanakkale ve İstanbul dere yataklarını kazarak boğazların oluşmasına yol açmıştır. Akdeniz'in tuzlu suları bu yolla Karadeniz'in tatlı suyuna karışınca faunada büyük değişiklik olmasına yol açmıştır. Pleistosen'de ilkel insanın meydana çıkması evrimde önemli bir olaydır. Bunun yanı sıra odunsu bitkiler yavaş yavaş ortadan kalkarken, otsu bitkiler onların yerini doldurmaya başlamıştır.

14.1.3.4.2.1. *Pleistosen* (1 milyon - 25.000 yıl)

İklimin daha da soğumasıyla özellik kazanmıştır. Buzullar yüksek dağların başından ovalara inmeye başlamıştır. Kutuplardan güneye doğru inen buzullar Kuzey Amerika ve Avrupa'yı tamamen örtmüştür. Buzul devri olarak bilinir. Gerçekte buzullar dört defa genişlemiş ve buzul arası devirde geri çekilmiştir (Şekil 23.27). Türlerin büyük bir kısmı bu buzlu çevreye uyum yapamamıştır. Bir kısmı güneye göç etmiştir, bir kısmı da bu soğuk çevreye uyum yapmıştır. Deve, Mastodon (fil), dev geyik, tembel hayvan, dev armadillo bu uyumsuzluktan dolayı yok olmuştur.

İlk insan özellikleri bu devirde ortaya çıkmıştır. Avrupa'daki mağaraların duvarlarına çizilmiş mamut, dev geyik, kama dişli kaplan ve Avrupa bizon sürülerinin resimleri bulunmuştur. Yani bugün fosillerini gördüğümüz birçok hayvanı atalarımız bizzat gözleriyle görmüştür.

14.1.3.4.2.2. *Şimdiki Zaman* (25.000 yıl ——→)

Bugün bilinen canlı formları gelişmiştir. Birçok canlı bu devrin başlangıcında yok edilmiş; bir kısmıda insanlar tarafından bugün yok edilme tehlikesiyle karşı karşı-

yadır. Sanayileşmeye paralel olarak bu yok olma hızlanmaktadır. Bu devirde, insan yapısal olarak bir üst organizmaya gelişmemiştir. Fakat iletişimin hızlanmasıyla, öğrenme, bireyden bireye ve dölden döle aktarılmaya başlamıştır. Dolayısıyla belirli bir kültürün ortaya çıkmasına neden olmuştur. Devrin sonuna doğru kömür, elektrik ve petrol gibi enerji kaynaklarının kullanımı artmış ve birçok gereksinme yapay olarak karşılanmaya başlanmıştır.

Bütün bu paleontolojik kanıtlar bir hayvanın diğerinden (basitten mükemmele doğru) nasıl türediğini kısmen göstermekle beraber; birçok grup arasında büyük kesintiler vardır. Ola ki, gelecekte bulunacak yeni fosillerle bu boşluklar ve kuşkular ortadan kalkacaktır(*).

Omurgalı hayvanların evrimini gözden geçirdiğimiz zaman,

1. Balıklardan memeli hayvanlara kadar işlevsel özelliklerde mükemmele doğru adım adım bir ilerleyiş vardır.

2. Her büyük adım, atasal kuşaktan farklı bir yaşam biçimine sahip olmayı gerektirmiş ya da farklı bir ortamda yaşamaya olanak sağlamıştır. Nitekim *Placoderm*'lerin çene ve dişlere sahip olması, yırtıcı olabilmelerine; sürüngenlerdeki evrimsel değişiklikler, karasal ortamda yaşamaya olanak vermiştir.

3. Ana daldan ayrılan bazı yan dallarda hiçbir değişme gözlenmez iken, başka dallar çeşitli evrimsel değişmeleri meydana getirecek şekilde yeni çeşitlenmeler göstermiştir. Örneğin *Cotylosaurus*'lardan ayrılan bir kol *Therapsid*'leri, onlar da memeli hayvanları meydana getirerek büyük değişikliklere uğrarken, başka evrim hatlarında sürüngen özelliği devam etmiştir.

4. Bazı eski kökler tüm olarak ortadan kalkmış ya da büyük değişikliğe uğramış tiplerle temsil edilmiştir. *Placoderm*'ler milyonlarca yıl önce ortadan kalkmış bir gruptur. Günümüzde kıkırdaklı balıkları oldukça değişikliğe uğramış durumda köpekbalıkları temsil etmektedir.

5. *Latimeria* ve *Sphenodon*'da olduğu gibi bazı evrim hatları sadece yaşayan fosil halinde devam etmektedir.

6. Kuşlar ve memeli hayvanlar gibi bazı evrim hatlarında patlamalar halinde yeni dallar meydana gelmiştir. Omurgalı hayvanların evriminde beş büyük patlama görülür:

a. Devon'da balıkların,

b. Karbonifer sonu ve Perm'de sürüngenlerin,

c. Triyas ve Jura'da büyük sürüngenlerin,

d. Kretase sonlarında ve Senozoyik'te kuşların,

e. Kretase ve Senozoyik'te memeli hayvanların dallanması.

(*) Zamanların ve devirlerin süreleri hatta isimleri yazarlara göre değiştiğinden bu konuda belirli bir kavram kargaşalığı dikkati çekebilir. Biz en çok kullanılan sistemi vermeye çalıştık.

7. Memeli hayvanlar 100 milyon, büyük sürüngenler 200 milyon, ilk sürüngenler 300 milyon, balıklar 400 milyon yıl önce büyük patlamalar halinde çeşitlilik gösterdiğine göre, her 100 milyon yılda bir, büyük omurgalı hayvan gruplarının birinde büyük dallanmaların olduğu izlenimi doğmaktadır.

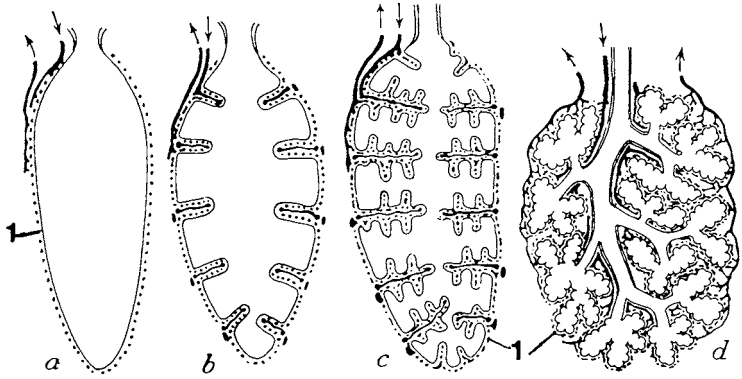
14.2 SINIFLANDIRMADAN ELDE EDİLEN KANITLAR

Sınıflandırma bilimi evrim kavramından çok daha önce başlamıştır. Bu bilmin kurucusu sayılan RAY ve LİNNAEUS, türlerin sabitliğine ve değişmezliğine inanmışlardı. Fakat bugünkü sistematikçiler bir türün isminin ve tanımının verilmesini onun evrimsel ilişkileri içinde ele almayı zorunlu bulmuşlardır. Bugünkü sistematik akrabalık, gruplar arasındaki morfolojik benzerliklere dayandırılmaktadır. Bu karşılaştırma her zaman homolog (kökendeş) organlar arasında yapılmaktadır. Yaşayan canlıların özelliği, belirli bir hiyerarşik sıraya göre dizilip, tür, cins, familya, takım, sınıf ve filum meydana getirmeleridir. Bu hiyerarşik diziliş evrimin en belirli kanıtlarından biridir. Eğer bitki ve hayvanlar kendi aralarında akraba olmasaydılar, bu hiyerarşik sıra meydana gelmeyecek ve birçok grup birbirine benzer olmayacak şekilde gelişmiş olacaktı. Sistematiğin temel birimi türdür. Tür, bir populasyondaki morfolojik, embriyolojik, fizyolojik özellik bakımından birbirine benzeyen ve doğal koşullar altında birbirleriyle birleşip döl meydana getirebilen, aynı fiziksel ve kimyasal uyarılara benzer tepki gösteren, aynı atadan meydana gelmiş birey topluluğudur diye tanımlanmıştır. Bütün canlılarda özellikle birkaç yaşam devresi olan türlerde (bazı sölenterlerde, parazit kurtlarda, larvadan gelişen böceklerde, kurbağagillerde vs.'de) bu tanım birçok bakımlardan yetersiz kalmaktadır. Eğer bir populasyon geniş bir alana yayılmışsa, kendi aralarında bölgesel birçok farklılıklara sahip olur ki biz buna alttür diyoruz. Yapılan ayrıntılı araştırmalarda birçok türün kendi aralarında alttürlere bölündüğü ve her alttürün yanındakinden, küçük farklarla ayrıldığı (deme); fakat onlarla çiftleşebildiği gösterilmiştir. Fakat bu zincirin uçlarının bazı durumlarda farklı tür özelliği gösterebileceğini daha sonraki konularda anlatacağız. Bugün yaşayan hayvanların büyük bir kısmının gruplandırılması kolaydır; çünkü aralarındaki geçit formları kaybolmuştur. Fakat bazı gruplarda geçit formları görüldüğü için, yani her iki grubun da özelliklerini belirli ölçüde taşıyan bazı formlar olduğundan, bu sefer iki grubu birbirinden nerede ayıracağımızı kestirmek oldukça zordur. Bugünkü türler, soy ağacının en uçtaki dallarıdır ve genellikle kendine en yakın olan diğer dallarla karşılaştırılır. Ana gövde ve ana dallar zamanımızda kaybolmuştur. Evrimde bütün sorun hangi dalın hangi ana daldan ve gövdeden çıktığını şematize edebilmektir.

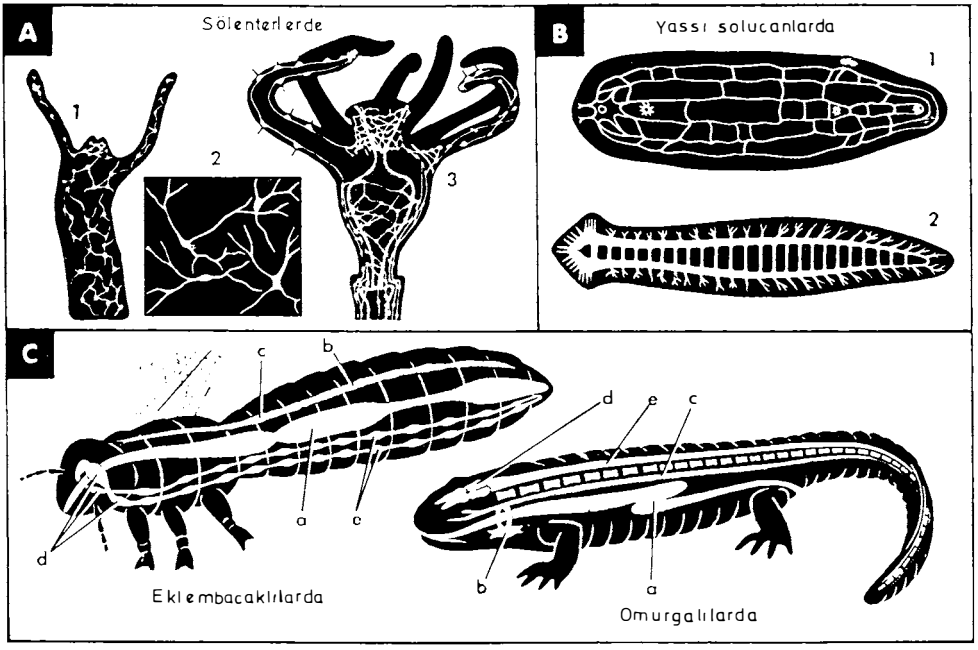
14.3 MORFOLOJİDEN ELDE EDİLEN KANITLAR

Canlıların homolog (aynı kökenden gelme) organları arasında yapılan karşılaştırmadan elde edilen kanıtlardır. Örneğin, balıktan insana kadar bütün omurgalılar, sırtta bir omur dizisi, onun karın tarafında sindirim kanalı ve birçoğunda metamerik

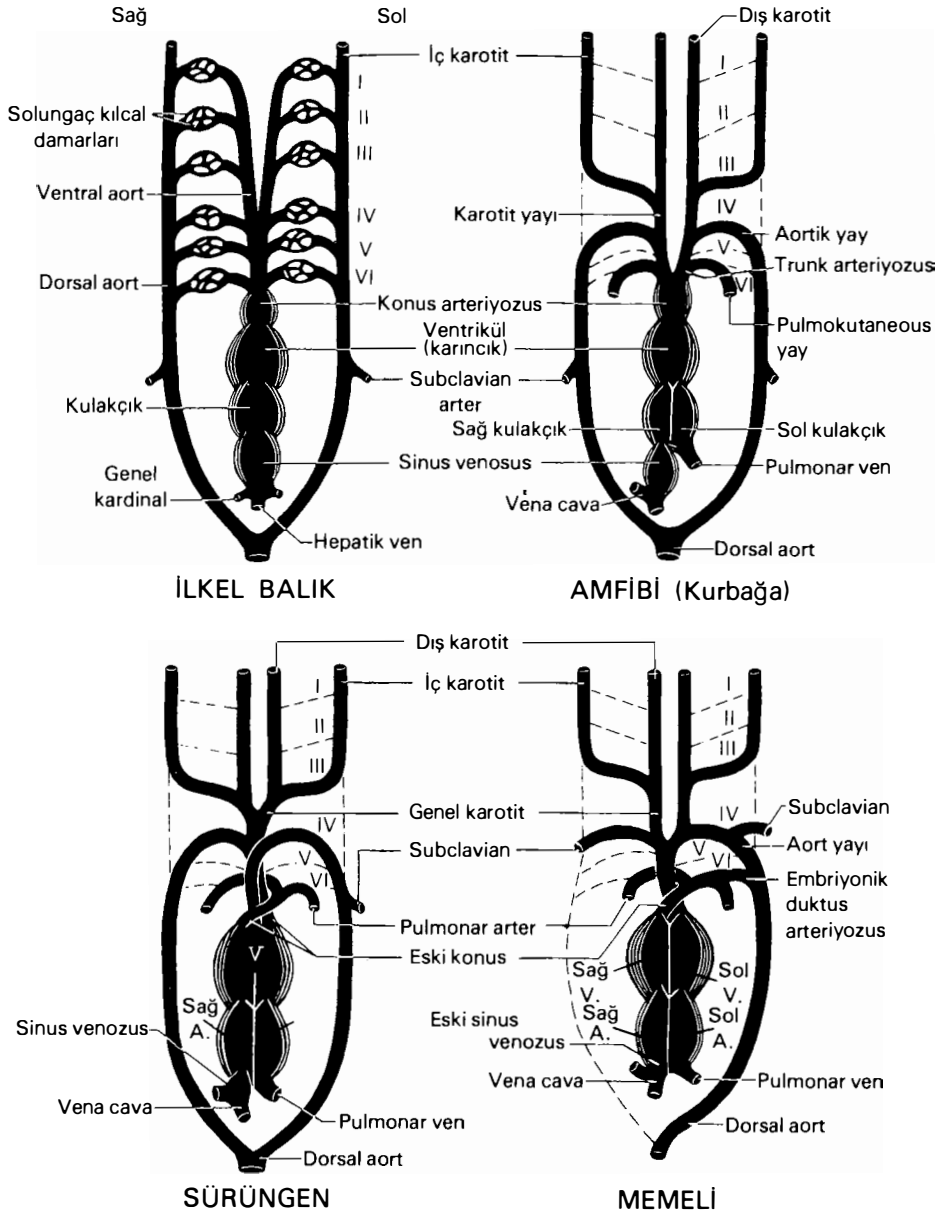
dizilmiş kas ve sinir sistemi, yerleri ve bir noktada yapılışları aynı olan böbrek, pankreas, dalak, kalp, beyin vs. gibi organları taşırlar (Şekil 14.35, 36, 37 ve 38).



Şekil 14.35: Akciğer tipleri: a) Düz çeperli, 1. Solunum kılcal damarları (bazı amfibilerde, örneğin semenderlerde), b) Katlanmış kenarlara sahip akciğer (bazı amfibilerde), c) Dallanmış çeperli akciğer (bazı amfibilerde ve sürüngenlerde), d) Bronşçuklar şeklinde dallanmış akciğer (memeli hayvanlarda). ⟶ Kanın akış yönünü gösterir (Kühn'den).

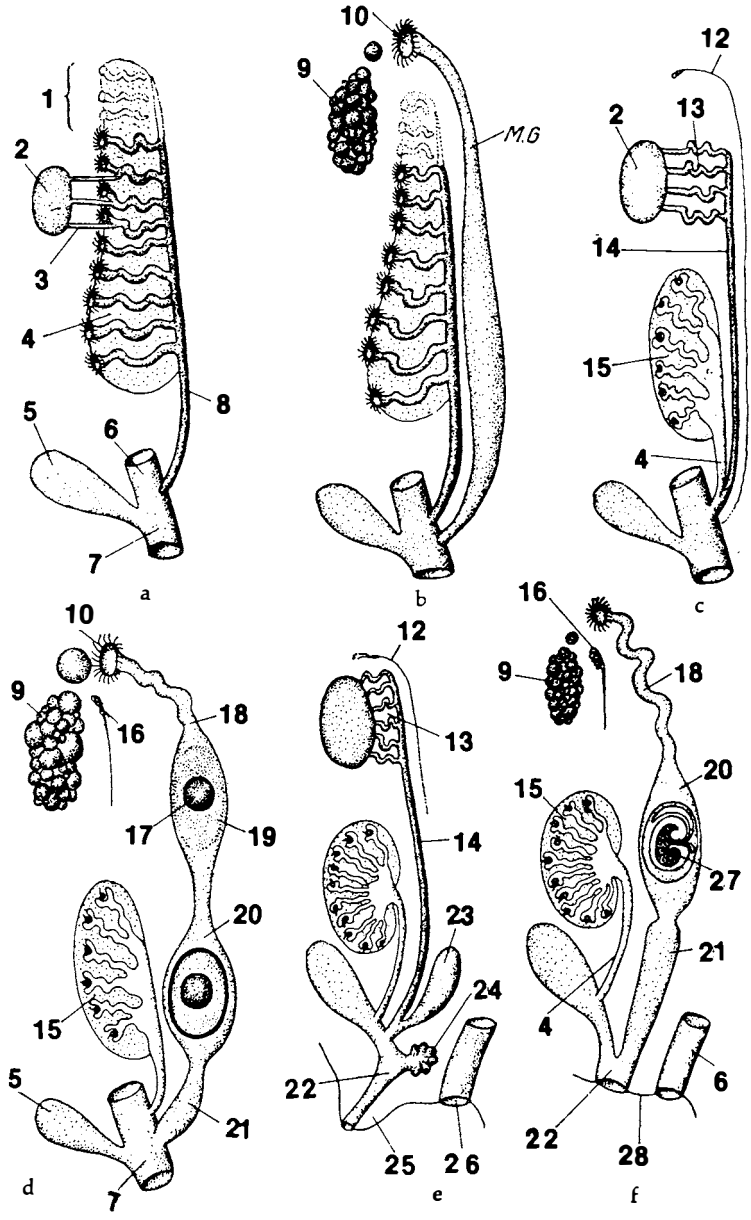


Şekil 14.36: A) Sölenterlerde ağ şeklindeki sinir sistemi: 1. *Hidra*'da ağ şeklindeki sinir sistemi, 2. Bu ağın büyültülmüş şekli, 3. *Obelia*'da sinir ağı. Ağız bölgesinde sinir ağının sıklığına dikkat ediniz. B) yassısolucanlarda sinir sistemi: 1. Nöronların ağ şeklinde basit düzenlenmesi, 2. Merkezi sinir sistemi oluşmaya başlamış. Vücudun her iki tarafında bir sinir kordonu uzanmakta ve baş tarafında duyu sinirleri yanyana gelmektedir. C) Eklembacaklılarda ve omurgalılarda merkezi sinir sistemi oluşumu. a. Kalp, b ve c. Kan damarı, d. Beyin oluşumu, e. Sinir kordonu (Life'dan).

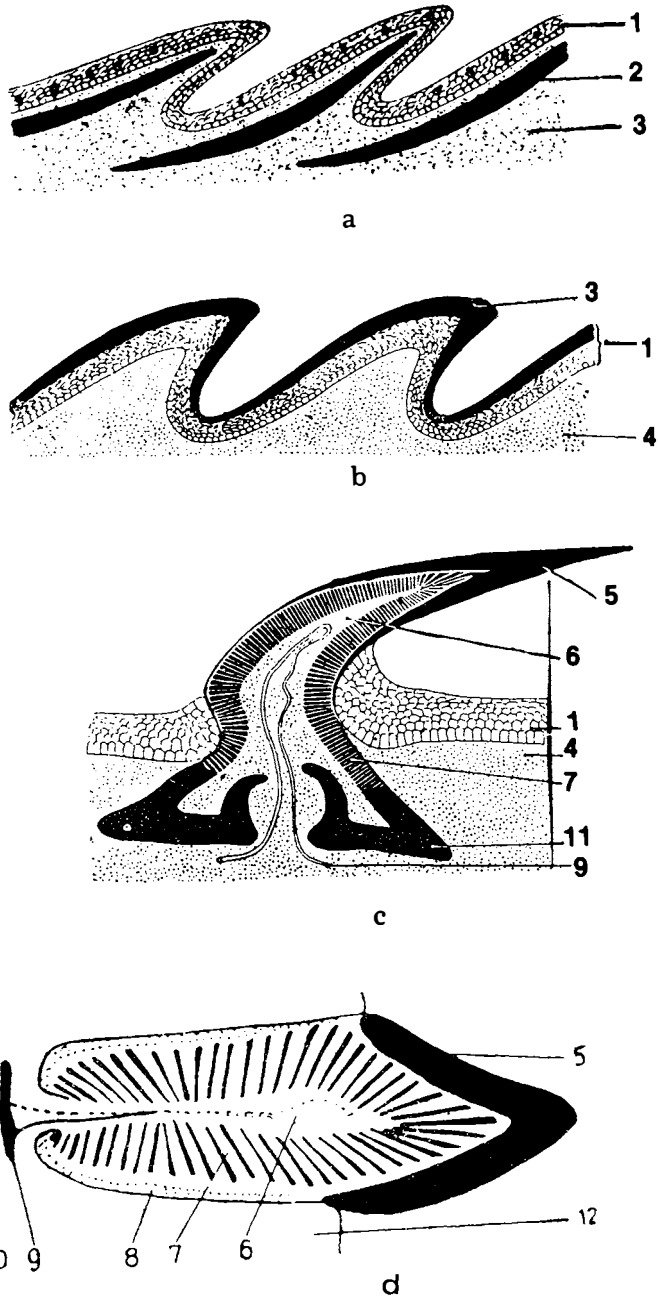


Şekil 14.37 : İlkel balıklardan memelilere kadar, kalp ve aort yaylarında meydana gelen evrimsel değişiklikler (V.-W.- Barnes'den).

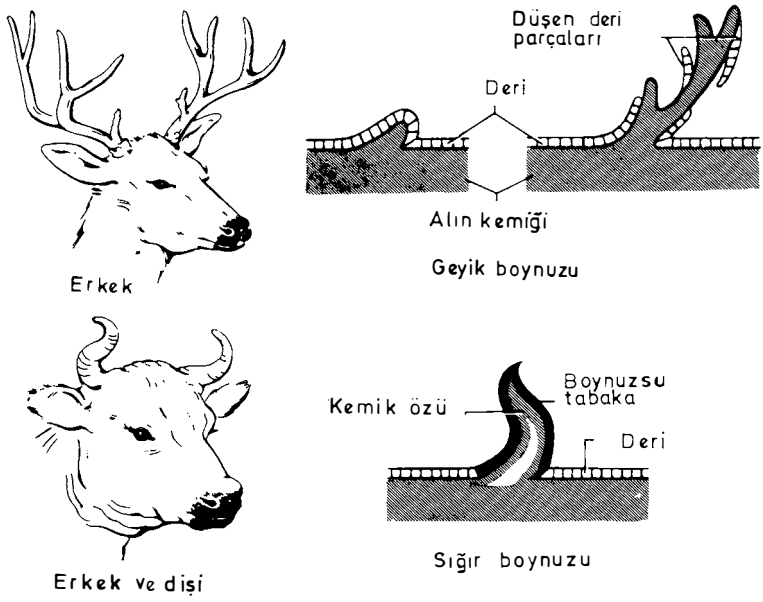
Sürüngenlerdeki ve balıklardaki pullar, kuşlardaki tüyler, insandaki dişler embriyolojik olarak aynı kökten gelmelerine (homolog olmalarına) karşın, gelişimlerini tamamladıklarında anatomik olarak büyük farklılıklar gösterirler (Şekil 14.39 ve 40).



Şekil 14.38: Omurgalılarda ürogenital sistemin şeması: a ve b) Köpekbalığı ve amfibide (a. erkek, b. dişi), c ve d) Sürüngenlerde (c. erkek, d. dişi), e ve f) Memelilerde (e. erkek, f. dişi). 1. Pronefroz, 2. Testis, 3. Vas efferens, 4. Ureter (böbrekle sidik kesesi arasındaki kanal), 5. Sidik torbası, 6. Son bağırsak, 7. Kloak, 8. Metanefroz kanalı, 9. Yumurtalık (ovaryum) 10. Ostium tüpü (titrek tüyler), 11. Müller kanalı, 12. Erkekte körelmiş Müller kanalı, 13. Yan testis (değişmiş metanefroz), 14. Vas deferens, 15. Son böbrek, 16. Amniyotların dişilerinde körelmiş mezo-metanefroz, 17. Yumurta, 18. Yumurta kanalı (ovidukt), 19. Yumurta kanalındaki (oviduktaki) bez tarafından salgılanan yumurta akı maddesi, 20. Uterus, 21. Vajina, 22. Sinus urogenitalis, 23. Tohum kesesi, 24. Prostat, 25. Penis, 26. Anüs, 27. Embriyo ve 28. Perineum (Kühn'den).



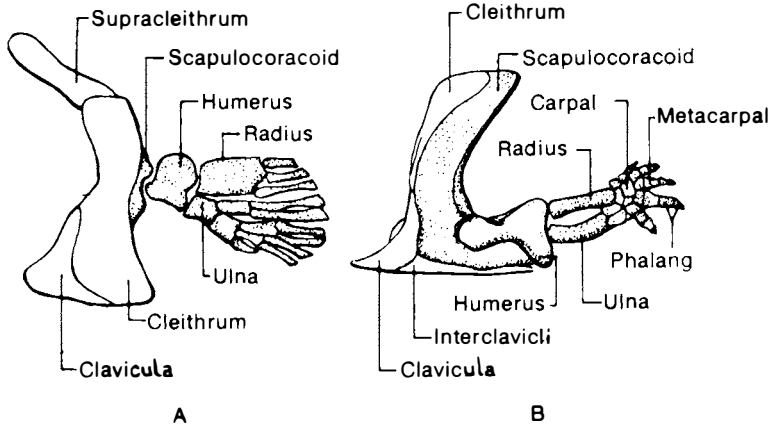
Şekil 14.39 : Çeşitli hayvanlarda vücut örtüsü ve diş. a)Balık, b) Kertenkele, c) Köpekbalığı pulu (plakoit), d) Dişin enine kesiti (memeli): 1. Epidermis, 2. Kutis pulu, 3. Keratin pul, 4. Kutis, 5. Ektodermden oluşan mine, 6. Pulpa, 7. Kutisten oluşan fildişi tabakası (dentin), 8. Çimento (seman) tabakası, 9. Kan damarı, 10. Sinir, 11. Kemikleşmiş kutis hücrelerinin oluşturduğu dip plağı ve 12. Diş eti (Kosswig'den).



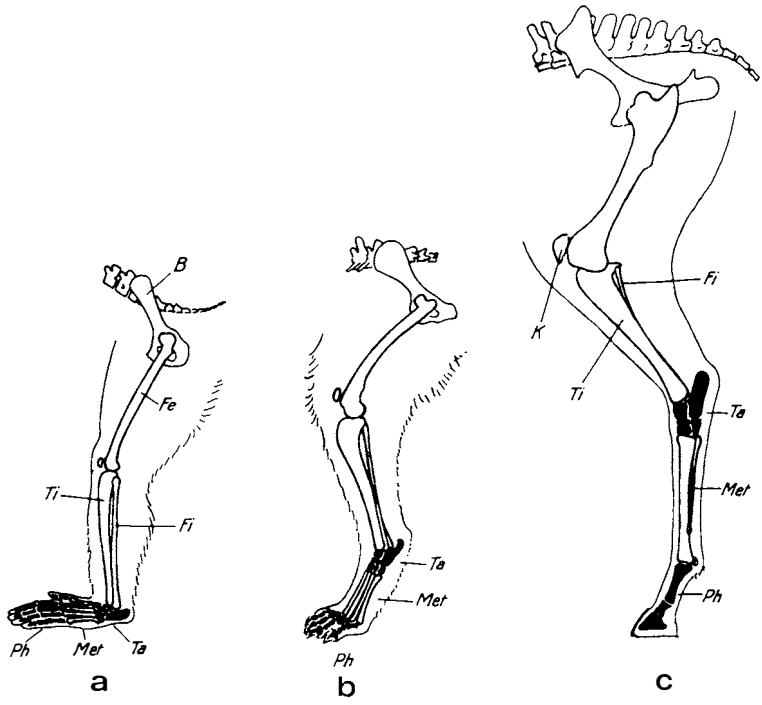
Şekil 14.40 : Geyikte ve sığırda boynuz oluşumu.

14.3.1. PENTADAKTİL (BEŞ PARMAKLI) ÜYE

Omurgalılarda birçok organın yanısıra, özellikle üyeler, şekil değiştirip farklı görev görmelerine karşın, kökenleri ve yapılış planları tamamen benzerliğini korumaktadır (Şekil 14.41 ve 42). Örneğin, ön üye, yani insanda kol, köpekte, koyunda, atta, kertenkelede ön bacak; fok balığı ve balinada ön yüzgeç; kuşta ve yarasada kanat; gerek damar, gerek kas ve gerekse iskelet sistemi ve kemik sayısı bakımından büyük benzerlikler gösterir. Fakat farklı ortamlara uyduğundan doğal olarak şeklinde



Şekil 14.41 : A) *Crossoptergii*'lerde üye iskeletinin yandan görünüşü, B) Amfibilerin atası. Sudan kara yaşamına geçişte meydana gelen değişikliği görüyoruz; beyaz kısımlar ise dermal kemikleri göstermektedir.



Şekil 14.42 : Bazı hayvanlarda arka üyeler : a) Tabana basan (maymun), b) Parmaklara basan (köpek) ve c) Tırnak ucuna basan (at). B. Koksa, Fe. Femur, Fi. Fibula, K. Diz kemiği, Met. Metatarsus, Ph. Falanjlar, Ta. Tarsus ve Ti. Tibia (Kühn'den).

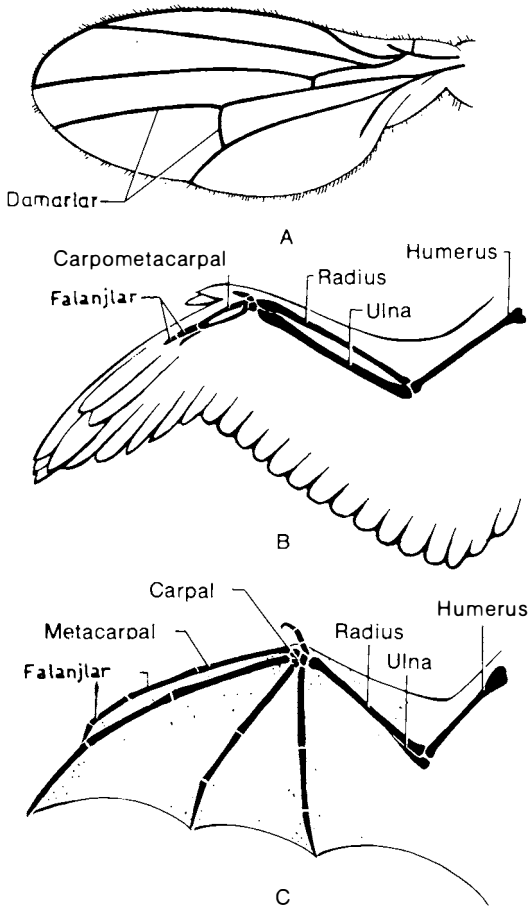
bazı değişiklikler meydana gelmiştir; kullanılış durumuna göre bu organlardaki bazı kısımlar körelmiş, bazı kısımlar ise gelişmiş olabilir.

Balıklarda pektoral ve pelvik yüzgeçler omurgalı hayvanların üyelerine homologtur. Bugün, yaşayan fosil olarak bilinen *Crossopterygii*'de yüzgeç iskeleti ana hatları ile pentadaktil yapıya sahiptir (Şekil 14.41). Kurbağalardan itibaren üye homolojisi daha belirgindir. Yer kabuğunun derin kısımlarından elde edilen fosiller, bugün çift ve tek tırnaklı olarak bildiğimiz hayvanların atalarının beş parmaklı olduğunu göstermektedir. Tabanları üzerinde yürüyen bir kökten, parmakları üzerinde yürüyen bir tür evrimleşirken topuk yukarı doğru çekilmiş, parmak sayısı ya kaynaşma ya da ortadan kalkmakla azalmıştır (Şekil 14.42). Yürümeyi kolaylaştırma ve düşmanlarından kaçmada parmak uçlarındaki toynağın gelişmesi üstünlük sağlar. Örneğin atın evrim süresi içerisinde parmak sayısında devamlı bir azalma gözlenir. Günümüzde yaşayan atta, üç numaralı parmak vücudu taşır 2 ve 4 numaralı parmaklar körelmiştir (Şekil 23.3). Halbuki tapirin ayağında 5, 4, 3 ve 2 numaralı parmaklar görülmekle beraber vücut ağırlığını 3 numaralı parmak taşır. Çift tırnaklı hayvanlardan domuzda 5, 4, 3 ve 2 numaralı parmaklar, geyikte 5, 4, 3 ve 2 numaralı parmaklar, devede 4 ve 3 numaralı parmaklar bulunmakla beraber, vücudu 4 ve 3 numaralı parmaklar taşımaktadır.

14.3.2. HOMOLOJİ VE ANALOJİ (Şekil 14.43)

Balıktan insana kadar bütün omurgalı hayvanlar sırt tarafında eklemli bir omurgaya sahiptir. Omurganın içine sinir hücreleri, sinir kordonları ve omurilik yerleşmiş durumdadır. Tüm omurgalı hayvan gruplarında sinir sisteminin ventralinde boru şeklinde sindirim kanalı yerleşmiştir. Farinks bölgesinde ya solungaç ya da akciğer şeklinde bir solunum organı bulunur. Birkaç ilkel form bir yana bırakılacak olursa, vücut eksenine göre aynı şekilde sıralanmış iki çift üye, beynin yerleştiği bir kafatası, al ve akyuvarları içeren kan bulunur. Kan damarları ve sinirlerin genel dağılımı benzerlik gösterir.

Omurgalı hayvanların beyninde koklama lobları, ön beyin yarım küreleri, optik loblar, beyincik ve son beyin bölgeleri ayırt edilebilir (Şekil 8.2). Beyin sinirlerinin



Şekil 14.43: Homoloji ve analojiye örnekler. A) Bir sineğin, B) Bir kuşun, C) Bir yarasanın kanadı. Kuşun ve yarasanın kanadındaki kemikler birbirine homologtur.Sineğin kanadı omurgalıların kanadına işlev bakımından benzerdir. Fakat benzerlikleri yalnız dış görünüşe göredir, yani analog organlardır. Şekil bakımından da benzer olduklarından, aynı zamanda homoplastik organlardır.

çıkış yerlerinde de homoloji vardır. Omurgalı hayvanların beyinlerinin evriminde ilginç olan nokta, bazı bölgelerinin başka bölgelere göre daha fazla gelişmiş olmasıdır. Genellikle önbeyin ve beyincikte, özellikle birinci bölgede, belirgin bir büyüme vardır. Çeşitli kıvrımlar nedeni ile bu bölgelerin yüzeyi genişlemiştir.

Analoji, embriyonik kökenleri farklı olan; fakat gördüğü iş ve yapıları birbirine benzeyen organları belirtmede kullanılan bir kavramdır. Örneğin, ahtapotun gözleri ve memeli gözü hemen hemen aynı yapıda ve aynı işlevi görmelerine karşın, meydana geldikleri embriyonik tabakalar farklı olduğu için analog organlar sayılır (Şekil 5.8). Keza kuşların kanatları ile böceklerin kanatları da analog organlardır (Şekil14.43). Analoji evrimsel gelişme süreci içerisinde birbirine bağımlı olmadan gelişen ve özünde aralarında evrimsel bir ilişkinin olmadığı organlarda vardır.

14.3.3. İZ HALİNDE KALMIŞ YA DA KÖRELMİŞ ORGANLAR VE YAPILAR (Şek. 14.44)

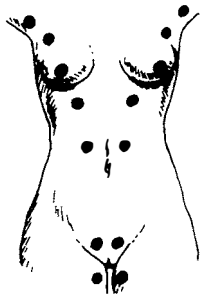
Körbağırsak: Birçok türde, eskiden işlek olan ya da yakın akraba gruplarda hâlâ işlevini devam ettiren, birçok körelmiş yapı bulunur. İnsanda 100'den fazla bu şekilde körelmiş yapı vardır. Örneğin, appandix (apandisit = körbağırsak), insan besininin farklı olduğu devrelerde işler haldeydi. Bugün kuşlarda, papağanlarda bulunmamasına karşın, tavuk, kaz ve devekuşunda bir çift ve oldukça büyük olup, sindirimde rol oynar. Bununla beraber serçe gibi daha evrimli kuşlarda küçülmüş ve bir lenf organına dönüşmüştür. Memeli hayvanlardan atlarda ve kemirgenlerde, özellikle selülozu sindiren hayvanlarda uzun bir körbağırsak vardır. Primat'larda kısa bir apandiks halindedir. İnsanda, bağırsağın bu kısmının, beslenme şeklinin bugünkinden farklı olduğu dönemlerde sindirimde ödevi olduğu düşünülebilir. Bugün ameliyatla alınması insanın sağlığına olumsuz bir etki yapmaz. Aksine enfekte olduğu zaman hayatı tehlikeye sokabilir.

Kulak Kası: İnsandaki kulak kası, primatlarda ve diğer memelilerin birçoğunda bulunan kulak kaslarının tümünü içerir; fakat kulak kepçesini oynatamaz (at, eşek ve buna benzer hayvanlarda kulak kepçesi—kas ilişkisi devam etmektedir; ayrıca bazı insanlarda bu bağlantı görülebilir, yani kulak kepçesini hareket ettirebilirler).

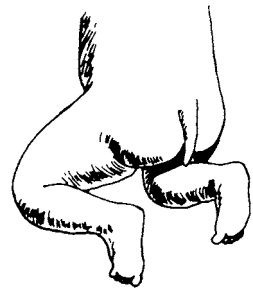
Deri-Kas Bağlantısı: İnsanda, alın derisi hariç deriyi hareket ettiren deri-kas bağlantısı kaybolmuştur. Yalnız bazı insanlarda bu bağlantı kalıntı olarak kafa derisinde bulunabilir. Bu tip insanlar kafadaki deriyi ve dolayısıyla saçlarını hareket ettirebilirler. Evrimsel gelişim süreci içerisinde hareketli kulak, sese yönelmeye ve sinekleri kovmaya yarar.

Yirmi Yaş Dişi: Bireylerin durumuna göre farklı zamanlarda çıkar. Çiğnemede herhangi bir görevi yoktur. Diğer dişlere göre daha basit ve küçük yapılıdır.

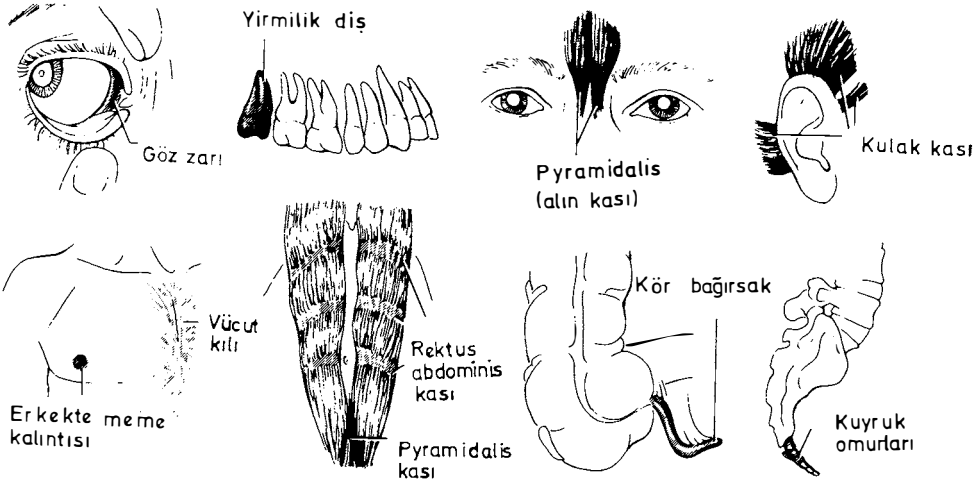
Plica Semilunaris: Gözün iç kısmında yarım ay şeklindeki kas ve zar kalıntısı balıklardan memelilerin çeşitli gruplarına kadar bulunan ve gözü kapatan üçüncü bir



Fazla memelilik



Kuyruklu doğum



Şekil 14.44 : İnsanda körelmiş bazı yapılar.

göz kapağına homologtur. Kuşların gözü yere yakın olduğundan, göze giren tozları silmeye yarar. Ayrıca uçarken göze giren toz vs.'nin silinerek gözün berraklaşmasını sağlamasına ve cisimlere çarpmasını önlemesine karşın, insanlarda küçülerek gözün bir yanında çıkıntı şeklinde kalmıştır.

Kuyruk: Kuyruk sokumundaki kemiklerin körelmesiyle ortadan kalkmıştır. Nadiren 10-15 cm. boyunda kuyruklu insanlar (mutasyon ve populasyonda mevcut genlerin bir araya gelmesiyle) doğarsa da, bu kuyruklar hastahanelerde kesilmektedir. Bizdeki kuyruk sokumu omurları bunun kalıntısıdır.

Vücut Kılları: Gelişmişliğe gidildikçe kıllarda azalma görülür. Bu kıllar bir zamanlar ısıyı korumaya yardımcı olurken (ormanda yaşadığımız devirlerde), steplere indiğimizde hem hızımızın hem de metabolizmamızın artmasından meydana gelen ısının kaybolması için ve daha sonra yapay korunma nedenleriyle kıllar gittikçe azalmıştır.

Ayak Kalıntısı: Afrika'da yaşayan dev piton yılanlarında, kloakın her iki yanında, deriden dışarıya doğru çıkmış küçük ayak kalıntıları vardır. Diğer yılanların çoğu bu körelmiş ayakları taşımaz; fakat ayaklara destek olan kalça köprüleri, derinin altında mevcuttur.

Parmak Körelmesi: Atlar tek bir tırnağının üzerinde durmasına karşın, körelmiş parmaklar onun çok parmaklı bir atadan geldiğini gösterir. Nitekim fosiller bunu kanıtlar.

Bitkillerdeki Kalıntılar: Bitkiler de birçok körelmiş yapı taşır. Kaktüsler çok kuru ve sıcak bölgelerde bulunduğu için, yaprakları körelerek diken şeklinde gövde üzerinde kalmış ve fotosentez ödevini genişlemiş ve yassılaşmış gövdesi yüklenmiştir. Genişlemiş yapraklar su yitirilmesini hızlandırır. Eğer çölde, yaprakları küçültecek bir mutasyon meydana gelirse, bulunduğu bitkiye yarar sağlar. Sonuçta dikenlere kadar körelir. Bu arada diğer bir mutasyon gövdenin genişlemesine ve bol klorofille desteklenmesine neden olursa, bu sefer gövde gelişimi bu yönde olmaya başlar. Bazen bu mutasyonlar geriye dönüş sağlayabilir ve kaktüslerde dikenlerin küçük yapraklar şeklinde geliştiği görülür.

Kulak Çıkıntısı: Birçok insan, kulağının üst kenarındaki kıkırdak kısmında küçük bir çıkıntı taşır (Şekil 14.45). C. DARWIN, bu sivri çıkıntının, aslında köpek gibi diğer uzun kulaklı memelilerin kulağındaki uç kısmın bir kalıntısı olarak bulunduğunu savunmuştur. DARWIN çıkıntısı olarak bilinen bu çıkıntı, bir zamanlar uzun kulağa sahip olduğumuzu kanıtlar denmektedir. Fakat şimdiye kadar uzun kulaklı bir bireye rastlanmamıştır.



Şekil 14.45 : DARWIN'e göre uzun bir kulağın uç kısmı, insanın kulağında, şekilde görüldüğü gibi bir çıkıntı şeklinde artakalmıştır.

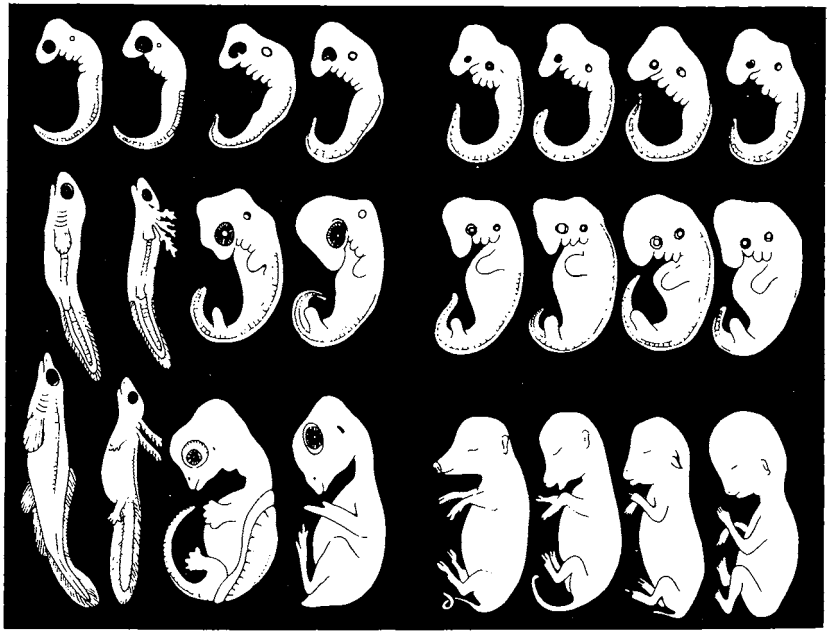
Embriyonik Kalıntılar: Embriyonik evrede bulunan birçok özelliğin erginde de görülmesine 'Atavismus kalıntıları' denir. Örneğin, kuyruğun ortaya çıkması ve 4-5 memeli bir insanın görülmesi vs. Tüm bu kalıntılar eskinin bir mirasıdır. Atavismus kalıntıları ise embriyonik devrede, geçirdiğimiz tüm evrimsel sıranın bir kısmında kesintiye uğramasıyla ya da bir gelişim hatasıyla, gelişim sürecindeki bir yapının erginde ortaya çıkmasıdır.

LAMARCK'ın savunduğu gibi kullanılmayan organlar körelmeye yüz tutarlar. Bu kalıntı yapılar bu varsayımı destekler gibi görünmesine karşın, başka bir mekanizmanın da rol oynaması olasıdır. Bir organın büyümesinde ve gelişmesinde rol oynayan mutasyonlar, şayet hayvanın yaşamasında yeni yararlar sağlıyorsa; sürekle olarak meydana gelir ve saklanır. Dezavantaj sağlıyorsa bir noktada latheldir ve ortadan kalkmak zorundadır. Şayet bir organ yaşamak için gerekli bir yapı olmaktan çıkmışsa; fakat varlığının zararı da yoksa, o zaman kalıntı organlar meydana gelir ve gittikçe körelmeye başlar.

14.4. EMBRİYOLOJİDEN ELDE EDİLEN KANITLAR

14.4.1. HAECKEL'IN VARSAYIMI

Evrim için embriyonik kanıtların önemi DARWIN ve bu konunun babası sayılan ERNST HAECKEL tarafından ortaya atılmıştır. HAECKEL, 1866'da şu kuramı ortaya attı. Her canlı gelişimi sırasında evrimsel kademelerini kısa periyotlarla gösterir, buna 'Evrimin Tekrarı' denir. Örneğin, bütün canlılar genel olarak birhücre görü-



Şekil 14.46 : Omurgalı embriyo çeşitlerinde erken ve geç evrelerin karşılaştırılması. Erken evrelerin benzerliğine dikkat ediniz (Barnes'den).

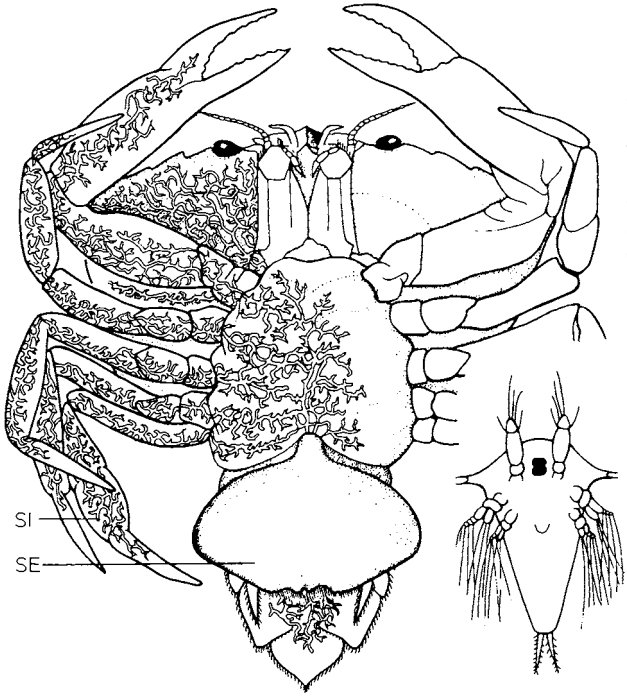
nümüne sahip gametlerin birleşmesiyle zigot, yani gerçek birhücre meydana getirirler. Bölünme esnasında 2, 4, 8,... blastomerli, gastrula... evreleri meydana gelir. Kademeler ilerledikçe hayvan grupları, daha sonra türler birbirinden ayrılmaya başlar. Ama başlangıçta gittikçe fevkalede bir benzerlik görülür (Şekil 14.46). Örneğin, omurgalı embriyosunu, gerek balık, gerek tavuk, gerek domuz olsun, erken evrelerinde birbirinden ayırmak olanaksızdır. Bu evrimsel öykü birkaç gün, hafta veya ay içerisinde kademe kademe tekrar edilirken, birçoğu ilerleyen evrelerde kaybolmaya, onun yerine daha iyi uyum sağlayacak yeni yapılar ortaya çıkmaya başlar.

Memelilerde embriyo gelişimi rahim içerisine alındığından, yumurta içerisinde gelişenlerden temelde ayrı gibi gözüken bazı farklılıklar gösterir. Eskinin tekrarı çok defa noktası noktasına olmaz da sadece bir hatırlama şeklinde geçiştirilir.

14.4.2. EMBRİYONİK GELİŞİM İLE AKRABALIK SAPTANMASI

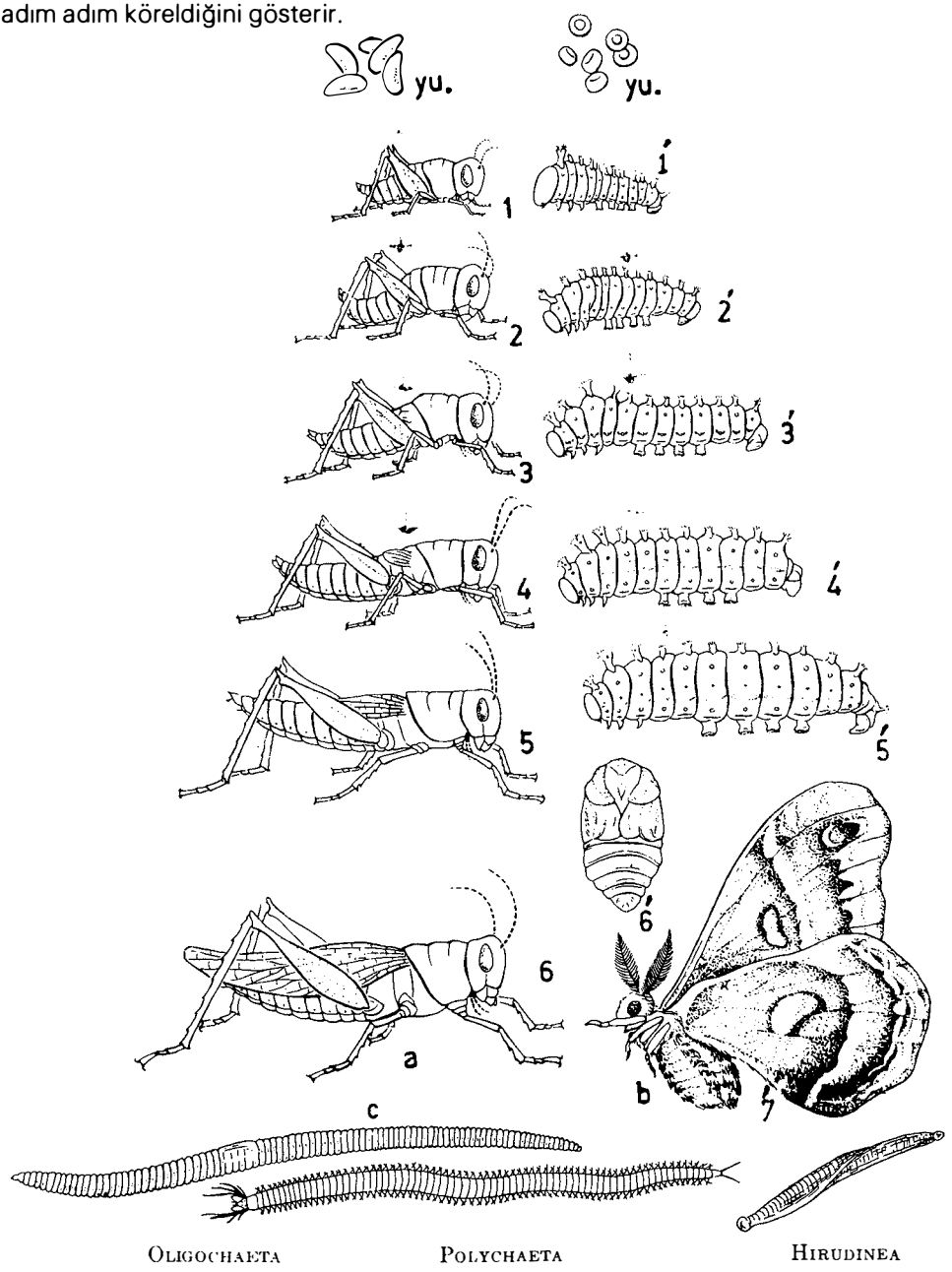
Embriyonik gelişim üzerine çalışmalar evrim konusunda ve sistematik biyoloji konusunda büyük bir aşama olmuştur. Biz, birçok hayvan grubunun gelişmiş halini hangi sınıfa sokacağımızı bilemeyiz; çünkü yapıları ikincil olarak değişime uğramıştır (bitin kanadını, birçok parazitin hareket organlarını ve diğer bazı yapılarını kaybetmesi gibi).

14.4.2.1. *Sacculina*, fevkalade değişime uğramış bir yengeçtir. Öyleki diğer yengeçlerin içine girerek onların hücre aralarına kök şeklinde yayılmıştır (Şekil 14.47). Tamamen şekilsizdir. Yalnız herhangi bir hayvanın içine girmeden önce geçirmiş olduğu nauplius larva evresi bunların kabuklulardan olduğunu gösterir.



Şekil 14.47
Sacculina carcini denen bir yengecin, *Carcinus maenas* denen diğer bir yengecin içine dallar salarak asalak (parazit) yaşaması. Konukçu altta gösterilmiştir. SE. Parazitin balon şeklinde dışta kalan kısmı (Sacculina externa) (ovaryum ve testisi içerir) SI. Parazitin içte kalan kısmı (Sacculina interna). Yanda serbest yüzebilen nauplius larvası (Kaestner'den).

14.4.2.2. Çıplak sümüklüböcek, kabuklu sümüklüböcekle aynı embriyolojik gelişimi gösterir. Fakat ergin evrede derinin içine gömülmüş durumda çok küçük bir kabuk kalır. Bu, çıplak sümüklüböceklerin, kabuklu bir atadan geldiğini ve kabuğun adım adım köreldiğini gösterir.

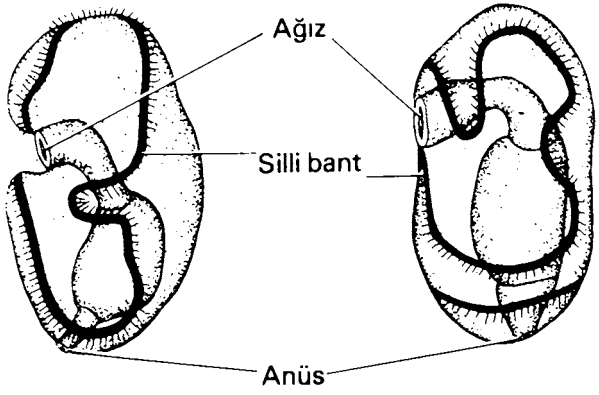


Şekil 14.48 : a) Yarı başkalaşım, b) Tam başkalaşım, c) *Annelid* sınıfları. yu-Yumurta, 1 ve 1' birinci, 2 ve 2' ikinci, 3 ve 3' üçüncü, 4 ve 4' dördüncü, 5 ve 5' beşinci larva evreleri, 6. Yarı başkalaşımda ergin, 6' Tam başkalaşımda pup evresi, 7' Tam başkalaşımda ergin (Storer'den).

14.4.2.3. Denizyıldızları radyal simetri gösteren oldukça özelleşmiş hayvanlardır. Dolayısıyla bilateral hayvanlarda olduğu gibi bir sağı ve bir solu yoktur. Yalnız larvası bilateral simetriktir ve başkalaşım (metamorfoz) geçirirken radyal simetrik olur. Bu da denizyıldızlarının bilateral atadan geldiğini gösterir.

14.4.2.4. Birçok böcek larvası yapı olarak segmentli *Annelid*'lere (halkalısolucanlara) benzer (Şekil 14.48). Bu da böceklerle halkalısolucanların yakın akraba olduğunu gösterir. Evrimsel gelişim böceklerin erginini büyük ölçüde değiştirmesine karşın, aynı değişikliği bir çeşit embriyonik gelişim olan larvalarında göstermemiştir (Şekil 14.48).

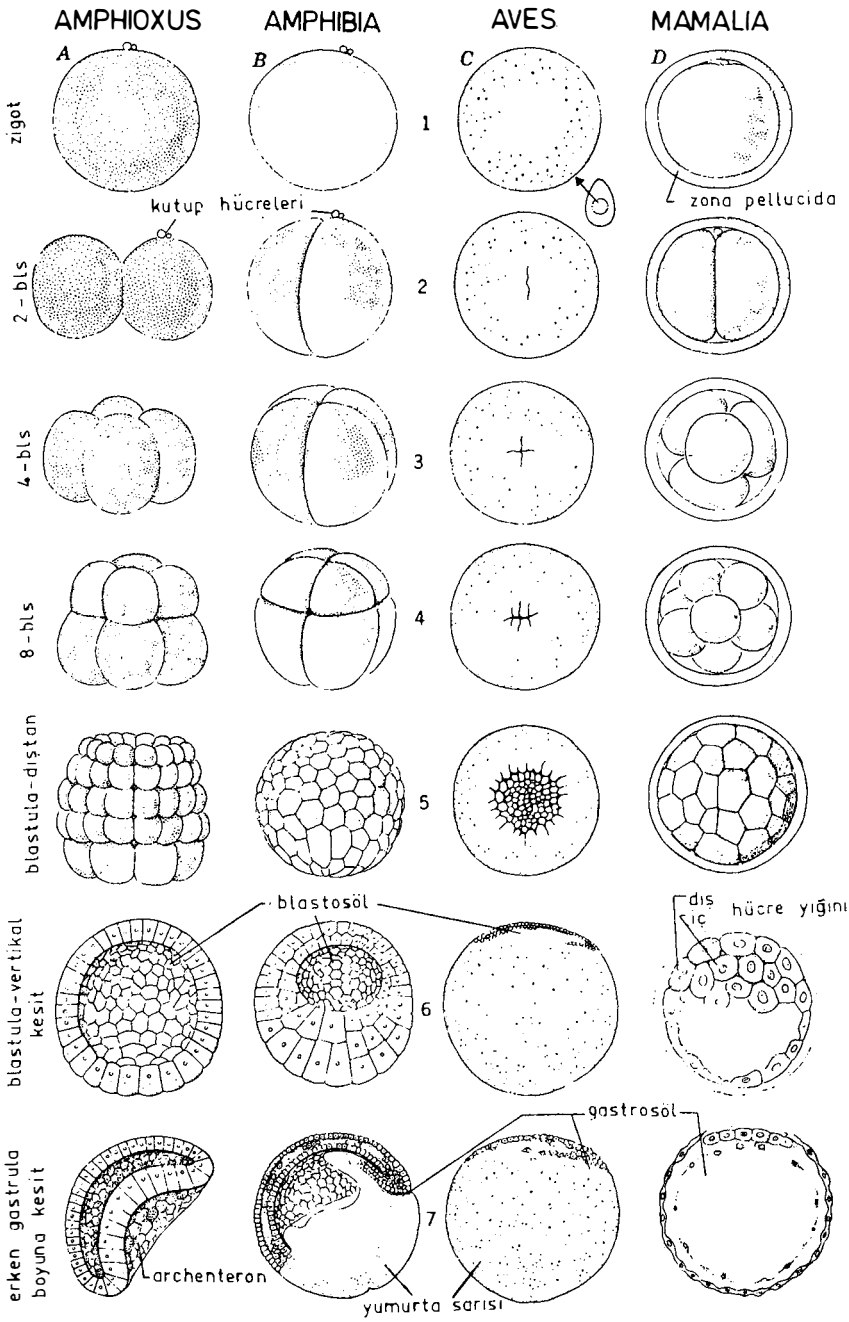
14.4.2.5. Kordanın ve onunla ilgili olarak omurganın oluşumu değişik gruplarda oldukça iyi araştırılmıştır. Kordası olup da omurgası olmayan hayvanların, özellikle prokordatların larvası ile derisidikenlilerin larvaları arasında büyük benzerlik vardır. Her ikisinin larvası da aynı şekilde yumurtadan gelişir, yakın fizyolojik ve yapısal benzerliklere sahiptirler. Bu da kordatlar ile derisidikenlilerin akrabalığını ortaya koyar (Şekil 14.49).



Şekil 14.49 : Solda bir derisidikenlinin bipinnaria larvası; sağda yarı kordalıların tornaria larvası. Aradaki benzerliğe dikkat ediniz (Villee'den).

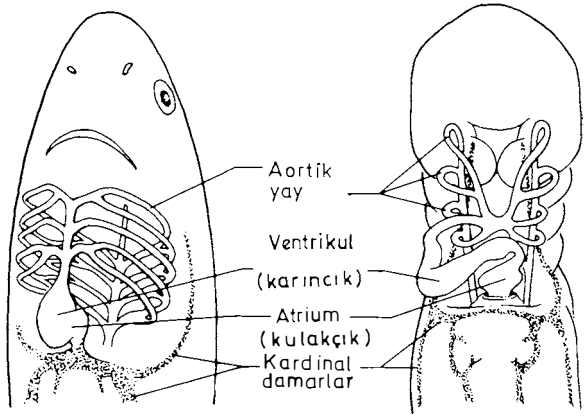
14.4.3. ORGANLARIN GELİŞİMİNDEKİ BENZERLİK

Blastula evresinde çok hücrelilerin (*Metazoa*'nın) atası ortaya çıkmış olur. Sölenterler ile daha yüksek hayvan gruplarının ayrılma noktası gastruladır. Çünkü bunlar iki tabakalıdır ve ilkel sindirim kanalı dışarıya blastopor denen ilkin ağızla açılır (Şekil 14.50). Gastrulasyondan sonra gelişim iki kol üzerinden yürür. Derisidikenlilerde ve sırtiplilerde (*Chordata*) blastopor anüs olur. Halkalısolucan, yumuşakça ve eklembacaklılarda blastopor ağız olarak kalır. Her ikisinde de mezoderm, ekto- ve endoderm arasında oluşur. Bütün sırtiplilerde mezoderm oluştuktan sonra, dorsal tarafta bir sinir kordonu çukuru görülür ve aynı zamanda faranjiyal keseler ortaya çıkar. Bu evredeki insan embriyosu balık embriyosuna benzer, çünkü balıklar gibi solungaç yarıklarına, bir çift aort köküne (Şekil 14.51), balığa benzer bir tek kulakçıklı (atriyumlu) ve karıncıklı (ventrikullu) kalbe, ilkel balık böbreğine, iyi gelişmiş ve



Şekil 14.50 : Değişik yumurta tiplerinde segmentasyon ve erken gastrulasyon : A) *Amphioxus* (holoblastik segmentasyon; yumurta sarısı az, izolesital yumurta tipi), B) Kurbağada (holoblastik segmentasyon; yumurta sarısınca zengin, izolesital yumurta), C) Kuşta (meroblastik diskoidal segmentasyon, telolesital yumurta tipi), D) Memelide (holoblastik segmentasyon, hemen hemen yumurta sarısı olmayan izolesital yumurta tipi) (V.-W.- Barnes'ten).

kaslarla hareket ettirilebilen bir kuyruğa sahiptir. Kısa bir zaman sonra insan embriyosu sürüngen embriyosuna benzemeye başlar; solungaç yarıkları körelir, omurga kemikleri birbirine hareketli şekilde bağlanır; yeni bir boşaltım sistemi gelişir (mezonefroz); eski boşaltım sistemi (pronefroz) kaybolur ya da yeni sistemin yapısına katılır. Kulakçık (atriyum) sağ ve sol odacıklara ayrılır. Gelişmenin daha sonraki evrelerinde, memelilere özgü kalbin dörde bölünmesi tamamlanır (Şekil 14.37) ve üçüncü tip boşaltım sistemi (Şekil 14.38) gelişir (metanefroz); yedi aylık gelişim sürecinde insan embriyosu, vücut üzerindeki kılları, oransal büyüklüğü ve üyelerinin şekliyle gelişmiş bir insandan çok bir maymun yavrusuna benzer.

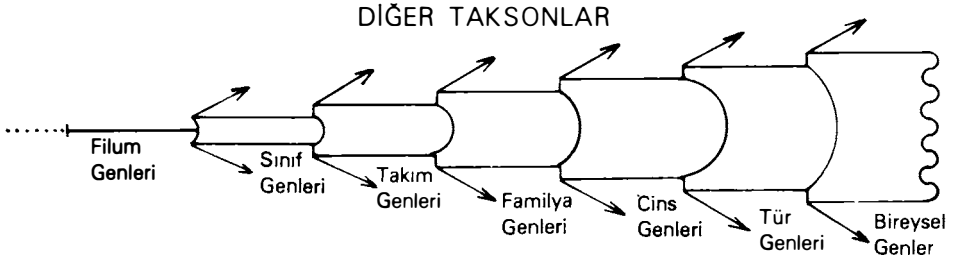


Şekil 14.51 : İnsan ve köpekbalığı embriyosunda aortik yayların ve kalbin yandan görünüşü. Solda köpekbalığı, sağda insan embriyosu. Her ikisi de tek bir kulakçığa (atriyuma) ve tek bir karıncığa (ventrikula) sahiptir.

14.4.4. ORTAK GENLER

Her gün ilerleyen fizyoloji ve genetik ilmi bize bu geçmişi hatırlamanın mekanizmasını göresel olarak açıklamaya başlamıştır. Bütün sırtlılerde (*Chordata*) genel olarak belirli sayıdaki gen, gelişmenin ilk evrelerini kontrol eder. Bizim atalarımız balıktan, amfibiden, sürüngenden geçtiğine göre, bu grup hayvanlarda bulunan genleri içermemiz olasıdır. Dolayısıyla başlangıçtan beri, genler, sırasıyla etkilerini göstermektedir ve bizim embriyomuz gelişirken...balık, amfibi, sürüngen... ve insan, sırasıyla temsil edilmiş olur. Sürüngen evresinden sonra diğer primatlarla ortak olan genlerin etkisi altına girer ve genlerdeki esas ağırlık merkezini de bu primatlarla olan ortak genler oluşturur. İnsansı maymunlar, bizle en yakın ataya, dolayısıyla en benzer gen sistemine sahiptirler. Bu hayvanlar insandan pek az farklılıklarla ayrılırlar. Bir domuz ya da farenin de bizimle ortak olan bir atası vardır. Gen benzerliği bu ortak atadan önceki evreler için söz konusudur. Ortak atadan sonra gen benzerlikleri, dolayısıyla gelişimdeki olaylar ve sonuç olarak fenotip, birbirinden ayrılır. Gelişimin sistematik yönden de ilginç tarafı vardır. Çünkü embriyo, sistematikteki en büyük kategoriden başlamak suretiyle türe kadar giden ve birbirini izleyen bir seri gelişim kademesine sahiptir. Örneğin, embriyo ilk defa şube, daha sonra sınıf, takım,

familya, cins ve en son tür özelliğini gösterir. Tür özelliğini gösterdiği zaman artık gelişim aşağı yukarı (eşeysel organların ve bunların olgunlaşması hariç) tamamlanmış demektir. O halde başlangıçtan sona doğru gittikçe bir özelleşme göze çarpar (Şekil 14.52).



Şekil 15.52 : Canlıların, bireyin kendisinden, canlılar alemine kadar tür, cins, familya, takım, sınıf, şube .. olarak taşıdıkları ortak genlerin şematik gösterilmesi.

14.5. KARŞILAŞTIRMALI FİZYOLOJİDEN ELDE EDİLEN KANITLAR

Birçok kimyasal ve fizyolojik işleyiş, keza enzim tepkimeleri evrimsel ilişkilerin açığa çıkarılması için önemli kanıtları taşırlar. Fizyolojik benzerlikleri anatomik benzerlikler izler. Fizyolojik uyumu bir zaman sonra yapısal uyum takip etmeye başlar. Fakat yapısal uyum fizyolojik uyuma göre daha uzun zaman alır.

14.5.1. PARAZİTİK ENFEKSİYONLARDAN ELDE EDİLEN KANITLAR

Parazitler fizyolojik olarak çok özelleşmiş ortamlarda yaşarlar. Dolayısıyla farklı kimyasal organizasyona sahip hayvanlarda farklı parazitler yaşar. İnsan kancalıkurdu genellikle ayak derisini delerek dolaşım sistemine girer ve sonunda bağırsağa ulaşır. Köpekler de aynı şekilde vücudunun içine giren kancalıkurtlara sahiptirler. İnsanlar da köpek kancalıkurdunun larvasına temas edebilir. Bu larvalar insan derisini delerek içeri girebilirler; fakat uyum yapamadıklarından deri altında uygun yer aramak için göç etmeye başlarlar ve bu arada kaşıntılar, kabarıklıklar meydana getirirler.

Yuvarlak insan solucanlarının (*Ascaris*'lerin) benzerleri domuzlarda yaşar ve ancak onları enfekte edebilirler. Bunların yumurtalarını yesek de bizde gelişemezler. Keza domuzlar da bizdeki *Ascaris*'lerden etkilenmezler. Bu, her iki solucanın aynı ataya sahip olduğunu; fakat uyum sonucu birbirlerinden farklılaştığını göstermektedir.

Frengi *Spiroket*'leri insanlarda büyük zarara ve ölümlere neden olur. Fakat diğer memeli hayvanlar şimdiye kadar bu mikropla aşılanamamıştır. Bu, insan fizyolojisine uyumun çok çarpıcı bir örneğidir. Diğer *Primat*'ların bir kısmı bu mikroorganizma ile enfekte edilebilir. Çünkü fizyolojileri insanlarınkine çok benzer. Bununla beraber laboratuvarlarda yapay olarak tavşanlar da bu mikroorganizmalarla enfekte edilebilir.

Verem dutu (frengiye benzeyen bir çeşit hastalık) bir deri hastalığıdır ve özellikle Ortadoğu'da yaygındır. Frengininkine çok benzeyen bir *Spiroket* tarafından meydana getirilir. Bu mikroorganizma frengi gibi kana girmez, yalnız deride birincil frengi şişkinlikleri gibi sivilceler meydana getirir. Buradan frengi mikroorganizmalarının başlangıçta deri paraziti olduğu, daha sonra mutasyonlarla kana kadar ulaşabilecek yeteneği kazandığı varsayılabilir.

Çok özelleşmiş insan parazitlerinin çalışılması oldukça zorlaşmıştır. Örneğin, *Polio virüs*'ünün (çocuk felci) uzun zaman yalnız insanın belirli dokularında üretilebileceği varsayılıyordu. Çünkü laboratuvarda herhangi bir ortamda üretilememişti. Daha sonraki araştırmalarda bazı maymun türlerinin böbreklerinin fizyolojik yapısının evrimsel olarak insana çok benzediği bulundu ve bu böbreklerin enfekte edilmesi sağlanabildi. Bu böbrek kültürlerinde çocuk felci mikrobu geliştirilerek, aşısı yapılmaya başlandı.

Değişik parazitlerle yapılan çalışmalar türler arasındaki akrabalık ilişkilerini ortaya koyması bakımından çok önemlidir.

14.5.2. HORMONLARDAN VE ENDOKRİNOLOJİDEN ELDE EDİLEN KANITLAR

Bitkilerde, omurgasız ve omurgalı hayvanlarda yaşamsal işlevleri etkileyen, adına hormon dediğimiz bazı maddeler sentez edilir. Hormonun belirli bir miktarda (asgari) olması etkisini göstermesine yeter. Bitkilerde bu gibi organik bileşikler, kök ve gövdenin uç kısmındaki meristem doku tarafından üretilir. Etkileri üretildikleri yerlerden başka, taşındığı yerlerde de görülür. Hücrelerin boyuna büyümesini, kök oluşumunu, çiçek ve çiçeğe ilişkin kısımlardan meyvelerin gelişimini başlatma, yan tomurcukların gelişmesini engelleme vs. gibi etkileri vardır. Bitki hormonları arasında oksinler, giberellinler ve sitokininler sayılabilir. Bitki hormonlarının farklı yoğunlukları değişik etki yapar. Ancak türe özgü değildirler. Nitekim KUROSAWA, pirinçlerde sürgünlerin olağanüstü uzamasına sebep olan hastalığı incelerken *Gibberella fujikuroi* olarak bilinen bir mantarın salgıladığı bir hormonun uzamaya sebep olduğunu buldu. Giberellin olarak isimlendirilen bu madde gelişmeyi hızlandırır. RADLEY, normal bezelyelerden özütlediği giberellin hormonunu cüce bezelyelere verdiği zaman cüceliğin engellendiğini gösterdi.

Halkalısolucanlar, kabuklular, böcekler ve yumuşakçalarda nörosekresyon merkezleri vardır. Nörosekresyon merkezleri sinir dokusu yapısında olmasına karşın hormon kaynağı olarak ödev yapmaktadır. Endokrin merkezler, omurgasız hayvanlar içinde en çok böceklerde çalışılmıştır. Böceklerin en önemli endokrin organı beyindir. Salgı hücreleri beynin protoserebrumunun pars interserebralis bölgesinde medyal ve lateral olmak üzere iki grup halinde toplanmıştır. Beynin medyal hücre grubundan çıkan bir sinir, çaprazlaştıktan sonra, lateral gruptan çıkan ise doğrudan doğruya korpora kardiyakaya gider. Böylece sentezlenen maddeler korpora kardiyakada depolanır. K. kardiyaka, k. allata ile, k. allata subözofogal gangliyon ile bağlan-

tılıdır. Ayrıca ventral gangliyonlarda da salgı hücreleri vardır. Omurgasız hayvanların endokrin merkezleri ve salgıları üzerinde yapılan çalışmalar, halkalısolucan ve kabuklularda oransal olarak basit bir yapının, böceklerde ve özellikle toplum halinde yaşayanlarında en evrimli düzeye eriştiğini göstermektedir.

Omurgalılardaki, kabuklulardaki ve böceklerdeki nörosekresyon sistemi arasında bir analoji kurulmuştur. Böceklerin pars interserebralis bölgesindeki medyan ve lateral nörosekresyon hücrelerinin oluşturduğu grup, omurgalı hayvanların hipotalamusundaki supraoptik ve paraventrikular nukleusundaki salgı hücreleri ile ve kabukluların (x) organındaki medulla terminalis hücre grubu ile analogtur. Böceklerdeki depo organı, korpora kardiyaka, omurgalılardaki nörohipofiz ve kabuklulardaki sinus bezi ile analogtur. Böceklerdeki nörosekresyon hücrelerinin işlevi, büyüme, çoğalma, renk değiştirme, metabolizma ve su dengesi gibi fizyolojik olaylar üzerinde etkilidir. Omurgalı hayvanlarda aynı ödevi hipofiz işlevi yerine getirir. Böcek büyüme hormonları memeliler üzerinde etkin değildir. Memeli büyüme hormonları da böcekler üzerinde etkin olamaz.

İnsanda büyüme hormonu hipofizden salgılanır ve moleküler ağırlığı 27.000 dalton kadardır. Buna karşın sığırların büyüme hormonu 48.000 dalton civarındadır. Görünürde büyük fark olmasına karşın, her iki molekülün de aktif merkezleri çok benzer olduğu için aynı etkiyi yaparlar. Keza kümes hayvanlarının da hipofiz hormonu çok farklı olmasına karşın aynı uyarıyı yapabilir.

Omurgalı hayvanlarda görülen tiroit bezi, insanda bir çift bez halinde larinks'in alt kısmında ve trakenin önünde yer almıştır. Bu bezin salgıladığı tiroksin hormonu dokulardaki enerji oluşturan oksitleyici süreçleri hızlandırır. Salgının aşırılığı halinde vücut fazla oksijen kullanır; fazla enerji ürettir. Tiroksin noksanlığı halinde bazal metabolizma günde 600-900 kaloriye kadar düşer ya da normale göre %30-50 oranında azalma gösterir. Toprağında iyot noksan olan bölgelerde yaşayan insanlarda guatr görülür. İyotlu tuz alan hasta iyileşir. Diğer taraftan iyot noksanlığından muzdarip insana koyundan özütlenen tiroksin verilecek olursa iyileşme gözlenir.

Paratirot bezler iki çift halinde, tirot bezi içine gömülmüş ya da üzerine tutunmuş olarak bulunur. Üçüncü ve dördüncü solungaç keselerinin kalıntısı olarak kabul edilir. Parathormon, paratiroit bezi tarafından salgılanır. Vücutta kalsiyum metabolizmasını düzenler. Salgının azlığı halinde gereğinden çok kalsiyum kandan ayrılarak kemiklerde depo edilir ve insan ölür. Bir keçide de benzer arazlar ortaya çıkar.

Bitkilerde, omurgasız ve omurgalı hayvanlarda hormonların bulunuşu ve bunların hiç olmazsa büyük gruplar içerisinde türe özgü olmayışı, bu gibi canlı gruplarının ortak kökenini işaret eder.

14.5.3. BİTKİ FİZYOLOJİSİNDEN ELDE EDİLEN KANITLAR

Birçok yabani bitkinin dallarına değişik aşılar yapmak suretiyle (yakın akraba türlerde) bir kökten değişik bitkilerin büyümesi sağlanır. Örneğin bir turunç ağacının

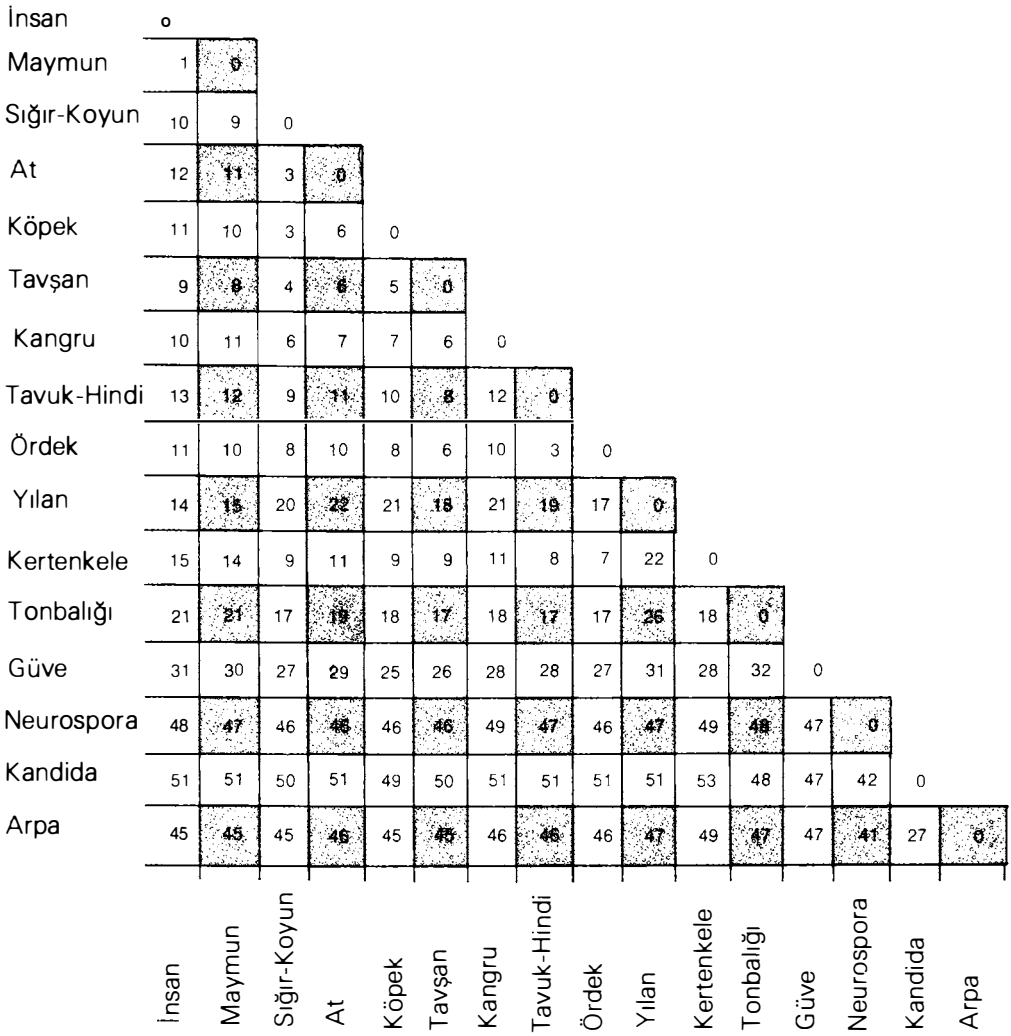
bir dalı limon, bir dalı portakal, bir dalı greyfrut vs. verebilir. Aynı şekilde ahlat ve armut, sakız ağacı ve şam fıstığı vs. bunlara tipik örnektir. Bu, gerçekte ana kökün protoplazmasının fizyolojik yapısının, aşılanan bitkilerinkine benzerliğini ve bu aşılamada başarı ve verim oranına göre akrabalığını ortaya koyar. Keza bitki pistilleri (dişide) stiluslarının içerisinde bulunan özel bileşimli sıvı, kendi türüne ya da yakın türe ait polenlerin seçilerek döllenmesini sağlar.

14.6. KARŞILAŞTIRMALI BİYOKİMYADAN ELDE EDİLEN KANITLAR

Canlıların göresel olarak aynı veya benzeri maddelerden oluşması, bazı işlevler için aynı enzim sistemlerinin kullanılması (örneğin, memelilerin çoğunda sindirim için aynı veya benzeri enzim sistemleri rol oynar) bunların ortak bir kökenden geldiğini gösterir. Son zamanlarda gelişen alet ve yöntemler sayesinde biyokimyasal araştırmalarda büyük gelişmeler kaydedilmiştir. Geniş bir canlı serisinde yapılan araştırmalarda biyokimyasal yapının, morfolojik yapı benzerliklerine paralel olarak ve filogenetik akrabalık derecesine göre yakın bir benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Bütün canlı sisteminde birçok enzim ve kimyasal yapıda, temelde, büyük bir benzerlik olmasına rağmen, birçok hayvan grubunda farklı yapılar onları diğerlerinden ayırmaktadır. Bu ayrılık evrimsel akrabalık derecesiyle doğru orantılıdır.

14.6.1. KAN AKRABALIĞI

Her hayvan türünün kan serumu kendine özgü bir protein bileşimine sahiptir (Şekil 14.53). Serum proteinlerinin benzerlik derecesi, antijen-antikor tepkimeleriyle ölçülür (kan konusuna bkz!) (Şekil 14.54). Bu durum şu şekilde bir deneyle gösterilebilir : Tavşana az miktarda insan serumu enjekte edilir, insan serumunun proteinleri tavşan için yabancı protein olduğundan, antikor oluşur. Tavşandan alınan kanın pıhtılaştırılmasıyla üstte kalan kısımdan antikor elde edilir. Bu, serumla karışık antikordur. Elde edilen serum sulandırılıp insan serumu ile karıştırıldığında, insan kanı için antikor olan bileşikler, insan serumunun antijenleri ile tepkimeye girerek bir pıhtı meydana getirir. İnsan serumu için antikor içeren tavşan serumu ile çeşitli hayvanların serumları sıra ile karıştırıldığında meydana gelen pıhtıya göre, proteinler arasındaki akrabalık dereceleri ve benzerlikler saptanmış olur. İnsana daha yakın olan hayvanların serumları daha fazla pıhtı meydana getirmiş olacaktır. Bu şekilde yapılan testlerde insan kanına en yakın kan akrabalığı insansı maymunlarda, Yenidünya maymunlarında (mankilerde) ve tarsoid denen bir maymun çeşidinde bulunmuştur. Lemur serumu insan serumu için hazırlanmış özel antikorla karıştırıldığında en az pıhtıyı verir. Bu testler, varyeteler, türler ve cinslerin de birbirinden ayrılması için yapılır. Örneğin köpek, kedi ve ayı bu testle yakın akraba olurken; sığır, koyun, keçi, geyik ve antilop yakın akraba olan diğer bir grubu oluşturur. Bu testlerle kuşlar arasındaki kan akrabalığının, memelilere nazaran çok daha yakın olduğu gösterilmiştir. Örneğin, birkaç yüz kuş çeşidi, tavuk serumu için hazırlanmış antikora kuvvetliden orta kuvvetliye kadar tepkime gösterir. Yine kuşlarla sürüngenler arasında yapılan test-



Şekil 14.53 : Değişik bitki ve hayvan türlerinden alınan sitokrom-c'deki amino asit dizilişinin farkları. Rakamlar birinin diğerine göre, sitokrom-c'deki farklı amino asitlerinin sayısını vermektedir (Barnes'den).

lerde, kuşların timsahlara, yılan ve kertenkelelerden daha yakın olduğunu göstermiştir. Köpekler, kurtlara yakın akrabalık gösterirken, tilkilere daha uzak, sığırlara ise oldukça uzaklık göstermiştir. Bu, kurtla olan ortak atalarının yakında, sığırla olan ortak atalarının da daha uzakta olduğunu gösterir. Bu da paleontolojik kanıtları destekler. Keza kabuklular, böcekler ve yumuşakçalar üzerinde yapılan denemeler morfolojik ve paleontolojik akrabalık dereceleriyle yakından ilişkilerini ve benzerliklerini destekleyici niteliktedir.

Böceklerin tüm vücudu ezilerek özütü omurgalı bir hayvana enjekte edilir. Omurgalı hayvanda meydana getirdiği antikorun, diğer böcek özütlerine gösterdiği tepkimelerin derecesine göre akrabalıkları saptanır.

Kan grubu	Alyuvardaki agglutinojen	Kan plazmasındaki agglutinin	Kan verdiği gruplar	Kan aldığı gruplar	Reaksiyonlar	
					Anti-A	Anti-B
O	Yok	a ve b	O-A-B-AB	O		
A	A	b	A-AB	O-A		
B	B	a	B-AB	O-B		
AB	A ve B	Yok	AB	O-A-B-AB		

Şekil 14.54 : Kan grupları ve agglutinasyon.

Evrimsel olarak meydana gelen mutasyonların, baz çiftlerinde meydana getirdikleri değişiklikler bir yana bırakılırsa hemoglobinin α ve β zincirlerindeki amino asitlerin dizilişinin farklı türlerde ve hayvan gruplarında tamamen aynı olduğu görülür. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçların, morfolojik kanıtlara dayanan evrimsel akrabalık ile uyuştuğu görülür. Keza sitokromlarda ve proteinlerde bulunan amino asitlerin dizilişi de evrimsel akrabalık bağlarını açıklamada büyük yararlar sağlar. Moleküler yapının bir aynası olan enzimler, NAD ve onun analogları (görevdeş) da evrimsel akrabalık bağlarıyla yakından ilişkilidir.

Boşaltım organlarından atılan son ürünler de metabolizma işlevleriyle, dolayısıyla enzimler ve genlerle ilişkilidir. Pürin, adenin, guanin, insanda ve diğer primatlarda ürik asit, allantoisli memelilerde, amfibilerde ve birçok balıkta üre, omurgasızların çoğunda amonyak olarak salgılanır. Omurgalıların evriminde enzimlerin kademe kademe kaybolmasıyla boşaltım maddesi ürik aside kadar basitleştirilmiştir. Tavuk-embriyosunda ilk defa, gelişmenin başlangıcında, amonyak; daha sonraki evrelerde üre ve en sonunda ürik asit salgılandığı saptanmıştır. Çünkü embriyonun ilk evrelerinde bulunan urikaz enzimi ürik asidi amonyağa parçalar. Ama daha sonraki evrelerde urikaz enzimi ortadan kaybolur. Kurbağa üre; fakat sudaki larvası amonyak salgılar. Bu da geçmişin hatırlanışını bir daha kanıtlar.

14.6.2. ELEKTROFOREZİS VE KROMATOGRAFİ

İnsan hemoglobinindeki amino asitlerin tanınma yöntemini ilk defa VERNON INGRAM (Kambriç) vermiştir. Özütlenmiş hemoglobin bir sindirim enzimi olan tripsinle muamelede lisin ve arjinin olan yerlerinden parçalanır. Böylece polipeptit molekülü daha küçük peptitlere ayrılır. Her peptit farklı amino asit bileşimine sahiptir. Her amino asit de farklı elektrik yüküne sahip olduğundan, farklı peptitler farklı elektrik

yükü taşıyacaktır. Elektroforez ile, INGRAM, bu peptitleri bir elektrikli alanda ıslak kağıtların üzerinde hareket ettirmiştir. Her peptitin elektrik yükü farklı olduğu için kağıt üzerinde farklı hızla hareket etmiştir. Bu şekilde farklı peptitler kağıdın farklı bölgelerinde toplanmıştır.

Kromatografik olarak peptitlerin de amino asit analizi yapılabilir. Peptitleri emmiş kağıdın belirli bölgeleri (yani belli bir peptit grubunu emen kısmı) kesilerek enzimlerle muamele edilir ve amino asitlerine kadar parçalanır. Bu parçalanmış çözelti ikinci bir kağıda emdirilerek amino asitler ayrılır. Amino asitler farklı ağırlıklarda olduğu için, kağıt üzerinde farklı hızlarla hareket ederler. Kağıdın üzerindeki amino asitlere 9-hidrin sıkmak suretiyle kurmay kırmızısı (bordo) rengine boyanır. Bu renkli beneklerin bulunduğu yerler amino asitlerin bulunduğu yerlerdir. Amino asitlerin cinsini, miktarını ve diğer bazı kimyasal yollarla yerlerini de saptayabiliriz.

Proteinlerdeki bu amino asitlerin sırasını ve yerini saptama kalıtımda büyük değere sahip olmanın yanısıra, evrimsel akrabalığın da iyi bir göstergesidir. Enzim, hormon ve kan proteinlerindeki hemoglobinin ve diğer proteinlerdeki amino asitlerin benzerlikleri ve farklılıkları bu akrabalığın derecesini verir. Örneğin şempanze ile insan arasındaki kan serumlarının protein bakımından farkı, bir farenin alttürlerinin kan serumları arasındaki farktan daha fazla değildir. Bu, insanın ayrı bir yaratık olarak dünyaya indirilmediğinin en büyük kanıtıdır. Bir tavşan ile bir insan hemoglobininin arasındaki fark, toplam 187 amino asit içerisinde yalnız 22 yerdedir.

Primat'larda farklı oranda olmak üzere (A) hemoglobini (ergin hemoglobini), (F) hemoglobini (fötus hemoglobini) ve (A_2) hemoglobini vardır. Bunlar bir toplumda protoporfirin 9'a bağlı α , β , γ , δ olmak üzere dört polipeptit zinciri halinde bulunur. Bu yapılar farklı genler tarafından denetlenir. Bu bakımdan zincirlerin sahip oldukları amino asitlerin çeşit ve sıralanış tarzlarında farklılık vardır. Genel olarak insan hemoglobinlerinde iki zincir, α zinciri halindedir. Geri kalan iki zincirin özelliğine göre farklı hemoglobin tipleri ayırt edilir; bunlar :

Hemoglobin A $\alpha_2^A \beta_2^A$

Hemoglobin F $\alpha_2^A \gamma_2^F$

Hemoglobin A_2 $\alpha_2^A \delta_2^{A_2}$ 'dir.

Hemoglobin Polipeptit Zincirinin Evrimi : INGRAM'ın düşündüğü gibi, omurgalı havyanların türemesinden önce bir başlangıcı olması gerekir. Gerçekten hemoglobin ile, molekül ağırlığı yaklaşık olarak 17.000 olan miyoglobin arasında benzerlik vardır. KENDREW ve PERUTZ, (A) hemoglobini ile miyoglobinin moleküler yapısı arasında ileri derecede benzerlik olduğunu göstermiştir. INGRAM'a göre, hemoglobinin evrim sürecinde, miyoglobine benzeyen bir polipeptit zincirinin, zinciri denetle-

yen genin kendisini eşlemesi sırasında ortaya çıkan bir mutasyonla, ya da translokasyon sonucunda hem kas içerisinde, hem de kanda görülebileceği varsayılabilir. Bu evreden itibaren bir α geni miyoglobinin, başka bir α_2 geni ergin hemoglobinin yapımını denetlemiştir. Doğal seçme baskısı altında, oksijeni taşıma yönünden avantajlı genin evrimleşmesinin beklenmesi doğaldır. α_2 geninin kendisini eşlemesi sırasında α_2 ve γ genlerinin birlikte görülmesi, üçüncü eşleme sırasında, γ genine bir translokasyon ile δ geninin evrimleşmesi olasılığı vardır.

INGRAM'ın hipotetik şemasında, insan hemoglobinlerinin sentezlenmesini denetleyen farklı genlerin tümünün atasal bir α geninden türemiş olduğu kabul edilerek hemoglobin sentezlenmesini denetleyen genlerin filogenetik ilişkileri açıklanmaya çalışılmıştır (daha geniş bilgi için kan konusuna bkz.).

14.7. GENETİK VE SİTOLOJİDEN ELDE EDİLEN KANITLAR

İster bitki ister hayvan olsun bütün organizmalar yapıları itibariyle birbirine benzeyen hücrelerden oluşmuştur. Bitkisel hücreler taşıdıkları kloroplastlarla hayvanlardan ayrılır.

Yakın zamana kadar bakterilerin farklı bir yapıya sahip olduğu zannediliyordu. Fakat son zamanlarda yapılan araştırmalar, onlardaki kromozomların (bir çekirdek içinde değil) uzun ya da yuvarlak bir iplik şeklinde olduğunu (Şekil 4.1) göstermiştir. Bu ipliğin de diğer canlılar gibi RNA ve DNA'dan meydana geldiği bulunmuştur.

Gerek kromozomların, gerek golgi aygıtının ve gerekse mitokondrilerin olmaması bunların ilkel canlılar olduğunu göstermektedir. Daha yüksek organizmalardaki golgi aygıtı, mitokondriler, lizozomlar, ribozomlar ve endoplazmik retikulum gibi yapılar aşağı yukarı benzerdir. Bu da canlıların ortak bir kökenden geldiğini kanıtlayabilir.

14.8. EVCİLLEŞTİRME YOLU İLE ELDE EDİLEN KANITLAR

Binlerce yıldan beri insanlar çeşitli hayvan ve bitkileri seçmiş ve beslemiştir. Bu şekilde çeşitli adaptasyonlardan (uyumdan) dolayı birçok varyete meydana gelmiştir. Bugün bilinen tüm köpek çeşitleri tek bir ya da birkaç kökten meydana gelmiştir. Melezleme suretiyle o kadar çeşitli renkte ve büyüklükte ırklar meydana gelmiştir ki, şayet bunlar doğada oluşsa idi, her biri eşeysel yalıtımdan (izolasyondan) dolayı farklı türler olacaktı. Bugün aralarında çiftleşip verimli döller meydana getirmeleri onların ortak bir atadan türediğini göstermektedir. Yararlanma esasına göre yapılan seçmelerde kediler, tavuklar, koyunlar, sığırlar, köpekler ve atlar büyük bir varyete serisi göstermektedir.

Bitki yetiştiricileri seçme ile sayısız bitki varyetesi elde etmektedirler. Bugün Avrupa'da hâlâ yabani olarak doğada bulunan kaya lahanasından kültüre alınmış lahana, karnıbahar, şalgam köklü lahana, Brüksel lahanası, yaprak lahanası ve kıvırcık lahana türetilmiştir.

Bugün yüksek bitkilerin hangi kökenden geldiğini, onların çekirdeklerinde bulunan kromozomların morfolojisini, genlerinin çeşidini ve kendine özgü kromozomlar üzerindeki diziliş yerlerini karşılaştırmak suretiyle, hangi bitkinin hangi türden veya hangi türlerin poliploitleşmesinden ya da sadece birleşmesinden meydana geldiğini bulabiliriz. Örneğin, bugün *Nicotiana tabaccum*'un (tütün), iki yabani tütün türünden; mısırın da Meksika'da yaşayan yabani bir gramineye (buğdaygil) benzeyen bitkiden türediği bilinmektedir. *Drosophila*'daki dev kromozomlar onların türleşmesini açıklama bakımından geniş bilgiler vermektedir.

14.9. ORGANİZMALARIN COĞRAFİK DAĞILIMINDAN ELDE EDİLEN KANITLAR

DARWİN'in gezisinde uğradığı güney Amerika ve Galapagos adalarında bulunan bitki ve hayvanların aynı iklim koşullarını taşıyan diğer bölgelerde bulunmaması organik evrim hakkındaki görüşlerine öncülük etti. Keza merkezi Afrika'da bulunan fil, goril, şempanze, aslan ve antiloptan hiçbiri aynı iklim koşullarını taşıyan Brezilya'da yoktu; orada bulunan tapir, maymun çeşitleri de Afrika'da yoktu. Bu gerçek, gerek DARWİN'i, gerekse WALLACE'ı bir doğal seçme mekanizmasını düşünmeye yöneltti.

Biyocoğrafyada genel bir kabul de hayvan ve bitkilerin ve onların türlerinin tek bir noktadan ve bir defada ortaya çıktığıdır. Doğal olarak bir noktadan, türün oluşturduğu populasyon kastedilmektedir. Populasyon, büyüme baskısıyla genişlemeye başlar ve bu büyeme fiziksel engelle sınırlanıncaya kadar devam eder (dağ, çöl ve okyanus gibi fiziksel, beslenme gibi biyolojik faktörler ve iklim bu yayılmayı sınırlayabilir).

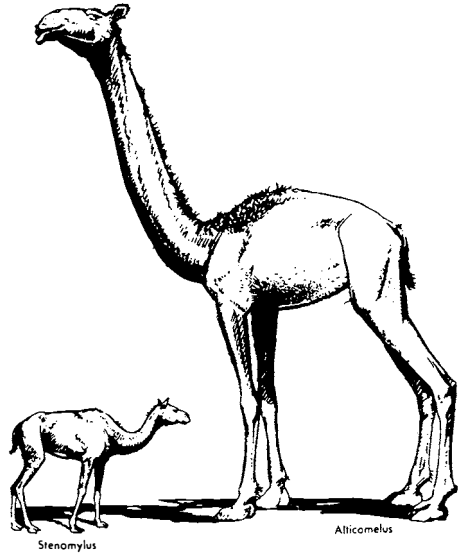
Avustralya ve güney Amerika gibi kara parçalarının uzun bir zamandan beri ana kara parçasından ayrı olmaları oralardaki bitki ve hayvan gruplarının farklı gelişmesine neden olmuştur. Avustralya, *Monotremata* (yumurtlayan memeliler) ve *Marsupialia* (keseli memeliler) faunasına sahiptir. Bu çeşit hayvanlar dünyanın diğer hiçbir yerinde yoktur. Avustralya Mezozoyik'te Malaya'dan ayrılmıştır; o zaman plazentalı memeliler ortaya çıkmamıştı. İlkel memeliler ayrılan bu kara parçasında, yani Avustralya'da, daha iyi mücadele gücüne sahip plazentalı hayvanlar oluşmadığından, günümüze kadar yaşantılarını sürdürebilmişlerdir. Halbuki dünyanın öbür taraflarında *Monotremata*'ların hepsi, *Marsupialia*'ların çoğu plazentalı hayvanların savaşım gücüne dayanamayarak ortadan kalkmıştır. Avustralya'da kalanlar çeşitli çevre koşullarına uyum yaptıklarından türleşme ve çeşitlenme meydana gelmiştir. Kara parçalarından çeşitli uzaklıklarda bulunan adalarda yapılan incelemeler, ada faunasının, ayrıldığı veya en yakın olduğu ana kara parçasının faunasına benzediği; fakat onlardan uzaklık ve ayrılma zamanına bağlı olarak farklı bir doğrultuda geliştiğini göstermiştir.

Hayvan ve bitkilerin yayılışına ait birçok açıklamayı yeryüzünün tarihte geçirdiği değişikliklerden sezinliyoruz. Örneğin, *Alligator* denen timsahı, *Sassafara* ve *Magnolia* ağaçlarını yalnız, Japonya, Doğu Çin ve Güney Doğu Amerika'da buluyo-

ruz. Bu ilginç yayılışın açıklamasını şöyle yapıyoruz: Senozoyik'in başında kuzey yarım küresindeki denizler sığdı; dolayısıyla Asya ile Amerika arasında bugünkü Bering boğazının bulunduğu yerde Bering köprüsü denen bir bağlantı kurulmuştu. Bu devirde iklim çok daha sıcak olduğundan (çünkü timsah ve magnolia tüm bu bölgelere yayılmıştı) iki kıta arasında göç meydana gelmiştir. Senozoyik'in ortalarına doğru Kayalık Dağları yükselmiş ve Batı Amerika daha soğuk, kuru bir iklime sahip olmuştu. Pleistosen'de kuzeyden aşağıya doğru yavaş yavaş inen buz kütleleri orada yaşayan hayvan ve bitkileri ya yok etmiş ya da göç etmeye zorlamaştı. Buzul kütleleri Güney Doğu Amerika'ya ve Çin'e ulaşamadığından bu hayvanlar burada yaşantılarına devam etmiştirler. Ama milyonlarca yıl birbirlerinden ayrı kalan bu tür ya da yakın akraba türler, biriken mutasyonlardan dolayı Asya ve Amerika *Alligator*'ları diye birbirinden belirli ölçülerde ayrılmışlardır.

14.9.1. DEVELERİN YAYILIŞINDAN ELDE EDİLEN KANITLAR

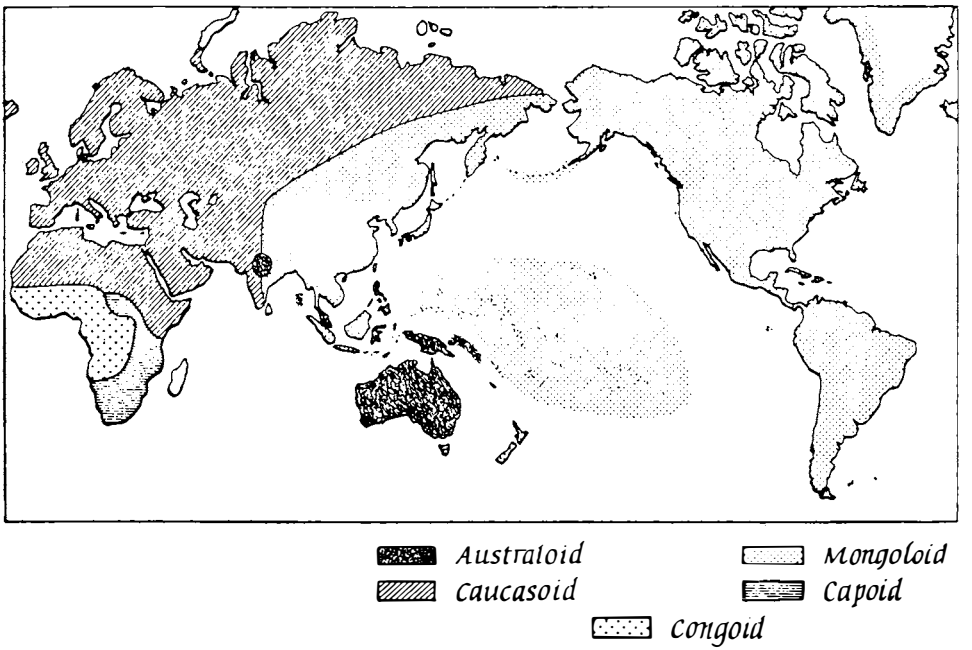
Develerin fosiline Kuzey Amerika'da bol miktarda rastlanmakta (Şekil 14.55) ve Bering köprüsünden Asya'ya göç ettiği varsayılmaktadır. Daha sonra da Afrika'ya gelmiştir. Afrika'dakiler tek hörgüçlü Arap develerine gelişmiştir. Ayakları kumda batmamak için genişlemiş ve susuzluğa uzun zaman dayanabilme yeteneğini kazanmıştır. Orta Asya'nın soğuk bölgelerinde ise iki hörgüçlü develer gelişmiştir. Vücutları soğuktan korunmak için sık ve uzun tüylüdür. Ayakları da kayalık yerlerde yürümeye uymuştur. Güney Amerika'ya göç edenler daha farklı bir gelişim göstermişlerdir. Lama denen bu hayvanlar atalarına daha çok benzemektedir; fakat vücutları biraz daha büyümüştür. Lamaların yüksek dağlara uyum yapmış formları Alpaka'ları meydana getirmiştir. Bu sonuncuların tüyleri çok uzun ve sıktır.



Şekil 14.55: Küçük bir Miyosen devesi ile büyük bir Pliyosen devesinin karşılaştırılması. İkisi de aynı ölçülerde küçültülmüştür. *Alticamelus*'un başı yerden yaklaşık 3 m. kadar yüksektir (Colbert'den).

14.9.2. İNSANLARIN YAYILIŞI

İnsan topluluğunun gösterdiği büyük yapısal farklılıklar coğrafik yalıtım ile açıklanabilmektedir (Şekil 14.56). Bu populasyonların birbirinden ayrılma zamanına bağlı olarak farklılaşmalar büyümüştür (daha geniş bilgi için insan ırklarına bkz!).



Şekil 14.56 : Belirli insan ırklarının dünya yüzünde dağılışı.

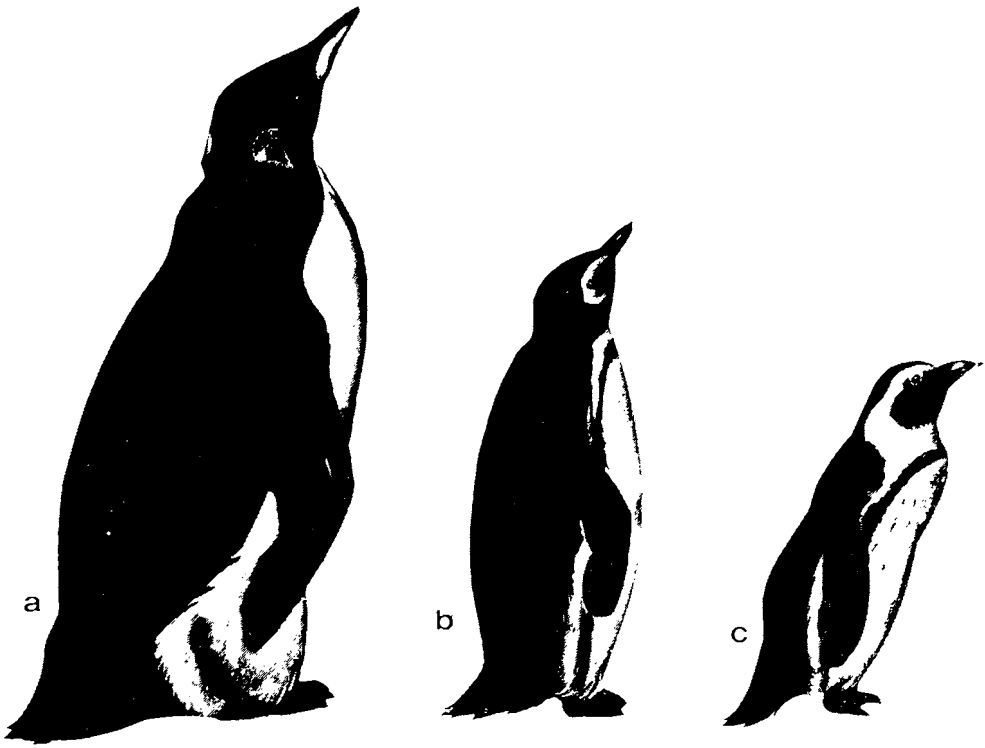
14.9.3. BAZI EKOLOJİK VE EVRİMSEL GENELLEŞTİRMELER

Dollo Kuralı : Evrim bazı geri mutasyonların olmasına karşın geriye dönük değildir. İleriye doğru giden bir sistemler topluluğudur.

Cope Kuralı : Evrimsel gelişim sırasında hayvanlar yok oluncaya kadar bünyelerini büyültme eğilimindedirler. Ola ki bünye büyüdükçe çevre koşullarına bağımlılık azalmakta ve daha fazla besin depo edilebilmektedir.

Gloger Kuralı : Kuzey yarım küresindeki kuş ve memeliler kuzeye gittikçe açık renkli; güneye, daha doğrusu ekvatora, yani iklimin daha rutubetli ve sıcak olduğu yerlere gittikçe koyu renkli olmaya başlarlar.

Bergmann Kuralı (Şekil 14.57) : Aynı bir akraba gruptan olan memeli ve kuş türleri gibi sıcakkanlı hayvanların sıcak bölgelerde daha küçük, soğuk bölgelerde daha büyük vücutlu türleri yaşar. Çünkü vücut büyüdükçe yüzey/hacım orantısı küçülür ve büyük bir vücut göreceli olarak daha küçük yüzeye sahip olacağından iç vücut sıcaklığını korumada daha başarılı olur. Örneğin, penguenler güney Amerika'dan Antartika kıtasının içlerine doğru gittikçe daha büyük vücutlu türleri

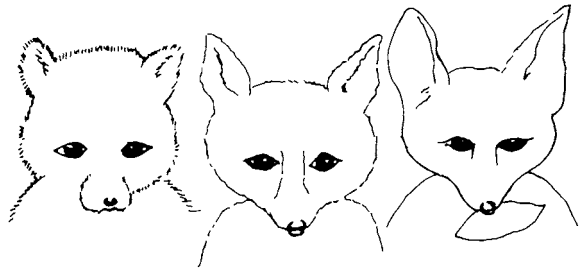


Şekil 14.57 : BERGMANN Kuralının açıklanması: Aynı gruptaki hayvanların soğuk yerlerde yaşayan türleri daha büyük vücutludur. a) Kral Penguen: Güney kutbunda 55'inci enlemde yaşar, boyu 100 cm. kadardır. b) Magellan Pengueni: Güney kutbunda 52'nci enlemde yaşar, boyu 70 cm.'dir. c) Humboldt Pengueni : Güney Amerika'nın batı sahillerinde yaşar, boyu 60 cm. kadardır (V.-W.- Barnes'den).

meydana getirirler. Ayrıca ayıların ve yabani tavşanların güneyden kuzeye gittikçe vücutlarını büyültmeleri bunu göstermektedir. Ancak bunun tersi olan örnekler de mevcuttur.

Allen Kuralı : Soğuk iklimde yaşayan memeli ve kuşların üyeleri keza vücut çıkıntıları sıcak iklimde yaşayan akrabalarına göre daha küçüktür. Örneğin, kutup tavşanları ve tilkileri güneyde yaşayan akrabalarına göre daha küçük kulak kepçesine sahiptirler (Şekil 14.58). Hatta deneysel olarak bunu kanıtlamak mümkündür. Örneğin, sıcaklığı yüksek olan ortamda yetiştirilen farelerin kulak kepçesi oran olarak daha büyük olmaktadır. Bu uyumun amacı kuzeyde vücut sıcaklığını korumak ve güneye gittikçe terleme yüzeyini büyülterek ısı kaybını artırmaktadır. Hayvanların %25'i bu kurala uymaz.

Jordan Kuralı : Yakın türler ve alttürler aynı yerde bulunmazlar. Birbirine benzer; fakat herhangi bir engelle ayrılmış farklı bölgelerde bulunurlar. Bu, yalıtım mekanizmasının türleşmeye ne denli etkili olduğunu göstermektedir. Buna ters düşen örnekler vardır; örneğin, farklı yakın türler ve alttürler aynı yerde yaşayabilir. Fakat o zaman diğer ekolojik koşullar yalıtım ödevini üzerine almıştır.



Şekil 14.58 : ALLEN kuralının kulaklarda şekille gösterilmesi. Kulak uzunluğunun, türün yaşadığı ortamdaki sıcaklıkla değişimi. Sıcak bölgelerde sıcağın savrulabilmesi için kulaklar büyük, soğuk bölgelerde sıcağın saklanabilmesi için küçük yapılıdır.

Gaus Kuralı : Ekolojik ilişkileri aynı olan iki tür, genellikle aynı habitatta aynı nişleri işgal edemezler. Bunlardan bir tanesi diğerinin yok eder ya da dışarıya atar. Bu türlerin populasyonları dağınıksa, bir tanesi merkezde diğeri dış çevrede bulunur. Genellikle ekolojik gereksinimleri aynı olan türler birbirlerinin territoriyal alanına (etki alanına) girmemek için farklı zonlarda yaşamayı ya da farklı zamanda üremeyi vs. tercih etmek zorunda kalırlar.

14.9.4. BİYOCOĞRAFİK BÖLGELER (Şek. 14.59 ve 60)

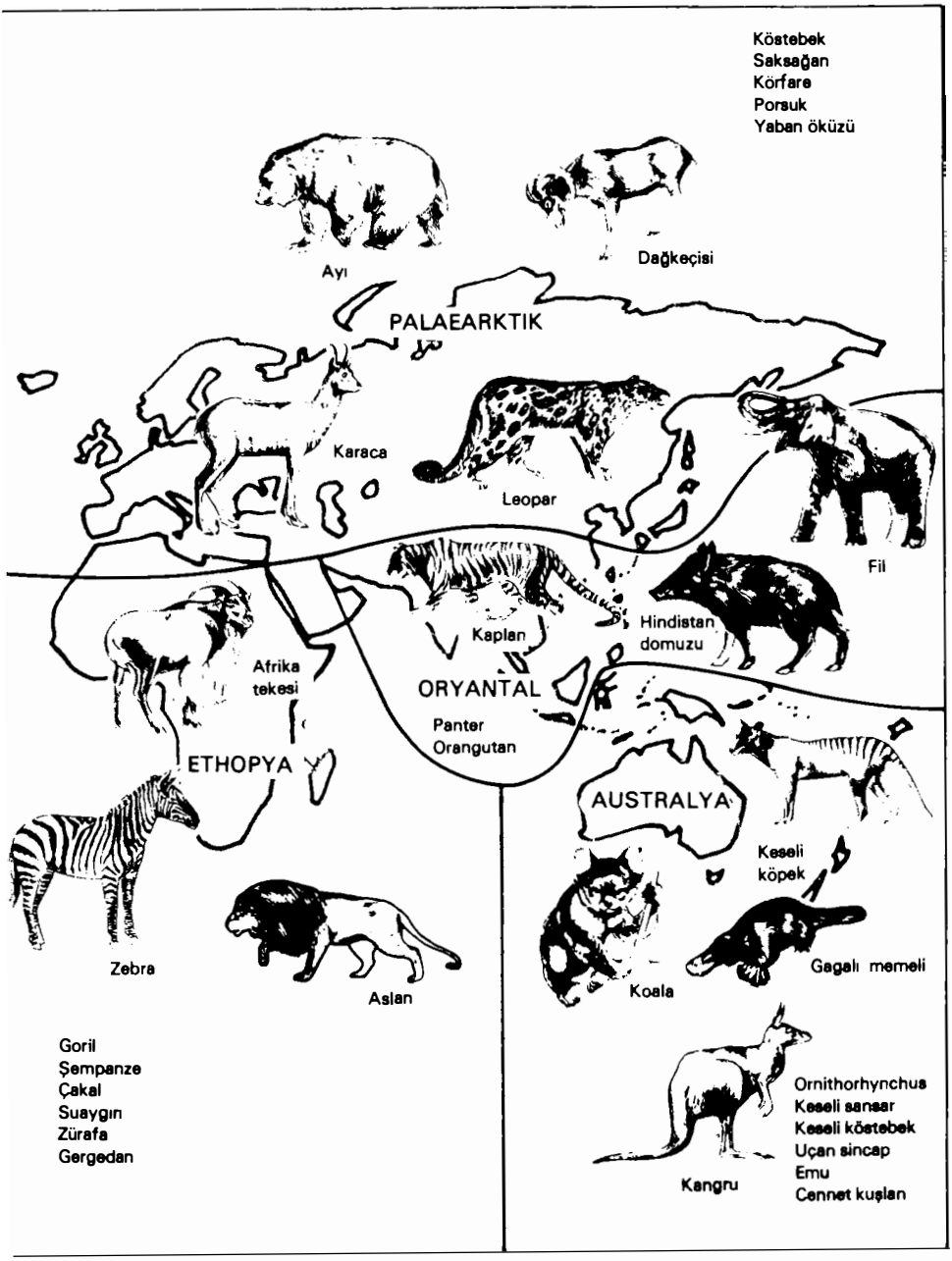
Bitki ve hayvanların dünya üzerindeki yayılışını göz önünde tutarak, her bölgenin kendine özgü organizması olmak koşuluyla altı bölgeye ayrılmıştır. Bu ayırımda memeliler ve kısmen kuşlar, ölçüt (kıstas) alınmasına karşılık, diğer hayvan grupları ve bitkiler de göz önüne alınır. Her bölge birbirinden geniş mesafelerle ayrılmış ve farklı iklim kuşaklarını içinde taşıyan bir takım alt bölgelere ayrılabilir. Bunun yanında altı bölge, birbirinden jeolojik devirlerde büyük engebelerle (okyanus, çöl ve dağ) ayrılmışlardır. Alt bölgeler arasında her zaman göç mümkün olabilmesine karşılık, bölgeler arasında göç seyrek olur.

14.9.4.1. *Palearktik*

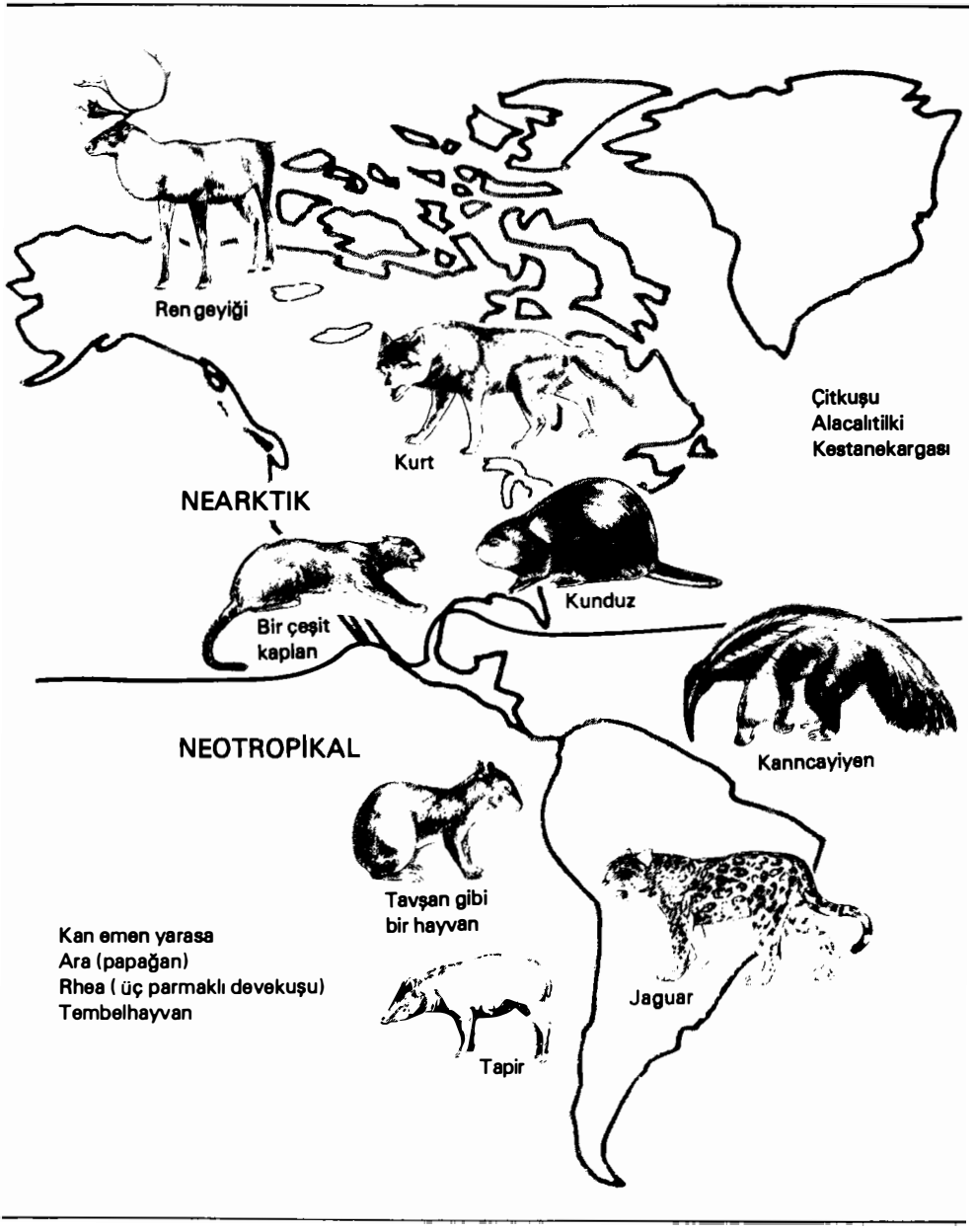
Avrupa, Afrika'da Sahranın kuzeyi, Asya, Himalaya'ların kuzey kısmı, Nan-Ling dağları, Japonya, İzlanda ve Azor adaları, Kap Verde adası bu bölgenin içine girer. Bu bölgenin kendine özgü hayvanları köstebekler (*Talpa*), geyikler (*Cervus*), yaban öküzleri (*Bovis*), koyunlar (*Ovis*), keçiler (*Rupicapra*), narbülbülleri (*Erithacus*), saksağanlar (*Pica*), körfareler (*Spalax*), porsuklar (*Meles*) ve karacalar (*Capreolus*)'dır.

14.9.4.2. *Nearktik*

Grönland, Kuzey Amerika, güneyde Meksika platosunun kuzey kısmına kadar olan alanı içerisine alır. Bu bölge Palearktikteki birçok hayvanı bünyesinde bulundurmasına karşın, ayı (*Ursus*), buz tilkisi (*Vulpes*), bizon (*Bison*) vs. gibi; ayrıca kendine özgü birçok hayvan grubuna da sahiptir; bunlar bazı dağ keçisi türleri, çayır faresi, keseli bir ayı çeşidi, kuyruğu alacalı tilki, mavi kestane kargası, çitkuşu, hindikerten-



Şekil 14.59 : Biyocoğrafik bölgeler ve onları karekterize eden hayvanlar.



Şekil 14.60 : Biyocoğrafik bölgeler ve onları karakterize eden hayvanlar.

kelesidir. Bering Boğazı aracılığıyla Palearktikle ilişkisi olduğundan, birçok hayvan göç etme olanağını bulmuştur. Dolayısıyla birçoğu birbirine benzer. Çok defa iki bölgeyi birleştirerek 'H o l a r k t i k' deriz.

14.9.4.3. *Neotropik*

Güney Amerika, Orta Amerika, Meksika'nın güney kısımları ve Batı Hint Adalarını içerisine alır. Tipik hayvanları, koyuna benzer bir hayvan (*Alpakas*), lamaya benzeyen bir hayvan (*Lamas*), kuyruğundan asılabilen bir maymun çeşidi (*Cebidae*), çengèlli maymunlar (*Hapalidae*), kan emen yarasalar (*Phyllostomotidae*), tembelhayvan (*Bradypus*), karıncaayısı (*Myrmecophagidae*), tapir; kuşlardan, *Ara* (en büyük papağan), üç parmaklı devekuşu (*Rhea*), *Jaguar* vs.'dir.

14.9.4.4. *Ethopya*

Sahra'nın güney kısmı, Madagaskar ve Habeşistan bu bölgeyi meydana getirir. Tipik hayvanları: Goril, şempanze, zebra, hakiki maymunlar *(Cercopithecidae* ve *Pavonidae),* çakallar *(Viverridae),* suaygırı *(Hippopotamus),* domuz cinsleri, zürafalar, antiloplar, iki boynuzlu gergedanlar, bir fil türü *(Loxodonta).* Madagaskar ise Afrika kıtasına göre birçok farklı hayvan türü içerir. Özellikle yarı maymunlar burada çok bulunur.

14.9.4.5. *Oryental*

Hindistan, Seylan, Güney Asya, Güney Çin, Malaya ve bazı Batı Hint adaları; ayrıca Filipinler, Borneo, Java ve Bali adaları bu bölge içerisindedir. Orangutan, siyah panter, Hindistan fili, *Gibbon* ve *Tarsius* (bir çeşit maymun), kaplan, leopar bu bölgenin kendine özgü hayvanlarındandır.

14.9.4.6. *Avustralya*

Avustralya, Yeni Zelanda, Yeni Gine ve geri kalan Batı Hint adaları (Celebes ve Lombok) bu bölge içerisindedir. Avustralya ve oryental bölgeyi ayıran çizgi WALLACE hattıdır. Bu hat Bali ve Lombok, Borneo ve Celebes'i birbirinden ayırır. Her ne kadar Bali ve Lombok 30 km.'lik bir kanalla birbirinden ayrılmışsa da her iki yakadaki hayvan ve bitki türleri birbirinden çok ayrı yapılıştadır. Avustralya bölgesinin kendine özgü hayvanları; *Marsupialia, Monotremata* ve Plazenta'lılardan yalnız *Canis dingo*, bulunur. Ayrıca gagalı memeli (*Echidna*), *Ornithorynchus*, kanguru (*Macropus*), uçan sincap (*Petauroides*), cennet kuşları, Emu (bir kuş türü), keseli sansar (*Dasyurus*), keseli köstebek (*Notorcytes*) vs. bulunur.

14.10. İNSAN KANININ KALITSAL YAPISI VE EVRİMSEL ÖNEMİ

İnsanın evrimsel ilişkisini ortaya koyabilmek için kan üzerinde çok değerli çalışmalar yapılmıştır. İlk görünüşte tüm kanların çok benzer olduğu zannedilirse de, yapılan kimyasal analizler, insan vücudunun en değişken yapılarından biri olduğunu göstermiştir. Ayrıca, meydana gelen varyasyonların, çevre koşullarından değil de gen işlevleriyle ortaya çıkması önemlidir. Farklı türler ve ırklar arasındaki evrimsel iliş-

ki, dış yapısal özelliklerden ziyade, daha emin olarak kanın analiziyle ortaya konabilir. Değişik çevresel faktörler dış yapı üzerinde büyük değişiklikler yapabilmesine karşın, kan üzerinde bu etkiyi göstermez. Buna ilave olarak, kanın her özelliği bir çift allel gen tarafından kontrol edilir. Buna karşın çoğu dış özellik poligenik genler tarafından kalıtılır.

Kural olarak kalıtımın tüm kurallarını insan kanında görmek olasıdır. Dominant (başat), resesif (çekinik), intermediyal (geçişli), kodominant (başatsız), X'bağlı ve poligenik kalıtımın hepsi görülebilir. Bu nedenle insan evrimi konusunda yapılacak her çalışma kaçınılmaz olarak kandaki çalışmalarla düğümlenir. Biz evrimsel açıklamalarda daha ileriye gitmeden, insan kanının kalıtımındaki ana kuralları gözden geçirelim.

14.10.1. A, B VE O GRUPLARI

Kan grupları yirminci asırdan önce bilinmemekteydi. 1901 yılında KARL LANDSTEINER kan hücrelerini plazmadan ayırarak değişik kombinasyonlar yaptı. Farklı kanları birbirine karıştırdığında bazılarında çökme meydana geldiğini, bazılarında çökmeden karışma olduğunu buldu. Böylece A, B ve O gruplarını ortaya çıkardı (Şekil 14.54).

14.10.1.1. *Antijen ve Antikorların Yapısı*

Kırmızı kan hücreleri yabancı bir serumla karıştırıldığında çökme meydana getirir. Çünkü kırmızı kan hücresinin plazma zarının bir proteini olan antijen, serumda bulunan antikorla tepkimeye girer. Antikor plazma proteinidir ve gamma globulin yapısındadır; sadece yüksek omurgalı hayvanlarda bulunur. Çoğu, hastalık yapan mikroorganizmalara karşı tepki gösteren maddelerdir. Kanımız bu koruyucu maddelerin birçok değişik şekline sahiptir. Şayet bu koruyucu maddeler herhangi bir şekilde yok olursa, birkaç hafta içerisinde enfeksiyondan ölüm meydana gelir. Bazen bu antikorlar besinlerde bulunan proteinlere, havadaki polenlere ve temas ettiğimiz diğer maddelere tepki göstererek, alerjileri meydana getirebilir.

14.10.1.2. *A ve B Antijenleri*

A ve B antijenleri bir çift kodominant gen tarafından kalıtılır (Bölüm 10'a bkz!). Bu iki genin keza çekinik bir alleli vardır. Bu çekinik gen antijen ürettirmez. Biz bu üç geni şu simgelerle gösterebiliriz a = Antijensiz, A = A antijeni, A^B = B antijeni. Her şahıs bu allel genlerden ikisini taşır ve böylece üç genin değişik kombinasyonları aşağıdaki kan tiplerini verir.

Genotipleri	Fenotipleri
a/a	O
A/A veya A/a	A
A^B/A^B veya A^B/a	B
A/A^B	AB

Bu kan tipleri daha sonra da göreceğimiz gibi kişinin bazı yasal anlaşmazlıklarını çözmede (gayri-meşru çocuk saptaması, cinayet zanlısını bulmak vs. gibi) büyük yararlar sağlayabilir.

Bu bulguların populasyonlara uygulanması evrim açısından değerli katkılar getirir. Hemen hemen bütün populasyonlar bu dört kan grubunu taşımakla beraber, oranları büyük değişiklikler gösterir. İnsan populasyonları arasındaki farklar bölüm 26 ve 27'de anlatılmıştır.

Burada ilginç olan A ve B ile ilgili antikorların, antijenlerle temas etmese dahi kanda bulunabilmeleridir. Antikorlar, eğer A antijenli hücreleri çökeltiyorsa, anti-A diye; B antijenli hücreleri çökeltiyorsa anti-B diye adlandırılır. Dolayısıyla anti-A'nın bulunduğu plazmada A antijeni, anti-B'nin bulunduğu plazmada da B antijenleri bulunmayacaktır. Diğer tüm antikorlar, eğer yabancı bir antijenle temas edilmişse ortaya çıkar.

Örneğin, biz, hiçbir zaman, hastalığa tutulmadıkça, aşılanmadıkça tifo antikoruna sahip olamayız. Eğer bir şahıs A grubundan ise, B grubundan herhangi bir şahısla karşılaşmadan, kanında anti-B'ye sahiptir. Bunun nasıl olduğunu tam bilemiyoruz. Fakat bu konuda değişik kuramlar vardır. Bunlardan birkaçı şunlardır: Bebekler antikor üretmeden doğarlar; fakat analarından belirli bir miktar antikor bebeğin kanına geçer. Birkaç ay sonra antijenle temasa geçince bebek antikor üretmeye başlar. Bu, memelilerde bulunan evrimsel bir uyumdur. Çünkü embriyo antikor üretebilseydi, anasının antijenlerine karşı duyarlı olacaktı ve sonuçta ölüm meydana gelecekti. A ve B antikorlarını açıklayan ikinci kuram da şudur : A ve B antijenlerine benzeyen antijenler bebeğin ilk evrelerde aldığı besinlerin içerisinde vardır. Bebek, bu besinlerdeki antijenlere karşı antikor üretir. Bu antikorlar A ve B antijenleriyle, tepkimeye girer. Diğer bir kuram : Bebek anti-A ve anti-B üretecek programa sahip plazma hücreleriyle doğar. Eğer bebek A antijenine sahipse, bu program bozulur ve anti-A üretilmez. Eğer B antijeni varsa, anti-B üretilemez.

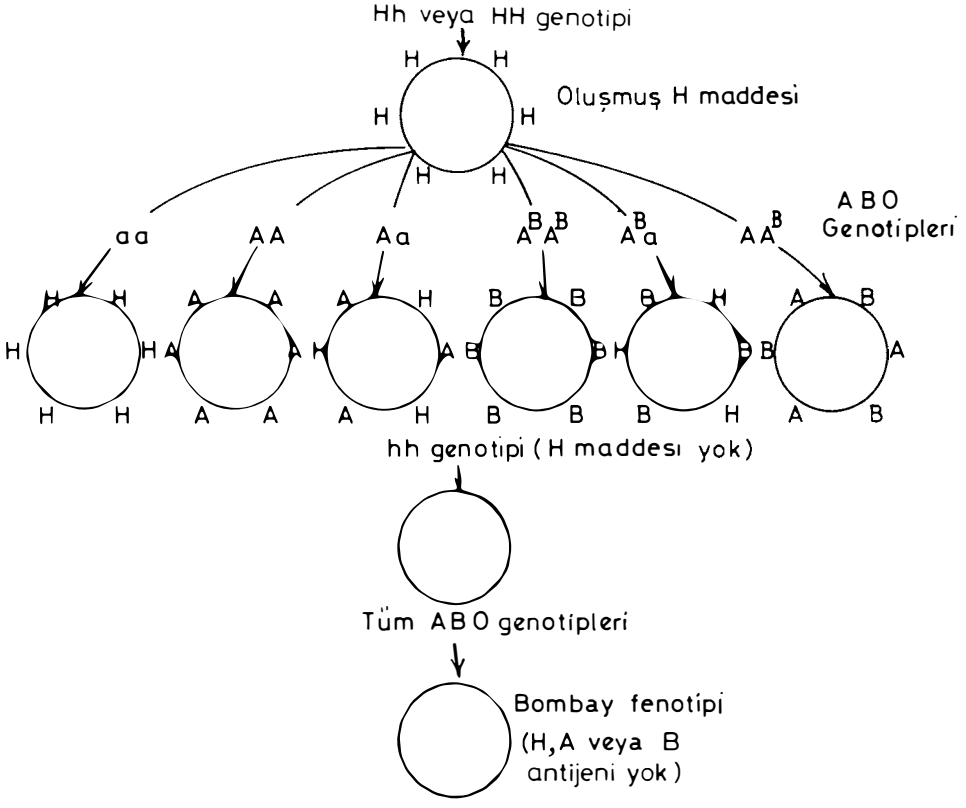
Plazmadaki antikorların varlığına bakmadan yapılacak kan nakilleri kötü sonuçlar verecektir. En iyi kan nakli, tüm özellikleriyle birbirine benzeyen kanlar arasındaki nakildir. Bu nakiller usulünce yapılmazsa, kırmızı kan hücreleri çökelerek kılcal damarları tıkayacak ve ölüme neden olacaktır.

Kan Tiplerinde Antijen-Antikor Bileşimi

Kan tipi	Antijen	Antikor
O	yok	Anti-A ve Anti-B.
A	A	Anti-B
B	B	Anti-A
AB	A ve B	yok

14.10.1.3. *H-Maddesi*

Genetikçiler, oldukça uzun bir süre, A ve B kan gruplarındaki şahısların homozigot ve heterozigot olduklarını anlayamadıkları için büyük bir ilerleme yapamadılar. Daha sonra O ve heterozigot A ve B grubundan olanların kanlarının yılanbalığı kanı ve *Ulex europeus* bitkisinin özütü ile karıştırıldığı zaman çökelti, pıhtılaşma meydana getirdiği bulundu. Bu iki özüt veya sıvı da sanki a geninin ürettiği maddeye tepki gösteren bir antikor özelliğine sahipti. Başlangıçta a geninin diğerlerine göre çekinik olan kendi özel antijenini ürettiği zannedildi. Fakat daha sonra yapılan ayrıntılı çalışmalarda, bu iki özütün gerçekte hücre zarının farklı bölgeleriyle tepkimeye girdiği bulundu ve tepkimenin olduğu yerdeki maddelere "H" maddesi dendi. Başat bir H geni bu maddenin üretimini sağlıyordu (Şekil 14.61).



Şekil 14.61 : H maddesini oluşturan gen ile ABO fenotiplerini oluşturan genler arasındaki ilişki. H başat geni olmadan, A ve B genleri etkisini gösteremez.

Antijen A ve B, H maddesinden üretilir ve bu madde AB, homozigot A ve B gruplarında tamamen tüketilerek bitirilir. O grubu şahıslarda H maddesi tamamen kalır ve dolayısıyla kuvvetli tepkime meydana gelir. Heterozigot A ve B olan kişilerde H maddesinin tümü kullanılmaz, bir kısmı hücre zarında kalır ve dolayısıyla yukarıda değinilen yılanbalığı kanı ve bitki özütüyle tepkimeye girer. Bu varsayımı kesinleşti-

ren kanıt ilk defa Bombay'da, ataları A ve AB olan, bir Hindistanlının kanının anti-A ve anti-B'nin her ikisine de tepki göstermemesiyle ve dolayısıyla pıhtılaşma meydana getirmemesiyle bulundu. Genotipi A ve AB olan bir evli çiftten O grubu bir çocuk doğamaz; en azından AB grubundan A veya B'yi alacaktır. Daha sonra H maddesinin üretilemediği ve bu şahısta gen yapısının homozigot h/h olduğu bulundu. Bu tipe 'B o m b a y F e n o t i p i' dendi ve daha sonra nadirde olsa bazı kişilerde bu durum saptandı. Bu tip kişiler, yılanbalığı kanı veya *Ulex* bitkisinin özütü ve keza anti-A ve anti-B ile tepkimeye girmeyen kanlarının olmasıyla ayrılabiliyordu. Örneğin O grubu kan bu maddelerle pıhtılaşma meydana getiriyordu.

14.10.1.4. *Salgısal Özellikler*

Amerika Birleşik Devletleri'nde yaşayan halkın %70'nin kırmızı kan hücrelerindeki özelliğe göre vücut salgılarında antijen taşıdığı bulunmuştur. Örneğin, bir adam A kan grubundan ise, tükrük, mide, burun, göz, eğer dişiyse meme salgılarında A antijenine sahiptir. Biz bu tip adama A tipi deriz. Seçtiğimiz kişi bu tip salgı meydana getiren bir kişi ise (geri kalan %30'dan değilse) biz bu kişiden aldığımız tükrük salgısını anti-A ile karıştıralım. Görünürde herhangi bir değişiklik meydana gelmez. Fakat A antijeni ile anti-A birleşir ve ortamda serbest anti-A kalmaz. Şimdi bu karışımı, aynı kişiden alınan kanla karıştırdığımızda herhangi bir çökelme meydana gelmez. Çünkü ortamdaki anti-A kullanılarak bitmiştir. Eğer seçtiğimiz kişinin tükrük salgısında antijen yoksa, yani salgıcı değilse (%30'un içerisinde) içine katacağımız anti-A maddesi birleşmeden kalacağı için, tükrükle meydana getirdikleri karışım, aynı kişiden alınan insanın kanını çöktürecektir. Bu bulgu, diğer genetik kanıtların yanısıra, özellikle polis araştırmalarında geniş ölçüde kullanılmaktadır. Çünkü pek az bir vücut salgısı suçlu hakkında değerli bilgiler verebilir.

14.10.2. RH ANTİJENLERİ

ABO kan gruplarının bulunuşundan sonra, başarılı kan nakilleri yapılmakla beraber, bazı durumlarda, kan grupları tamamen aynı olduğu halde, pıhtılaşma meydana geliyordu. LANDSTEİNER ve WEİNER (1940) *Rhesus* maymununun kırmızı kan hücrelerinde bulunan belirli antijenlerin bazı insanların kırmızı kan hücrelerinde de bulunduğunu ortaya çıkarınca sorun çözümlendi. Maymunda bu Rh faktörünü üreten başat gen insanlarda da vardı. Bazı insanlarda bu başat R geninin yerine çekinik r geni bulunur ve Rh faktörü üretilemez. Rh faktörünü taşıyanlar Rh+, taşımayanlar Rh-olarak bilinir. Toplumumuzun yaklaşık %85'i Rh+'tir.

14.10.2.1. *Rh Antijenine Duyarlılık*

Rh- bireyler doğal olarak Rh antijenine karşı, antikora sahip değillerdir. Fakat eğer kan dolaşımına herhangi bir şekilde Rh antijeni sokulursa, antikor meydana gelmeye başlar. A kan grubundan bir adam, eğer Rh- ise, yine A grubundan; fakat Rh+ pozitif bir adamdan herhangi bir sorun olmadan kan alabilir. Fakat bu yabancı

antijenin kana girmesiyle anti-Rh üretimi uyarılmış olur. İkinci bir kan naklinde, kanda anti-Rh bulunduğu için, ölüm meydana gelir (ikinci defa da Rh + 'li bir kan alırsa).

Bir hamile kadın, az miktarlarda da olsa doğuracağı yavrunun kanından alır. Yavru rahimden ayrılacağı zaman plazentanın uterustan (rahimden) kopması sırasında meydana gelecek yaralanma ve kanamalarda, ana, yavrunun kanından almış olur. Eğer kadın Rh- ve yavru da Rh + ise, ana, alınan bu pozitif kan nedeniyle uyarılır ve ana kanında anti-Rh oluşur. Birinci çocuk sağlam doğar. Eğer ikinci çocuğu da Rh + olursa, ananın kanındaki anti-Rh'ın bir kısmı fetusa geçerek fetusun kırmızı kan hücrelerini tahrip eder ve düşükler meydana gelir ya da çocuk 'Erythroblastosis' olarak doğar. Kırmızı kan hücrelerinin çoğu tahrip olduğu için, kemik iliğinden çekirdekli kan hücreleri meydana getirilerek olgunlaşmadan kana verilmeye başlanır. Çocuk kansız olduğu için (anemik) bozukluklar ortaya çıkar. Fakat şimdi hastahanelerde, doğum sırasında bu tip annelere anti-Rh vererek, uyarmayı önleyebiliyoruz ve ana istediği kadar Rh + 'lı çocuk sahibi olabiliyor.

14.10.2.2. *Rh Faktörünün Karmaşıklığı*

Rh faktörü yukarıda açıkladığımız gibi basit bir kalıtımın ürünü değildir. Rh antijeni, dominant-resesif mekanizmasıyla çalışan bir çift allel gen yerine, bir sürü allele sahiptir. Kromozomlarda birbirine yakın üç genle temsil edildiği görülür. Çok defa bu genlere 'Yalancı Aller' denir. Çünkü beraberce bir birlik, bir ünite meydana getirme eğilimindedirler. Bunların başat formları CDE ve çekinik formları cde olarak simgelenir. Bir kişi Rh + ise, en azından bir başat allel mevcuttur. Örneğin cDe/cde genotipli bir kişi Rh + 'dir. Yalnız homozigot çekinikler (cde/cde) Rh-'dir.

Antijenlerin her birine karşı antikor üretilir. Rh^D pozitif antijenin en genel formudur. Amerika toplumundaki Rh + kişilerin %98'i bu formu taşır. Rh^C pozitif diğer bir formudur ve Rh^D pozitif olanlara karşı da duyarlı olabilir. Bu şekildeki iki pozitif kan grubu arasında kan nakli yapılmışsa, ikinci bir kan naklinde sorunlar ortaya çıkabilir. Eğer bir ana pozitif C' ise, pozitif D olan bir fetusa karşı duyarlı olacaktır. Kan naklinden önce ya da doğum sırasında, pozitif antijenin hangi çeşit olduğu analiz edilmelidir.

Rh antijenlerinin bu şekilde farklılıklar göstermesi kan çeşitlerini ayırma bakımından büyük yararlar getirmiştir. Evrimsel açıdan, maymuna benzeyen bir atada Rh faktörünü meydana getiren genlerin bir çift başat gen olduğu varsayılmaktadır. Eşit olmayan krossing-over ile ilk ikisi daha sonra üçüncüsü ayrılmış; fakat bitişik olarak aynı lokalitelerde kalmıştır. Mutasyonlarla da bu başat CDE genlerinin, çekinikleri meydana gelmiş (cde) ve bu sonuncular antijen üretememişlerdir.

Birçok kitapta Rh lokusunda R^z, R', R^y, r', R^2, R^o, r, r' ve r'' vs. gibi allelerin olduğu bildirilmektedir. Beyaz ırkın, kural olarak %60'ı, siyahların %85'i, eskimoların hepsi Rh + 'dir.

14.10.3. DİĞER KIRMIZI KAN HÜCRE ANTİJENLERİ

İlerleyen araştırmalar, kırmızı kan hücrelerinin zarında birtakım başka antijenlerin de olduğunu göstermiştir. Gerçekte bu değişiklikler o kadar fazladır ki, her bireyin antijen bileşimi, belki de yalnız kendine özgüdür ve tektir. Şayet kanımızın bilinen tüm antijenleri kontrol edebilseydi, dünyada hakiki ikizler dışında hiçbir kimsenin kanının diğerine benzemediği görülebilirdi.

14.10.3.1. *MN Antijenleri*

Değişik hayvanlarda yapılan serolojik çalışmalar, tüm hayvanların özel antijenlere karşı her zaman antikor üretmediklerini göstermiştir. Kan araştırıcılarının iki önemli ismi LANDSTEINER ve LEVINE, insan kanında, antikor meydana getirmeyen antijenlerin varlığını bulmuşlardır. Örneğin, insan kanını tavşanlara enjekte etmiş ve birkaç hafta sonra, kan alınan insanın kırmızı kan hücrelerini çökertecek antikorları meydana getirdiklerini gözlemişlerdir. Eğer tavşanın serumu diğer bir kişinin kanı ile karıştırılacak olursa bir çökme meydana gelmeyebilir, yani, bazılarında çökme meydana getirdiği halde, bazılarında meydana getirmemiştir. Farklı insanlardan alınan kanların tavşanlara enjekte edilmesiyle iki farklı antijenin varlığı ortaya konmuştur. Bunlar M ve N olarak adlandırılmıştır. Kodominant genler tarafından kalıtıldıkları için L^M ve L^N olarak simgelenmişlerdir.

Bu antijenler bakımından insanlar üç grup altında toplanır, M, MN ve N. Her ikisinin de çekinik allelleri yoktur. Bu antijenlere karşı, insanlar tarafından, antikor üretilemediği için, kan naklinde ve çocuk doğumunda pratik bir önemi yoktur. Yalnız populasyon çalışmalarında büyük öneme sahiptir.

14.10.3.2. *Seyrek Bulunan Duyarlılıkların Açıklanması*

İnsanda antikor meydana gitirip getirmediği normal olarak anlaşılamayan bir takım antijenler daha vardır. Örneğin AND adındaki bir kişi, diğer tüm antijenleri kendisininkine uygunluk gösteren bir kişiden kan alırken hafif bir tepkime göstermiştir. Yapılan araştırmalarda kan veren kişinin X kromozomunda antijen meydana getiren bir başat gene sahip olduğu, buna karşın alıcı bay AND'ın ise tek bir X kromozomu üzerinde, bu genin çekiniğini taşıdığı görülmüştür. Bu antijen de "Xg Antijeni" olarak tanımlanmıştır.

Diğer bir bulgu KIDD isimli bir kadında bulunmuştur. Rh pozitif olmasına karşın, doğurduğu çocukta hafif bir eritroblastosis saptanmıştır. Yapılan çalışmalarda çocuğun babasının bilinmeyen bir antijen için başat bir gen taşıdığı ve çocuktaki bu antijene karşı annede hafif bir duyarlılık meydana geldiği bulunmuştur. Bu, '**Kidd-Faktörü**' olarak bilinir. Kadınların çoğu bu faktöre duyarlı değildir. Diğer birçok kırmızı kan hücresi antijeni bulunmakla beraber evrimsel açıdan populasyonların incelenmesinde büyük önem taşıyan birkaçını vermekle yetineceğiz.

Kan Gruplarında Bulunan Bazı Antijenler

Sistemler	Saptanmış antijen sayısı
ABO	3
MNSs	17
Rh	3
Xg	1
Lewis	2
Dombrock	1
Lutheran	2
Kell	7
Duffy	3
Diego	2
Auberger	1
P	3
I	1

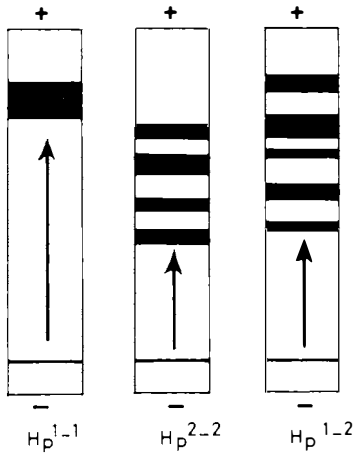
14.10.4. PLAZMA PROTEİNLERİ

Kırmızı kan hücrelerinin zarında bulunan antijenlerin çeşitliliğine yukarıda kısaca değindik. Bu, kanın yalnız bir kısmıdır ve diğer kısmı, yani plazma kısmı da aynı şekilde değişebilir özelliktedir. Biz bu kitabın kapsamı içerisinde, bu konuya yeterince eğilemeyeceğiz. Fakat belirli kuralları da vermeden geçmek herhalde kaçınılmazdır. Bunların içerisinde bizim için en önemlisi, plazma proteinlerinin bir kısmını oluşturan globulinlerdir. Elektroforezle amino asitlerine kadar ayrılabilir ve bu dizilime neden olan kalıtsal yapı açıklanabilir. Alfa (α), beta (β) ve gamma (γ) diye üç tür globulin vardır. Biz bunları bir düzen içerisinde inceleyelim.

14.10.4.1. *Haptoglobinler*

Alfa globulinlerdir ve plazmadaki serbest hemoglobinlerle bağlanmıştır. Birçok kırmızı kan hücresi patlayarak hemoglobinlerini plazmaya verirler. Eğer haptoglobinler bunları bağlayarak karaciğere taşıyıp orada parçalanmasını ve safra halinde atılmasını sağlamasaydı, vücudumuz için zehir etkisi yapacaktı. Haptoglobinlerin gelişimi sıcakkanlıların evrimi için gereklidir. Vücut sıcaklığını sabit tutubilmek için bol miktarda oksijen sağlayarak metabolizmalarını yükseltirler. Bunu sağlayan hemoglobinin parçalanmasıyla ortaya çıkan zehirli etki, haptoglobinler ile etkisiz duruma getirilir. Dolayısıyla sıcakkanlılıkla beraber haptoglobinlerin de gelişmesi evrimsel bir zorunluluktur.

Elektroforez, bu haptoglobinlerin farklı kalıtıldığını göstermektedir (Şekil 14.62). İki temel kodominant alleli vardır, bunlar Hp^1 ve Hp^2 olarak gösterilir. Bu iki özellikten üç fenotip ortaya çıkar. Bunlara ilaveten bir çekinik allel Hp^0 vardır. Bu sonuncusu pek az insanda homozigot olarak bulunur. Bu tip kişiler haptoglobin üretemezler ve dolayısıyla kandaki serbest hemoglobinin zehirli etkisinden de kurtula-



Şekil 14.62 :

Haptoglobinler ve plazma proteinleri elektrik akımına tutuluklarında farklı bantlaşma göstermektedirler.

mazlar. Her kodominant genin de birçok çeşidi vardır ve sonuç olarak haptoglobinlerin çok değişik şekillerine rastlanır.

14.10.4.2. Transferrinler

Bunlar beta globulinlerdir ve sıcakkanlılığın gelişmesi için haptoglobinler kadar önemlidir. Hemoglobin molekülünün merkezinde demir molekülü vardır. Bu nedenle sıcakkanlılar oldukça yüksek miktarlarda demire gereksinme duyarlar. Transferrinler, bağırsaktan absorbe edilen besinlerin içerisindeki iyonik demiri, hemoglobin üretmek için kırmızı kemik iliğine taşırlar. Kandaki serbest demir iyonları zehirlidir ve transferrin bağı şeklinde taşınmak zorundadır. Transferrin C, en çok bulunan form olmakla beraber, dört farklı tipi daha vardır. Bu tiplerin dağılımı populasyonlara göre büyük değişiklikler gösterir. Örneğin, Navaho (Amerika) yerlilerinin %8'i B_{0-1} olmasına karşın, Kafkas ırklarında bu tipe hiç rastlanmaz. Amerika'da yaşayan siyahların %10'nu, Avrupa'lıların ise ancak %1'i D_0 tipindedir.

14.10.4.3. İmmunoglobulinler

Alfa globulinlerdir. Antikorlar bu gruptandır. Bu globulinlerin üretimi G_m ve Inv olarak bilinen iki gen lokusu tarafından düzenlenir. Her lokusta bulunan allelerin ürettiği globulinlerin amino asit bakımından farklı olduğu elektroforezle gösterilmiştir. Gamma globulin tipindeki varyasyonların antikor üretimi ile yakından ilgili olduğu varsayılır. Sonuç olarak yabancı proteinlere karşı alerji ya da enfeksiyonlara dayanıklılık bu maddelerin sorumluluğunda yürütülür. Bir lokustaki çekinik bir gen 'Agammaglobulinanemia'ye yani, gamma globulinlerin tümüyle meydana gelmemesine neden olur. Bir birey bu gen bakımından homozigot olursa enfeksiyonlardan zarar görür. Diğer bir lokustaki çekinik gen de 'Disgammaglobulinanemia'ye neden olur. Bu durumda gamma globulin üretilir; fakat yapısındaki bozukluk nedeniyle yabancı proteine tepki gösterilmez.

Kanın çeşitli kısımlarında bulunan bu farklılıklar bir insanın diğerlerinden neden farklı olduğunun en güzel örneklerinden biridir.

V. KISIM

EVRİMİN KULLANDIĞI HAM MATERYALLER

15. BÖLÜM : KROMOZOM DEĞİŞMELERİ

16. BÖLÜM : GENLERDEKİ DEĞİŞİKLİK: MUTASYONLAR (= DEĞİŞİNİM)

17. BÖLÜM : VARYASYONLAR (= ÇEŞİTLENME) ve MODİFİKASYONLAR ve SONUÇ:

18. BÖLÜM : UYUM (ADAPTASYON)

15. BÖLÜM

KROMOZOM DEĞİŞMELERİ

Kromozom değişmeleri evrimde çok büyük bir öneme sahiptir. Bu değişiklikleri görebilmek için, özellikle, yakın türleri çalışmak çok yararlıdır. At ve eşek yakın akrabadır; çok yakın geçmişte ortak bir ataları olduğu kesindir. Fakat bugün at 64, eşek ise 62 kromozomludur. Bu iki tür çiftleşip, katır denen yavruyu meydana getirecek kadar biyolojik olarak birbirine benzerdir. Bununla beraber katırın eşeysel bezlerinde, ilk mayoz sırasında kromozomlar normal sinaps yapamazlar. Atın bir kromozomunun bir parçası, eşeğin iki kromozomunun parçaları ile sinaps yapabilir. Bu, genlerin bir kısmının allel olduğunu gösterir. Çünkü yalnız allel genler sinaps yapabilir. Fakat bu son örnekte allel genlerin farklı kromozomlara dağıldığını görmekteyiz. Buradan, iki tür birbirinden ayrılırken, bir kromozom değişiminin olabileceğini de çıkarabiliriz. Böyle bir kromozom değişimi kısır melezlerin oluşmasına ve dolayısıyla aynı yerde yaşayan yakın türler arasındaki karışmaları da önlemeye yarar. Evrimin en önemli yapıtaşı olan varyasyonların meydana gelmesinde etkin oldukları için, evrimsel açıdan da çok büyük öneme sahiptirler. Kromozom değişimleri iki grup içerisinde incelenir. Kromozomların yapısının ve sayısının değişmesi:

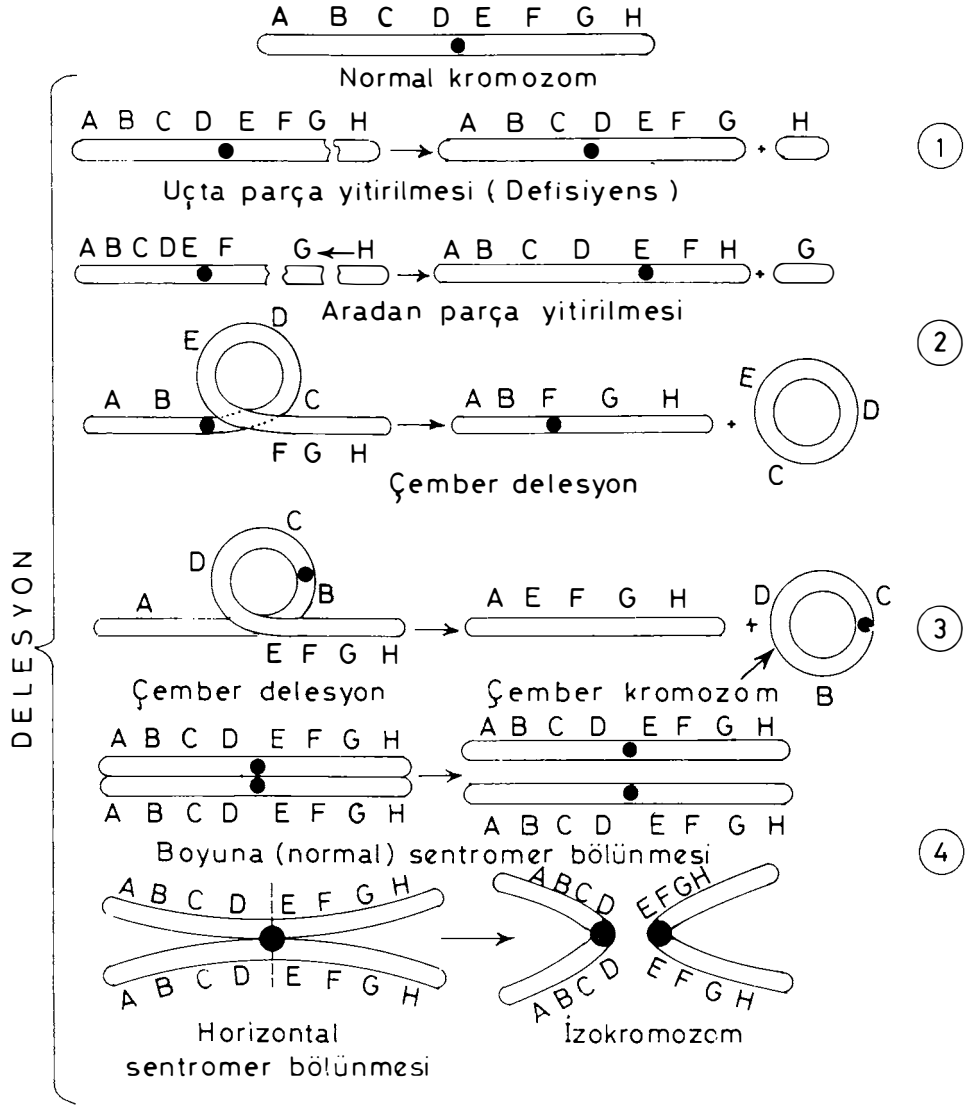
15.1. KROMOZOMLARIN YAPISININ DEĞİŞMESİ (Şekil 15.1)

Daha önce da gördüğümüz gibi ilk mayoz sırasında krossing-overle kromozomlardan parça koparak yer değiştirip tekrar bağlanmaktadır (Şekil 10.13 ve 10.32). Krossing-over eş kromatitler arasındaki alışılagelmiş parça değişimidir. Kromozomlar üzerindeki genlerin rekombinasyonlarına neden olur; fakat kromozomlarda yapı değişikliklerine neden olmaz. Bazen, kromatitler, krossing-over olmadan da parça değişimine, yitirilmesine ve kazanılmasına sahip olabilirler. Bu değişmeleri genel hatlarıyla inceleyelim.

15.1.1. DELESYON (Şek. 15.1:1-4)

Kromzomun bir kısmının koparak yitirilmesine denir. Kopan parça herhangi bir kromozoma bağlanmaz. Mitoz ve mayoz bölünmeleri sırasında kromozomların kutuplara gitmesini sağlayan merkezin sentromerler olduğunu biliyoruz. Bu merkez-

den yoksun herhangi bir kromozom parçası kutuplara ulaşamayacaktır. Büyük bir olasılıkla yeni oluşacak çekirdeğin dışarısında kalacaktır. Sitoplazma içerisinde kalan bu kromozom parçaları enzimlerin etkisiyle kendini oluşturan ana birimlere kadar parçalanacaktır. Sonuç olarak, hücre, kaybolan parça üzerindeki genleri yitirecektir. Eğer hücre diploit ise, kaybolan genlerin alleleri kardeş kromozom üzerinde bulunacaktır. Bu durumda yitirilen kromozom parçaları hücreler için öldürücü olmaz. Fakat gen balansının (dengesinin) ve sonuçta fenotipin değişmesine neden olur. Eğer yitirilen parça çok büyükse gen dengesi tamamen bozulur ve sonuçta ölüm meydana gelir.



Şekil 15.1: Kromozom değişmeleri (delesyon çeşitleri).

Erkeklerin X kromozomunda meydana gelecek bu şekildeki bir parça yitirilmesi, Y kromozomu üzerinde alleli olmadığı için ölümle sonuçlanabilir. Parça yitirilmesiyle birlikte bazı canlıların parazit ya da saprofit (çürükçül) yaşama uyum gösterdikleri savunulmuştur. Bu yolla bazı enzimler yitirilince, zorunlu olarak parazitizm veya saprofitizm ortaya çıkar. Başat genleri taşıyan kromozom parçası yitirilince, çekinik genler, etkilerini, başatmış gibi fenotipte gösterirler. Buna "Yalancı Dominantlık" denir.

15.1.1.1. *Uçta Parça Yitirilmesi (Terminal Delesyon veya Defisiyens)*

Kromozomların uçtan parça yitirmelerine denir (Şekil 15.1:1).

15.1.1.2. *Aradan Parça Yitirme*

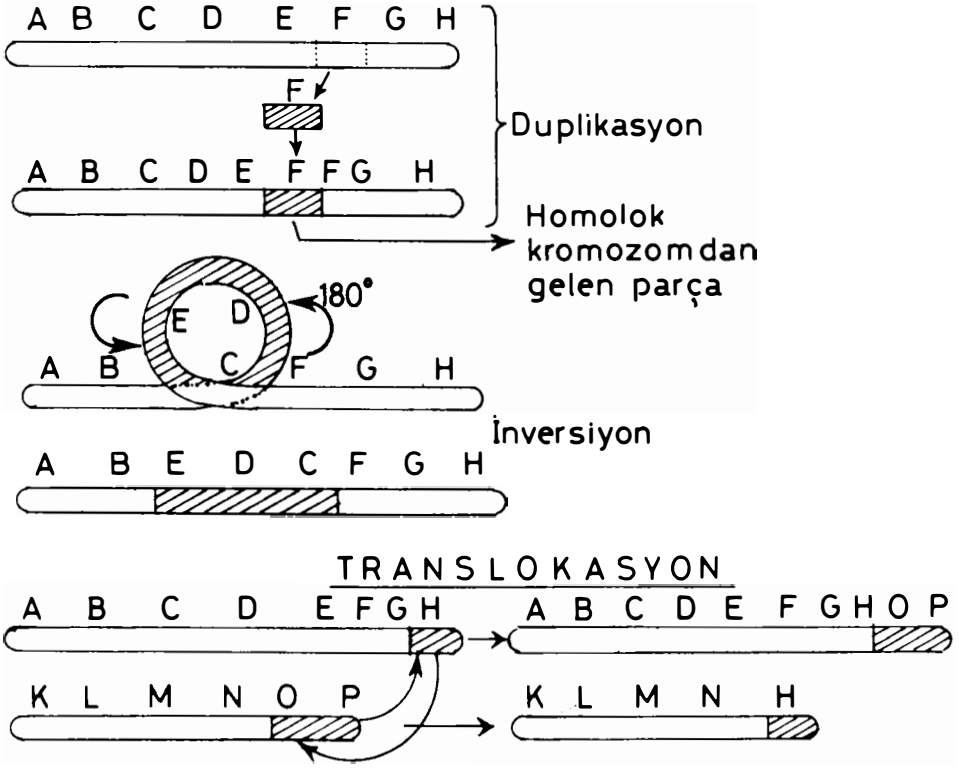
Aradan parça yitirilmesine denir. Kromozomun bir çember oluşturarak kıvrılması ve bu çemberin koparak ayrılmasıyla meydana gelebilir. Eğer çember meydana getiren yer sentromeri de içine alırsa, bu kısım mitoz ve mayoz bölünmeye katılır; diğer kısımlar yitirilir (Şekil 15.1:2 ve 3).

15.1.1.3. *İzokromozomlar*

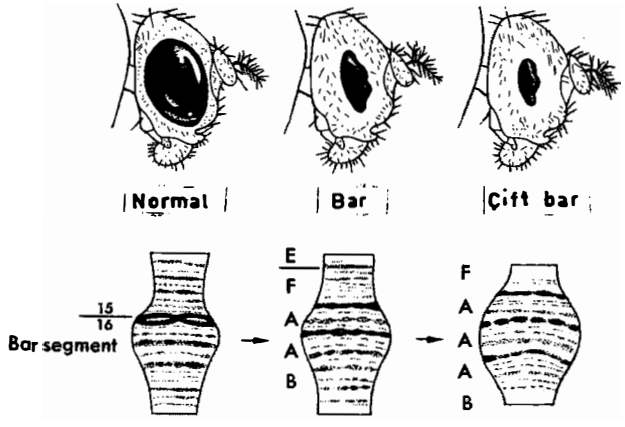
Sentromer, normal olarak mitoz sırasında, her kromatidin bir sentromer alması için boyuna bölünür ve bağlı bulunduğu kromatidin kutuplara çekilmesini sağlar. Bazı ayrıcalı durumlarda sentromerler boyuna değil de enine bölünür ve her yavru sentromer kromozomun bir ucundaki homolog kollara bağlanır. Sentromerler kutuplara hareket ettiği zaman, her kromozom gerçekte homolog kolları taşıyan bir yapıya sahiptir (Şekil 15.1:4). Dolayısıyla bir taraftaki genler bakımından çift; buna karşın öbür taraftaki kolların genlerinden yoksundur. Bunlara 'İzokromozomlar' denir. Bazen de kromozomun bir ucunda delesyon meydana gelirken öbür kromozomlarda duplikasyon ortaya çıkar (Şekil 15.1:4).

15.1.2. DUPLİKASYON

Bir kromozom, parça değişimi sırasında karşısındakine belirli genleri vermez sadece alırsa, o gen bakımından diploit olur (Şekil 15.2). Bu, çoğunlukla düzenli işlemeyen bir krossing-overde meydana gelir. Normal olarak ilk mayoz sırasında eş genler sinaps yaparlar. Ayrılırken normal bir bölünme olmazsa kromatitlerden biri, o gen bakımından diploit olur; öbürsü ise o genlerden yoksun kalır. Duplikasyon, evrim bakımından önemlidir. Çünkü hücreye ek DNA girmesini ve böylece orijinal gen kompleksini bozmadan mutasyonların meydana gelmesini sağlar. Genellikle zararlı bir etkisi yoktur. Fakat bazen gen dengesini bozduğu için zararlı sonuçlar doğurabilir. Örneğin *Drosophila*'da gözlerin küçük kalmasını sağlayan **Bar Duplikasyonu** buna tipik örnektir (Şekil 15.3). Bitkilerde devleşme meydana getirebilir. Genellikle duplikasyon kararlı değildir. Zamanla normal durumuna dönüşebilir.



Şekil 15.2: Kromozom değişmeleri (duplikasyon, inversiyon, translokasyon).



Şekil 15.3: *Drosophila melanogaster*'in X kromozomunun bir parçası duplikasyon ile bar ve çift bar göz şeklini ortaya çıkarmaktadır (Stebbins'den).

15.1.3. INVERSİYON

Genler bazen kromozomun içerisinde normalin dışında dizilime sahip olabilirler. Bu, kromozomun bir parçasının inversiyonu ile meydana gelir. Kromozomun bir kısmı kopar ve ters olarak tekrar aynı kromozoma bağlanabilir. Bu, en basit olarak kromzomun bir lob şeklinde kıvrılıp kopmasıyla ve tekrar bağlanmasıyla meydana gelir (Şekil 15.2). Gen sayısı ve niceliği aynı olmasına karşın diziliş sırası değişmiş olur. Normal bir kromozomla sinaps yapığı zaman düzensizliklerin ortaya çıkmasına neden olur. Çünkü allel genler karşı karşıya gelemezler. Krossing-over meydana gelmez ve gen kombinasyonlarında azalma ortaya çıkar. Çok yakın türler ve alttürler arasında meydana gelen melezlenmelerin karşılaştırmalı olarak incelenmesiyle, bazı uygun olmayan sinapsların ortaya çıkmasının en büyük nedeni, doğada kromozom değişiminin en yaygın şekli olarak görülen inversiyonlar olduğu saptanmıştır.

Daha önce de incelediğimiz gibi yakın olan genler birbirlerinin işlevlerini etkilemektedirler. Bu etkileşime "D u r u m E t k i l e ş m e s i" denir. Genler yakın genlerle beraber etki gösterme eğilimindedirler. Eğer genlerin sırası değiştirilirse bu etkilerde de değişmeler ortaya çıkacaktır. İşlevleri değiştiği için, fenotipte değişmeler ve dolayısıyla evrimsel önemi olan sapmalar ortaya çıkar. Çoğunluk homozigot halde öldürücüdür. Heterozigot halde verimliliğin azalmasına neden olur.

15.1.4. TRANSLOKASYON (Şekil 15.2)

Bir kromozomun kaybolan parçası diğer bir kromozoma yapışabilir. İnsanlarda 6. kromozomun kopan parçalarının 12. kromozoma yapıştığını biliyoruz. Böyle bir translokasyon kısa bir 6. ve uzun bir 12. kromozom taşıdığı sürece büyük bir değişikliğe neden olmaz. Genlerin sayısı ve niceliği aynı kalır. Buna "D e n g e l e n m i ş T r a n s l o k a s y o n" denir. Mayoz sırasında, bağımsız ayrışım nedeniyle, bazı gametler kısa 6. kromozomu ve normal 12. kromozomu alabilirler. Bunları içeren bir gamet zigot yaptığında, 6. kromozom üzerindeki genlerin bazılarından yoksun olacaktır. Fakat 6. kromozomun diğer kolu üzerinde bu genlerin alleleri normal olarak bulunabilir. Eğer bir gamet normal 6. kromozomu ve uzun 12. kromozomu alırsa, meydana getireceği zigot, 12. kromozom üzerinde taşınan bazı genler bakımından triplet olacaktır. Fakat translokasyon her zaman homolog olmayan kromozomlar arasındaki parça değişimi olarak bilinmelidir.

Bazı genetikçiler tüm translokasyonların resiprokal olduğunu düşündüler. Bu karşılıklı; fakat eşit olmayan, parça değişimiydi. Kromozomların uç kısımları "T e l o m e r" leri, herhangi bir kromozoma bağlanma yeteneğinde değildir. Eğer bu telomer kısmı koparsa, geride kalan kısmı yapışkan bir uç niteliğini taşır ve kopmuş diğer bir kromozom kısmını kendine yapıştırabilir. Bunun için translokasyonlarda bir miktar da telomer taşınır. Fakat bunun karyotipik çalışmalar bakımından fazla bir önemi yoktur. Bazı durumlarda bu iki parça da büyük olabilir ve o zaman büyük bir öneme sahiptir. Translokasyon yeni gen kombinasyonlarını ve hücrede DNA miktarının değişmesini sağladığı için evrimsel önemi vardır.

Son yıllarda, insanda, gözden kaçan birçok kromozom değişmelerinin varlığı saptanmıştır. Teknik geliştikçe kromozomların tanınmaları daha ayrıntılı olarak gerçekleşmektedir. Dolayısıyla parçaların tanınması da kolaylaşmaktadır. Kromozomlar, uzunluğu boyunca değişik miktarda DNA taşırlar. Özel boyama ve ışıklandırma yöntemleriyle bu değişim saptanabilmektedir. Kromozomlar kendine özgü bantlar gösterirler. Bu bantlara göre hangi parçanın nereye gittiğini söyleyebiliriz. Bu teknik gelişmeye uygun olarak, insanlarda, birçok anormalliğin bu kromozom değişimleri sonucu ortaya çıktığını görmekteyiz.

15.2. KROMOZOMLARIN SAYISININ DEĞİŞMESİ

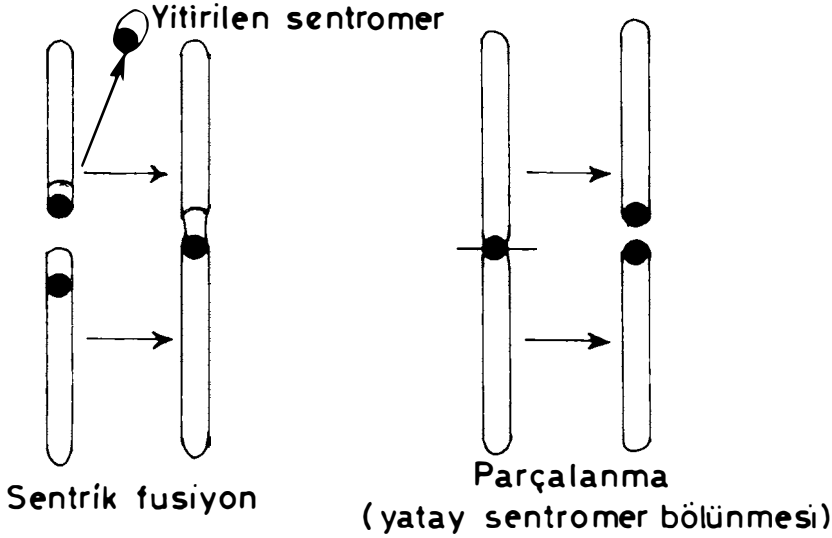
Kromozomlar bazen mitoz ve mayoz bölünme sırasında düzenli olarak ayrılmazlar ve kromozom sayısı bakımından farklı hücreler meydana getirirler. Bu, gen oranlarının diğer birine göre değişmesine neden olur. Bazı ya da birçok genin diğerlerine göre oranının değişmesi de kalıtsal açıdan bazı sorunları birlikte getirir.

15.2.1. ANEUPLOİDİ (ANÖPLOYİDİ)

Kromozomlardan bir veya birkaçının sayıca değişmesine denir. Eşeyselliğin evriminde incelediğimiz gibi eşey kromozomlarının farklı sayılarda kalıtımı birçok anormalliklere neden olmaktaydı (eşeyselliğin evrimine bkz!). Bu kromozom sayılarının farklı şekilde kalıtımı autozomlarda da meydana gelebilir ve fenotipte birçok değişikliklere neden olur. De VRIES'in akşamsefasında incelediği mutasyon, gerçekte bir gen mutasyonu değil, bir aneuploidi idi.

BLAKESLEE, ilk defa aneuploidinin bitkilerde nasıl bir etki gösterdiğini açıkladı. *Datura* (devedikeni!) diploit iken 24 kromozomludur. Fakat 25 ve 23 kromozomlu olanları da bulunur. 25 kromozomlu olan trisomiktir. 23 kromozomlu olanlar da monosomiktir. Daha sonraki ayrıntılı çalışmalarda, 12 çeşit kromozomun her birinin, farklı bitkilerde, farklı kromozomlardan birinin fazla olmasıyla 12 çeşit trisominin, 12 farklı kromozomun da monosomik olabileceği bulundu. Özünde, *Datura* bu inceleme için çok uygun bir bitkiydi. Çünkü farklı kromozom sayıları, bitkinin yaşamını etkilemiyordu. Halbuki birçok hayvan ve bitkide farklı kromozom sayısı ölüme neden olmaktadır.

Bir hücredeki kromozom sayısının değişimi, fenotipte büyük bir değişiklik meydana getirmeden, iki kromozomun sentrik fusiyonu (sentromerde birleştirme) ile tek bir kromozoma çevrilmesi suretiyle meydana getirilebilir (Şekil 15.4). Birinin ucundaki sentromer diğerine birleştirilebilir ve bu suretle uzun bir kromozom ortaya çıkar. Kromozomun sentromeri ortada ise ve yatay bölünmüşse (horizontal bölünme) kromozomun her bir kolu bir kromozom meydana getirebilir (Şekil 15.4). Bu iki çeşit kromozom sayısının değişimi, doğada meydana gelir ve tür oluşumunda büyük öneme sahiptir. Aneuploidinin değişik şekillerini kısaca görelim.



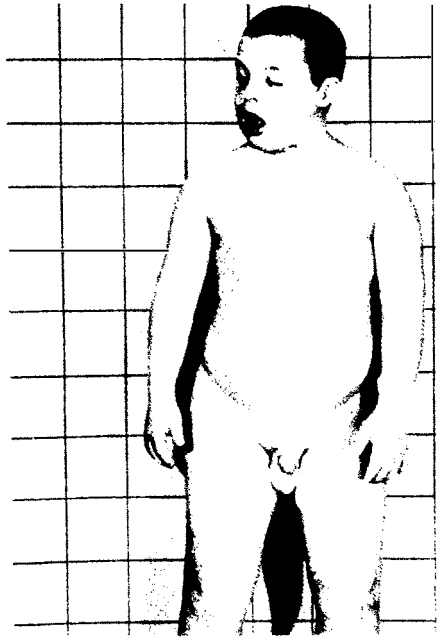
Şekil 15.4: Sentrik fusiyon ve kromozom parçalanmasıyla, kromozom sayısının değişmesi. Bu şekildeki bir değişim aneuploit (anöployit) kromozom değişimine neden olur.

15.2.1.1. *Monosomi*

Diploit bir bireyde tek bir kromozomun eksilmesidir. Diploit bireylerde ölüme neden olur; fakat poliploit bireylerde yaşama şansı vardır. 2n-1 ile gösterilir.

15.2.1.2. *Nullisomi*

Bir canlıda bir kromozomun homologu ile yitirilmesidir. 2n-2 ile gösterilir.



Şekil 15.5:

Down sindromu (mongoloit). Zeka geriliğiyle, Moğollar gibi şişik ve kıvrık göz kapaklarıyla, kısa yapısıyla, küt el ve ayaklarıyla tanınır (Kusick'den).

15.2.1.3. *Polisomi*

Bir ya da birkaç kromozomun sayısının fazlalaşmasıdır. Değişik şekilleri vardır.

a) *Trisomi:* Diploit bir bireyde bir kromozomun fazla bulunmasıdır. 2n + 1 ile gösterilir. İnsanda 21. kromozomun triploit olmasıyla mongoloit dediğimiz geri zekalılık ortaya çıkar (Şekil 4.31 ve 15.5). Daha geniş bilgi için insanlardaki kromozom değişikliklerine bkz!

b) *Tetrasomi:* Diploit bir bireyde bir kromozomun iki misli fazla bulunmasıdır. 2n + 2 ile gösterilir.

15.2.1.4. *Somatik Aneuploidi (Anöployidi)*

Somatik (vücut) hücrelerde mitoz sırasında bazı kromozomlar birbirinden ayrılmayabilir. Yavru hücrelerin birinde monosomi, diğerinde trisomi ortaya çıkar. Eğer bu bozukluk erken embriyo evrelerinde meydana gelirse, hücrelerin mozaik gelişiminden dolayı, erginde büyük bir bölgeyi kapsayacak şekilde anormal kromozom sayısı görülür. Eğer embriyonun geç evrelerinde ya da doğumdan sonra bu anormallik ortaya çıkarsa, etkilediği vücut bölgesi daha küçük olacağından dolayı ya görülmez ya da önemsiz bir şekilde kendini gösterebilir. Vücudumuzdaki bazı ada şeklindeki farklılaşmaları (örneğin, bir tutam beyaz saç gibi) anımsayınız. Yalnız kanser bir ayrıcalık gösterir. Bu hastalığın bazı çeşitleri aneuploididir ve geç evrelerde de çıksa etkisini gösterir. Bizdeki 16. kromozomun biraz kararsız olmasından dolayı aneuploidi ortaya çıkabilir. Bu kromozomun hücre büyümesini denetleyen ve düzenleyen genleri taşıma olasılığı fazladır. Bu genlerin balansı bozulursa, denetim yitirilir. Hücreler malignant (kötü yapılı) tümörler şeklinde hızla çoğalmaya başlarlar. Somatik aneuploidinin evrimsel önemi yoktur. Çünkü üreme hücrelerini kapsamaz. Bununla beraber bitkilerin büyüme dokularında meydana gelecek bir aneuploidi, çelikleme ve aşılama suretiyle döller boyunca yaşatılabilir ve yararlıysa insanlar tarafından bu şekilde özenle saklanır. Fakat eşeysel olarak döl elde etme hemen hemen olanaksızdır.

15.2.2. EUPLOİDİ (ÖYPLOYİDİ)

Tüm kromozom sayısının haploit veya tam katlar halinde artmasıdır. Bazen de diploit kromozomların yarı sayısını içermesidir. Değişik şekilleri vardır.

15.2.2.1. *Monoploidi*

Bazı bitki ve hayvanlar, özellikle ilkel canlılar, en azından yaşamlarının bazı evrelerinde ya da yaşamlarının tümünde haploit kromozom sayısına sahiptirler. Bu tip bireylere 'M o n o p l o i d' denir. Hayvanlarda seyrek bulunmakla beraber, balarılarının erkekleri ve *Triturus* (bir çeşit semender) buna iyi bir örnektir.

15.2.2.2. *Poliploidi*

n kromozom sayısının hücrede 3 (triploit) veya daha fazla sayıda bulunmasıdır (4'lü = tetraploit). Daha çok bitkilerde bulunan birkaç tipi vardır.

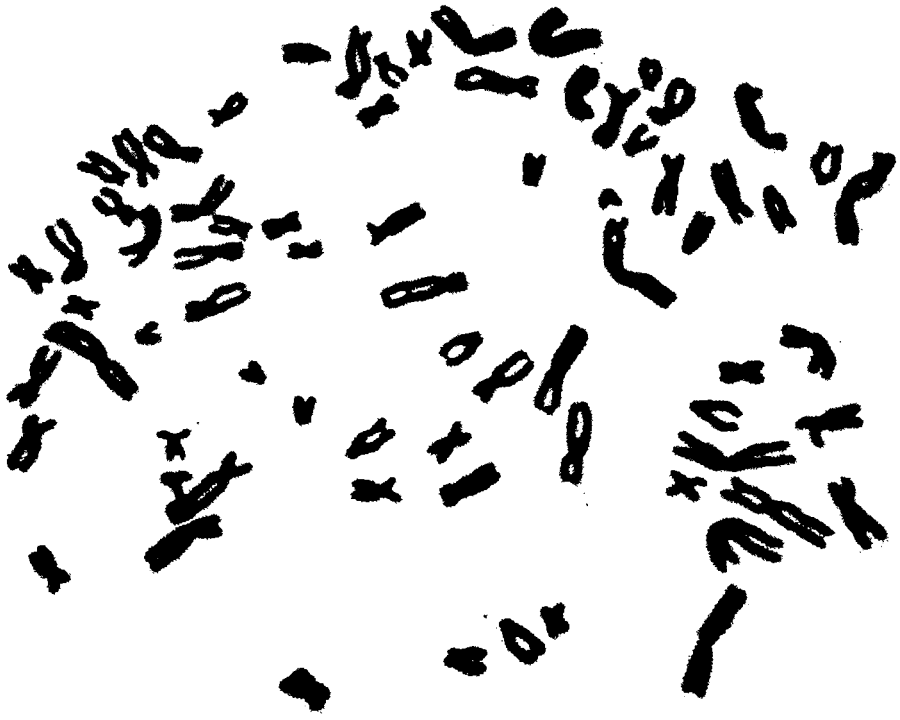
a) Autopoliploidi: Bir canlıdaki n genomunun hepsi aynı türe aittir. Örneğin, çavdar 2n = 14 dür; fakat 2n = 28 olanlar da vardır (tetraploit). Birbirleriyle tozlaştıklarında normal birey meydana getirme şansları çok azdır. Buradaki temel sayı yani n = 7 dir; biz genellikle bu temel sayıyı X'le gösteririz. Daha ziyade bitkilerde rastlanır. Doğal koşullar altında tam autoploitler azdır. Autotriploitlerin çoğalması sırasında, sinapsisten dolayı bazı güçlükler ortaya çıkar. Autopoliploit türler bazı önemli fizyolojik özelliklere sahip olduğundan ekonomik değerleri yüksektir. Birçoğu vejetatif olarak çoğaltılır. Muz, elma, kiraz, zambak ve lale gibi bazı bahçe bitkileri triploittir. Bazı semender türlerinin bireylerinde de autotriploit ve autotetraploit durum doğada kendiliğinden ortaya çıkabilir.

b) Allopoliploidi: Bir poliploidin içerdiği genomların bir kısmı bir türden, bir kısmı da diğer türden gelebilir. Burada farklı türlerin birleşip döl meydana getirmesi söz konusudur. Örneğin, çeşitli buğday türlerinin birleşmesinden bir seri poliploidi meydana gelir. Temel sayı 7'dir; fakat 2X, 4X ve 6X kromozom sayılı türlere de rastlanır. KARPECHENKO (1926), lahana (*Brassica oleracea*) ve kırmızı turpu (*Raphanus sativus*) birleştirmeyi başardı. Bu iki bitki farklı cinse bağlı olmakla beraber 2n = 18 kromozomludurlar. F_1'in 18 kromozomlu olması bekleniyordu. Fakat F_1'in kendi arasında çaprazlanması sonucu F_2 meydana geldi ve F_2'lerin de 36 kromozomlu olduğu görüldü. Polen ve yumurta hücrelerindeki mayozun aksaması sonucu tetraploit bitkiler meydana gelmişti. *Raphanobrassica* olarak adlandırılan bu bitki lahana gibi köke, turp gibi yapraklara sahiptir. Bu bitkinin ekonomik olarak büyük önemi olmamakla beraber evrimsel açıdan büyük öneme sahiptir. *Raphanobrassica*'nın turp ve lahana ile tekrar geriye çaprazlanması bazı güçlükler ortaya çıkarmıştır. Geriye çaprazlanma 27 kromozomlu bir triploittir. Bazı hallerde sonuç alınabilmiştir. Bu deneyler *Raphanobrassica*'nın ayrı bir tür olduğunu kanıtlar.

Pamuk Eski ve Yenidünyada yetiştirilmekle beraber kalıtsal bazı farklılıkları vardır. Eskidünyanın yerli pamukları 2n = 26, Yenidünyanın yerli pamukları 2n = 52 kromozomludur. Yenidünya pamuklarının tetraploit olma olasılığı vardır. Eskidünyada dokuz pamuk türü bulunmakla beraber ancak *Gossipium arboreum* ve *G. barbadenze*'de pamuk lifi vardır. Yenidünyada sekiz pamuk türü vardır. Bunlardan *G. hirsutum* ve *G. barbadenze*'den lif elde edilebilir. Bütün bu pamuk türleri arasında hibritleşme vardır. Örneğin kültür pamuğu ile Amerikan yabani pamuğu (2n = 26) çaprazlanınca, ortaya 2n = 39 kromozomlu bir triploit çıkar. Eskidünya pamuklarının genomları, Yenidünya pamuklarına taşınarak kültür ırkları elde edilmiştir. Bu şekilde allopoliploidi ile buğday, yulaf, şekerkamışı, tütün, patates, kahve, gül çeşitleri ve çilek gibi yararlı bitkiler elde edilmiştir.

c) Endopoliploidi : Kromozomlar endomitozla çekirdek içerisinde de çoğalabilir. Fakat çekirdek zarı kaldığı için bölünme meydana gelmez. Bu şekilde dev kro-

mozomlar ortaya çıkar. Kromozomların paketler halinde biribirine yapışmasır 'P o l i t e n i' (Şekil 10.7 ve 15.10); ayrı kromozomlar halinde oluşmasına "P l i s o m a t i" denir. Özellikle kanser hücrelerinde görülür (Şekil 15.6).



Şekil 15.6: Kanserli bir insan hücresinde kromozomların durumu. Kromozom sayısı 72'ye yükselmiş (normal sayı 46'dır) (Winchester'den).

15.2.2.3. *Poliploidinin Önemi*

Birçok bitki 16-ploit ya da daha fazla kromozom sayısına kadar yükselmişt Bunun daha önce de anlattığımız gibi evrimsel olarak büyük önemi vardır. Birçok b ki doğadaki diploit kökenli diğer bitkilerden türemiştir. Aynı gen lokusunda meyda gelecek öldürücü bir mutasyon, bu şekilde, diğer normal genleri taşıyan polipl kromozomlar tarafından korunabilir. Başlangıçta öldürücü ya da engelleyici görün bu genler bir zaman sonra canlının ayakta kalmasını sağlaması bakımından öner bir duruma geçebilir. İğ ipliklerinde ortaya çıkacak bir bozukluk kromozomların kutupta kalmasına neden olacağı için poliploitleşme ortaya çıkar ve bitkinin o nok sından itibaren meydana gelecek sürgünler ve meyveler artık yeni kromozom bile mini taşır. Eğer bu yeni kromozom kombinasyonu ekonomik öneme sahip bazı öz likleri ortaya çıkarıyorsa, bu dal, aşılanmak ve çeliklenmek suretiyle üretilme devam ettirilebilir. Birçok elma, armut, kiraz, dut, çilek, kayısı vs. bu durumdadır. I

kayısı veya elmadan tohum yoluyla tekrar kültür bitkisi elde edememenin nedeni budur. Çünkü tetraploit bitki normal mayoz yapamaz ve dolayısıyla kromozomlar da eşit bölünemez. Homolog kromozomların farklı kısımları çift yapabilirler, bu da eşit olmayan bölünmelere neden olur. Pek az bir gamet normal olarak diploit kromozom takımını alır ve ancak bu gametler verimli olurlar. Haploit gametlerle birleştiklerinde triploit; diploit gametlerle birleştiklerinde tetraploit zigotlar meydana getirirler. Fakat tekrar meydana getirdikleri organizma, kromozomların düzensiz dağılımından dolayı yine kısır olur. Bu şekildeki birçok triploitler de yine aşılama, çelikleme ve yumrularla çoğaltılır.

Hayvanlar vücutlarının belirli bir parçasından üretilemedikleri için, triploidi ve tetraploidi bunlarda pek önem taşımaz. Tetraploit hücreler oluşarak çoğalmalarına devam edebilirler. Fakat embriyonun erken evrelerinde böyle bir tetraploit hücre ortaya çıkmamışsa pek önem taşımaz. Daha sonraki tetraploit hücreler ancak vücut içerisinde bazı adacıklar meydana getirirler. Fenotipik olarak da bu yapılar fark edilmez. Bazı hayvanlar diploit gametler meydana getirerek, tetraploit zigotların oluşmasını sağlarlar. Bu durum *Drosophila, Daphnia* ve diğer bazı hayvanlarda saptanmıştır. Bu şekilde yeni hayvan türlerinin elde edilmesi olanak içerisinde düşünülebilir (tetraploit yolla). Bazı çalışmalar sıçanların, tetraploit olarak farelerden türediğini göstermiştir. Fakat geçen uzun süre içerisinde kromozomlarda meydana gelen diğer bazı değişiklikler ile bu ayırım tamamlanmıştır.

15.2.2.4. *Yapay Olarak Poliploidi Meydana Getirilmesi*

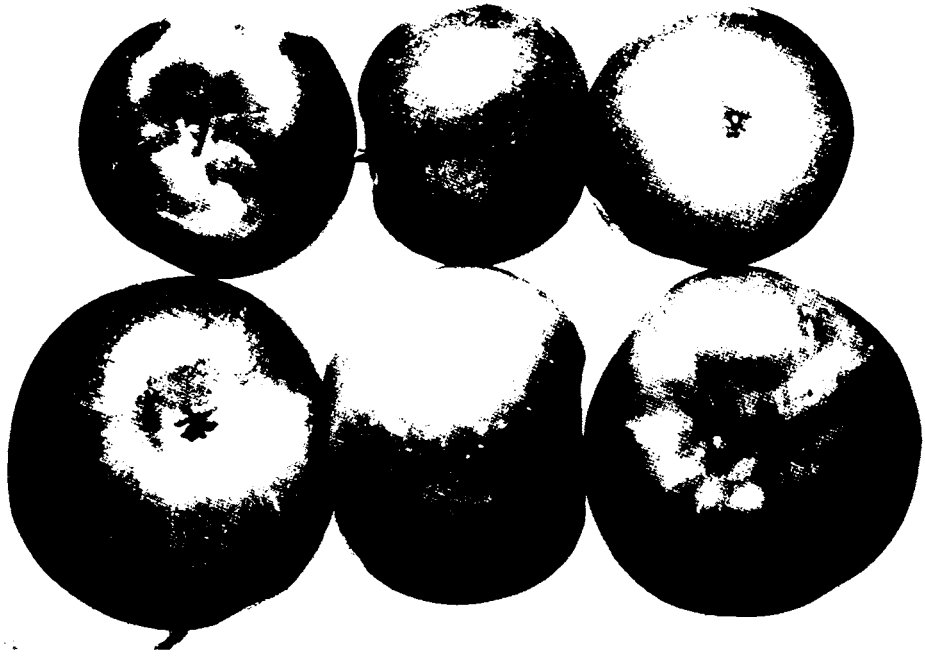
Uzun zamandan beri bir çeşit karçiçeği olan *Colchicum autumnale*'nin soğan ve meyvelerinin zehirli olduğu bilinmektedir. Eski Yunan ve Roma'da politik düşmanların yok edilmesi için yemeklere ekleniyordu. Her nasılsa bu bitkinin özütünün pek az miktarlarda gut hastalığına iyi geldiği bulunmuştur (Şekil 15.7). Bu amaç için Ortaçağ'da geniş ölçüde kullanılmıştır. Bugün dahi kullanılmaktadır. Gut hastalığı kanda sodyum ve üre tuzlarının kristalleşmesiyle ortaya çıkar. Bu kristaller daha



Şekil 15.7
Gut hastalığı ya da herhangi bir nedenle uzun zaman kolşisin alan ya da karçiçeği yiyen bir insanın bağırsak hücrelerindeki tetraploit sayıdaki kromozomlar. Genellikle zararsız bir anormalliktir; ancak diploit hücrelerden daha büyük görünürler (Winchester'den).

ziyade alt üyelerimize birikme eğilimindedir; özellikle eklemlere ve en çok ayak başparmağımızın eklemlerine yerleştiği zaman büyük sancı verir. İşte karçiçeğinden çıkarılan bu zehirli özüte "K o l ş i s i n" denir.

İtalyan farmakoloğu PERNİCE, 1889'daki yayınında kolşisinin köpek bağırsağında mitozu durdurduğunu bildirdi. Kromozom inceleme tekniği ilerledikçe kolşisinin subletal (öldürücü olmayan) dozlarda bağırsak hücrelerindeki kromozomları tetraploit yaptığı bulundu. Gut hastalığı için kolşisin alan insanların bağırsak hücrelerinde de tetraploidi oluşuyordu. Bu buluş birçok botanikçiye bitkilerde yapay poliploidi yapma fikrini verdi. 1937 yılında O.J. ElGSTl soğan köklerinin ucundaki hücrelerde poliploidi yapmayı başardığını açıkladı. O günden sonra bu madde geniş ölçüde kullanılmaya başlandı. Düşük yoğunluklarda bitkilerin büyüme uçlarına tatbik edildi. Bu madde hücrede iğ ipliklerini yapacak protein mikrotübülüslerin meydana gelmesini önlüyordu. Hücre normal olarak profazdan geçiyor: fakat iğ iplikleri meydana gelmediği için metafaz ve anafaz yürütülemiyordu. Bu arada sentromerler bölündüğü için, ileride kromozomları oluşturacak kromatitler de meydana getiriliyordu. Sonuç olarak hücre bölünmesi meydana gelmediği için, hücre, tetraploit olarak tekrar interfaza dönüyordu. Daha sonraki evrelerde kolşisinin etkisi azaldığı ve yoğunluğu düştüğü için mikrotübülüslerin meydana gelmesini artık önleyemiyordu ve normal hücre bölünmesi başlayabiliyordu. Fakat hücre tetraploit olduğu için meydana gelen yavru hücreler de tetraploit oluyordu. Yani bu maddeyi uyguladığımız bitkininin o kısmın-

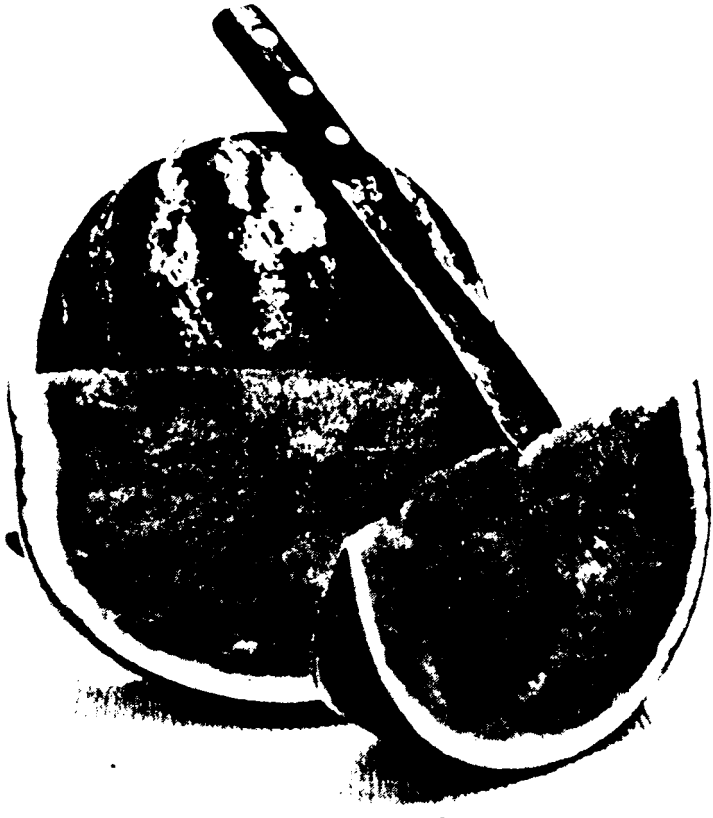


Şekil 15.8: Tetraploidi genellikle meyvelerin ekonomik değerini yükseltir. Resimde üst sırada diploit Baldwin elması; alt sırada ise filizlerin ucu kolşisinle muamele edilip tetraploit yapıldıktan sonra oluşan elmalar görülmektedir (Winchester'den).

dan itibaren oluşan hücre ve yapılar tetraploittir. Tetraploit hücreler ve sonuç olarak da oluşturdukları yapılar bitkinin diğer kısımlarından biraz daha büyük olma eğilimindedir (Şekil 15.8).

Bu buluş büyük bir uygulama alanı buldu. Birçok yeni çiçek, tahıl ve diğer bitki varyeteleri ortaya çıkarıldı. Son 40 yıl içerisinde birçok kültür bitkisinin daha ekonomik olan çeşitlerinin bulunması sağlandı. Kolşisin bazı bitkilerin dokularının büyültülmesi için de uygulanır. Bunlar diploit polenleri ve diploit yumurtaları üretirler. Bu iki gametin yapay olarak birleştirilmesiyle tetraploit tohumlar elde edilir. Bunlardan pek azı verimlidir ve ata tiplerinin üzerinde (onlardan farklı olarak) süper türleri meydana getirirler.

Bu teknik, farklı türler arasında verimli döller meydana getiren hibritlerin üretilmesini sağlar. İki farklı tür arasındaki hibritler, genellikle mayoz sırasında kromozomların tam uyuşmaması dolayısıyla döllenme yeteneği olmayan gametler ürettiği için kısır olur. Eğer böyle bitkiler tohumdan filiz sürüdüğü evrelerde kolşisinle muamele



Şekil 15.9: Triploit bir tohumdan büyüyen çekirdeksiz karpuz. Düzensiz kromozomlara sahip olduğundan yeniden tohum meydana getirmesi olanaksızdır. Bu nedenle ancak daldırma suretiyle üretilebilir (Winchester'den).

edilirse, kromozomların her çeşidinden iki tane meydana geleceği için, mayozda çok iyi bir şekilde eş yapabileceklerdir. Rus KARPECHENKO'nun lahana ile turpu bu şekilde çaprazladığı bilinmektedir. *Triticale*, buğday ile çavdarın melezlenmesinden oluşan yeni bir tahıl cinsidir. Bu yeni cins, buğday ve çavdarlara büyük zarar veren hastalıklara da dayanıklıdır; ayrıca ununda protein miktarı daha fazladır. Bu cinsin dünyadaki protein açığını kısmen kapatacağı beklenmektedir.

Yapay poliploidi ile tohumsuz meyvelerin oluşması da sağlanmıştır. EIGSTI, karpuz sürgünlerinin ucunu kolşisinle muamele ederek tetraploit hücreler elde etti. Bu tetraploit gövdelerden elde ettiği polenleri 22 kromozomlu diploit bitkilerin çiçeklerini döllemede kullandı. Sonuç 33 kromozomlu triploit bir tohumdu. Böyle bir tohum normal sürgün ve çiçek meydana getiriyordu ve döllenebiliyordu. Fakat anormal kromozom dağılımından dolayı yaşayabilir tohumlar meydana getiremiyordu. Bu triploidi, karpuzun büyümesini önlemiyordu; çekirdeksiz yenebilir karpuz meydana geliyordu. Triploit tohumlar sadece ekonomik olabilecek bölgelerde yetiştirilmektedir. Bu bitkilerin büyüme süresi diploitlere göre daha uzun olduğu için yalnız sıcak ayları fazla olan yerlerde yetiştirilebilir. Tayvan'da yetiştirilen karpuzların yarısından fazlası bu tiptir ve Güney Amerika'da oldukça geniş oranda tüketilir (Şekil 15.9).

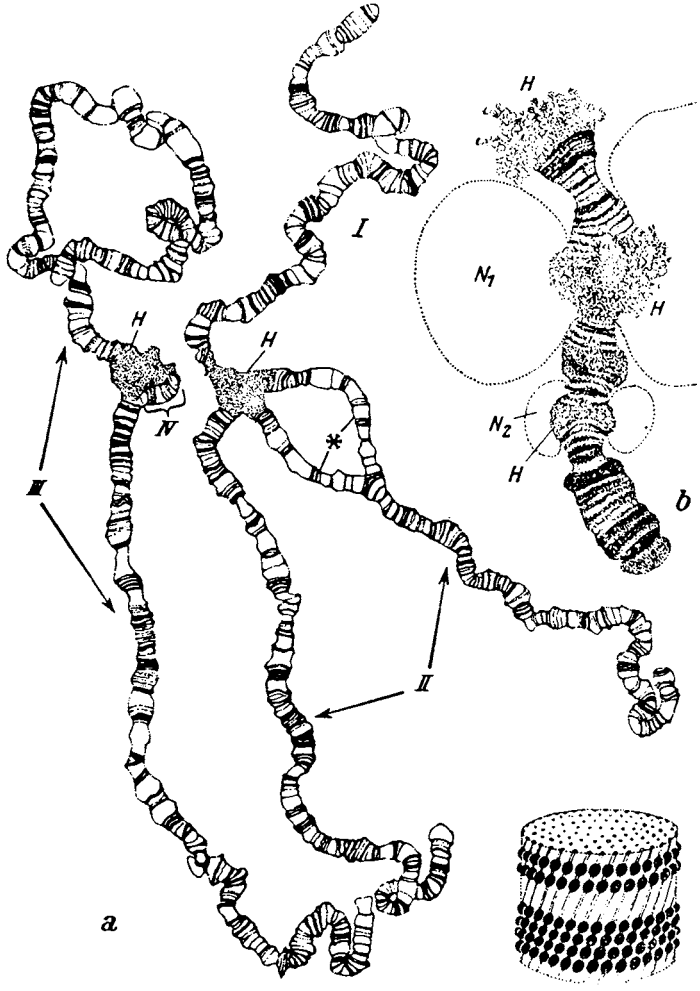
15.3. İNSANLARDA KROMOZOM DEĞİŞMELERİ

Kromozom anormallikleri birçok bitki ve hayvanda çoktan beri iyi bilinmesine karşın, yakın zamanlara kadar insanlarda ayrıntılı bilgiye sahip değildik. İnsan kromozomları ilk olarak yirminci yüzyılda testisteki sperma tüpcüklerinde ince kesitler yapılarak görüldü ve çalışıldı. Hücreler çok küçük ve kromozomlar da oransal olarak büyük olduğu için çekirdek içerisinde birbirine karışmış durumda görülüyorlardı ve birbirinden ayrılmaları oldukça zordu. 1956 yılında ezmek suretiyle bir düzlem üzerinde preparat yapma yöntemleri gelişince hem testis hücrelerinde hem de testislerdeki hücrelerden çok daha büyük olan doku hücrelerinde kromozomları tanımak ve birbirinden ayırmak mümkün oldu. Zamanımızda genellikle belirli besin ortamlarında yetiştirilebilen ve üretilebilen beyaz kan hücrelerinin bazı tipleri, lenfositler, kullanılmaktadır. Kromozomların fotoğrafı çekilerek, homologları bulunur ve uzundan (1. sırada) kısaya doğru (22. kromozom) kesilerek dizilir (Şekil 4.31). Eşey kromozomları 23. sıraya konur. Bu şekildeki bir düzenlemeye "K a r y o t i p" denir. İnsan karyotipleri üzerindeki çalışmalar, uzun zamandan beri bilinmekte olan birçok anormalliğin kromozomların yapısal ve sayısal değişmelerinden ileri geldiğini gösterdi.

1970 yıllarında geliştirilen tekniklerle insan kromozomlarının daha ayrıntılı analizlerini yapma olanak dahiline girdi. CASPERSON ve arkadaşları (Stokholm) her kromozomun parçalarını dahi tanıtacak bir yöntem buldular. Ezilen hücreler akridin ile boyanıyor ve mikroskop altında mor ötesi ışınlarla aydınlatılarak bakılıyordu. Kromozomlar ardaşık olarak koyu ve açık (floresant) bantlar gösteriyordu (Şekil 15.10). Bu bantların genişlikleri her kromozoma göre farklıydı. Kromozomların DNA'ca zengin kısımları koyu renkli, fakir olan kısımları da parlak renkli görünüyordu. Y kromozomu pek az gen içerdiği için diğerlerine göre çok daha parlak görünüyordu ve interfazda

dahi tanınabiliyordu. Bu yöntem, uygulamada büyük bir ilgi gördü. Olimpiyatlarda yapılan yarışmada, Polonya'lı bir kadın atletin bu yöntemle, XXY kromozomu taşıdığı görülünce (Klinefelder sindromu) —gerçekte erkek hücrelerinden yapılmalarına karşın, görünüş itibariyle kadındırlar— diğer tüm spor yarışmalarında bu test uygulanmaya başlandı. Baştan çekilen bir saç telinin dibindeki folikül hücrelerinin incelenmesiyle Y kromozomu bulunup bulunmadığı saptanabilir (Şekil 4.29). Keza ana rahimindeki bir çocuğun eşeyi ve XYY sindromu (varsa), amniyon zarından bir küçük parça alınıp incelenmesiyle saptanabilir. Eğer iki Y varsa hücrenin içerisinde parlak iki benek görülür.

Çok yakınlarda geliştirilen giemsa ile boyama tekniği bu yöntemi daha kullanışlı hale getirmiştir. Giemsa uzun zamandan beri kan yağlarını boyamada kullanılıyordu. Bu boya, kromozom bantlarını mor ötesi ışınları olmadan da normal mikroskopun



Şekil 15.10 : *Drosophila*'nın tükrük bezindeki dev kromozomlar. Bantlar kromozom üzerindeki bölgeleri göstermektedir. N) Nukleol, H) Heterokromatin. I, II, III ve IV. kromozom numaraları (Kühn'den).

altında tanınabilecek şekilde boyar. Bu iki tekniğin kullanılması ile geçmişte başaramadığımız kromozom anormalliklerini saptamada büyük bir aşama yapılmıştır. Kromozom anormalliklerinin çoğu öldürücüdür (letal); fakat bir kısmı doğumdan sonra belirli bir süre ya da uzun zaman yaşama olanağını verir. Bunlardan önemli olan birkaç tanesini görelim.

15.3.1. DOWN SİNDROMU (Mongolizm)

Asırlarca önce, birçok hekim, doğan bazı çocukların farklı ırklardan olmasına karşın Moğollara benzediğini gözlemişlerdir. Bu benzerlik, bu anormalliğe ismini vermiştir. Üst göz kapaklarının aşırı şekilde katlanmış ve çekik olmasıyla Moğollara yapay bir benzerlik gösterir (Şekil 15.5 ve 4.31). Bu tip bebekler geniş elli, kısa parmaklı ve tıknaz vücutlu erginlere gelişirler. Geniş ve yuvarlak bir yüze, normal konuşmayı önleyecek kadar genişlemiş dile sahiptirler. En kötü tarafı ise geri zekalı olmalarıdır. Çocukluk evrelerinde solunum hastalıklarına duyarlı, kalp bozukluklarına eğilimli olmaları nedeniyle ölüm oranı yüksektir. Geçmişte pek azı yirmi yaşın üzerinde yaşayabilmiştir. Fakat zamanınızda yoğun tıbbi bakım nedeniyle bu süre uzatılabilmiştir.

1866 yılında İngiliz hekim LANGDON DOWN, bu bebeklerin evrimsel bir hatırlama ile ataları olan ve ilkel olduğu kabul edilen Moğollara benzediğini ortaya attı. Doğal olarak bu tam anlamıyla yalnış bir varsayımdı. Çünkü tüm ırklarda canlı doğan 700 bebekten biri bu anormalliği gösteriyordu ve Moğollar da ilkel bir ırk değildi. Bu hatayı düzeltmek için DOWN sindromu deyimi kullanılmaya başlanmıştır. Bu anormalliği açıklamak için birçok varsayım ileriye sürülmüştür. Bunlardan biri, ana rahimdeki bozulmanın anormalliğe neden olduğuydu. Bu varsayımı destekler görünen kanıt, yaşı geçmiş kadınların çocuklarının bu anormalliğe tutulma sayısının yüksek olmasıydı. Genç annelerde bu oran 1/1000 iken yaşı 40'ın üzerine çıkan annelerde bu oran 1/10'a kadar çıkar. Tüm insan gruplarında bu oran hemen hemen aynıdır.

Gerçek açıklamalar 1956 yılında insan kromozomlarını ayrıntılı inceleme yöntemleri bulunduktan sonra yapıldı. Down sindromlu bir bebek 46 yerine 47 kromozom taşıyordu. Karyotipik analizler, çok kısa olan 21. kromozomun trisomik (üçlü) olduğunu göstermiştir (Şekil 4.31). Yaşlı kadınlarda bu anormalliğin daha fazla olmasının nedeni herhalde kromozom ayrılmalarının daha düzensiz olmasından dolayıdır. Oogenezde birincil mayoz bölünmelerinin yaşamın ilk çağlarında, belkide doğumdan önce tamamlandığını biliyoruz. Bu çift kromatitler, erginliğe erişip yumurta meydana getireceği zamana kadar, yani mayoz tamamlanacağı zamana, aşağı yukarı 12-15 yaşına kadar çift olarak saklanır. Mayozun başlangıcı ile sonuçlanması arasında geçen bu kadar uzun bir süre, kromozomların birbirinden ayrılmama şansını artırmaktadır. Ayrılmamanın diğer bir nedeni kadınların yaşlandıkça aldıkları tanı ve tedavi için kullanılan radyasyonun (özellikle röntgen ışınlarının) gittikçe fazlalaşmasındandır.

Her 21. kromozomun trisomisi için, 21. kromozomun bir monosomisi olmak zorundadır. Çünkü mayozda kutbun birine iki kromozom giderken, öbürüsü bundan

yoksun kalır. Monosomik olanlar embriyonun erken evrelerinde öldüğü için fazla tanınmazlar.

Bazı durumlarda Down sindromunun karyotipik olarak 46 kromozomlu olduğu görülebilir. Burada yanıltıcı bir durum vardır. Ayrıntılı bir kromozom çalışması yapılırsa bir kromozomun olduğundan daha uzun olduğu görülür. Yani 21. kromatidin biri diğer bir kromozomun ucuna eklenmiştir. İki normal 21. kromozomun yanı sıra translokasyon yapmış üçüncü bir 21. kromozom da gizli olarak bir diğeriyle yapışmış olarak bulunur. Bazı bireyler de transloke (yapışmış) olmuş 21. kromozomdan bir tane taşırlar ve bunlarda kromozom sayısı 45 görülmekle beraber normal insandırlar. Yani görünürde bir tek serbest 21. kromozom taşırlar. Bu bireyler normal olmalarına karşın Down sindromu için taşıyıcıdırlar. Bu şekilde ataları olan her üç canlı doğmuş çocuktan biri Down sindromu gösterir. Gerçekte yapılan tablolar, doğum yapan kadınlardan %11'nin, erkeklerden ise %2'sinin translokasyon yapmış 21. kromozoma sahip olduğunu göstermiştir. Mayotik süreç bu durumda kısmı bir neden olmaktadır. Üreme hücrelerinin anormal olanları normal olanlar kadar düzenli ve etkili bir mayoz yapamazlar. Bununla beraber bir sürü kromozom sapmaları ortaya çıkabilir. Fakat bunların çoğu erken embriyonik evrede öldüğü için görülemezler. Hatta Down sindromlu embriyoların çoğu öldüğü için oran düşükmüş gibi görünür.

15.3.2. EDWARD SİNDROMU

18. kromozomun trisomisinden dolayı ortaya çıkar. Her canlı doğan 3000 çocuktan birinde görülebilir. Bu şekildeki bebekler, küçük, kısık sesli, benekli derili, bodur, çarpık kulaklı, yuvarlaklaşmış ayak tabanlı ve işaret parmağı orta parmaktan uzun olan bebeklerdir. Keza böbrek, kalp, iskelet bozuklukları ve geri zekalılık vardır. Bu bebekler çoğunluk on haftalık olmadan ölürler.

15.3.3. PATAU SİNDROMU

13. kromozomun trisomisiyle meydana gelir. Burun çatılarının geniş, beyinlerinin küçük, gözlerinin küçük ve işlevsiz ve keza ileri derecede geri zekalı olmalarıyla tanınırlar. Bu anormalliğe sahip bebekler çok defa bozuk kalbe, yarık dudağa ve yarık damağa da sahiptirler. Doğumdan birkaç hafta sonra ölürler. 10.000 canlı doğan çocuktan biri bu arazları gösterir.

15.3.4. KRONİK MİYELOJENİK LÖKOMİ (Myelogeneous Leukemia)

Bu hastalık, sitoplazmasında granül taşıyan beyaz kan hücrelerinden granülositlerin sayıca fazla olmasıyla özellik kazanmıştır. Bu hücrelerin sayısının yükselmesi, kırmızı kan hücrelerinin sayısının düşmesine neden olur ve sonuçta kansızlık (anemi) meydana gelir. Bugün, granülositlerin yapımı tıbbi olarak azaltılarak, hastalığın önüne geçilebilmektedir. Fakat onlarsız da yaşama gücü azalmakta ve erken ölüm meydana gelmektedir. Bu tip lökomi 21. kromozomun uzun kolundan bir parça yitirilmesiyle meydana gelir. Bu anormalliğin nedeni ilk defa Filadelfiya'da bulunduğu için, en kısa kromozom olan 21. kromozoma Filadelfiya kromozomu da denir. Kromozom yitirilmesi dokularda da meydana gelebilir ve yaşamın farklı evrelerinde kansızlık ortaya çıkabilir. Granülositler kemik iliğinde; öncelikle de göğüs kemiğinde

(sternumda) üretilir. İlikteki somatik bir delesyon kısa kromozomlu bir hücre kolonisinin ortaya çıkmasına ve bu da oransal bir kansızlığa neden olur.

15.3.5. CRİ de CHAT SİNDROMU (Şekil 15.11)

Genellikle kedi miyavlaması şeklinde ağlayan bebekler olarak doğarlar. Bu, ses bantlarındaki hatalı bir gelişim nedeniyle olur. Bu nedenle "Cry of cat" anlamına Cri de Chat denir. Bu bebekler geriye çekilmiş çeneli, küçük beyinli ve geri zekalıdırlar. Normal yaşayabilirler; çok iyi bakımda dahi zeka seviyesi 20 (I.Q.)'nin üzerine çıkamaz. Kromozom analizleri 5. kromozomun kısa kolunda meydana gelen bir delesyondan dolayı bu anormalliğin ortaya çıktığını göstermektedir. Kopmuş parça diğer bir kromozomun üzerine transloke olabilir. Bu tip insanlar normaldir; fakat kopmuş kromozom taşırlar.



Şekil 15.11 :

Cri du chat sindromu :
Hasta bir çocuk (Sutton'dan).

15.3.6. X - KROMOZOMUNUN DELESYONU

XX kromozomlu bir bireydeki X kromozomlarından birinin kısa kolunun yitirilmesiyle ortaya çıkar. Normal X ve Y kromozomlu bir birey fazladan bir X kromozomu parçası alırsa Klinefelter sindromu gösterir (daha geniş bilgi için eşeyselliğin evrimine bkz!).

15.3.7. DİĞER DEĞİŞMELER

Bazı bebekler çember veya izokromozomlarla doğarlar. Her iki şekil de bir kromozomun parça yitirmesidir. Ortaya çıkacak semptomlar (normalden sapmalar) delesyonun büyüklüğüne bağlıdır. Zeka geriliği bu tip kromozom anormalliklerinin genel özelliğidir.

Diğer birçok kromozom anormalliği düşüklerde (hamilelikteki) bulunmuştur. Pek azı canlı doğabilir. Gen ve kromozom dengesi gelişim üzerinde o denli etkilidir ki, çok küçük sapmalar dahi embriyonun ölümüne neden olur. Kromozomların sayısı, büyüklüğü ve dizilişi evrimsel bir değişikliğe neden olabilir. Ancak bu değişikliklerden pek azı canlıya yarar sağladığı için evrimsel olarak kullanılabilir. Diğerleri ise doğal seçmeden dolayı ya doğmadan yok edilir ya da zamanla populasyonda frekansı düşürülür (üreme yeteneklerinin veya savaşım güçlerinin az olmasından dolayı).

16. BÖLÜM

GENLERDEKİ DEĞİŞİKLİK: MUTASYONLAR (Değişinim)

Her ne kadar genler dikkati çekecek kadar kararlı ve yeni döllere bütün özelliklerini koruyarak kalıtılıyorsa da, zaman zaman doğal ve yapay koşullar altında 'Mutasyon = *Değişinim*' dediğimiz değişikliklere uğrarlar. Bir gen mutasyona uğradıktan sonra kararlı hale gelir ve tekrar eski haline dönmek için de herhangi bir eğilim göstermez. Mutasyonlar, kalıtsal materyalin normal kombinasyonunu değiştirmeyen, kalıtsal yapıdaki herhangi bir değişikliktir. Mutasyon terimi I. Kromozomların yapısının değişmesini, II. Kromozom sayısının değişmesini, III. Genlerdeki değişiklikleri kapsar.

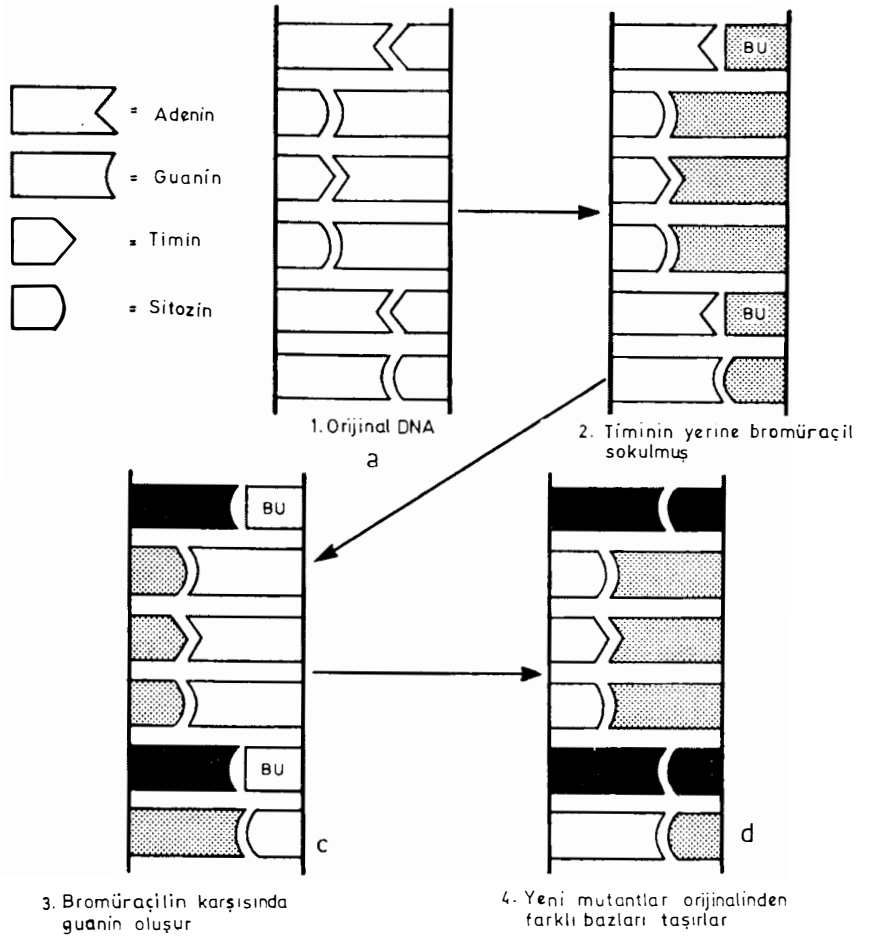
16.1. GEN MUTASYONLARI (Değişinimler)

16.1.1. NOKTA MUTASYONU

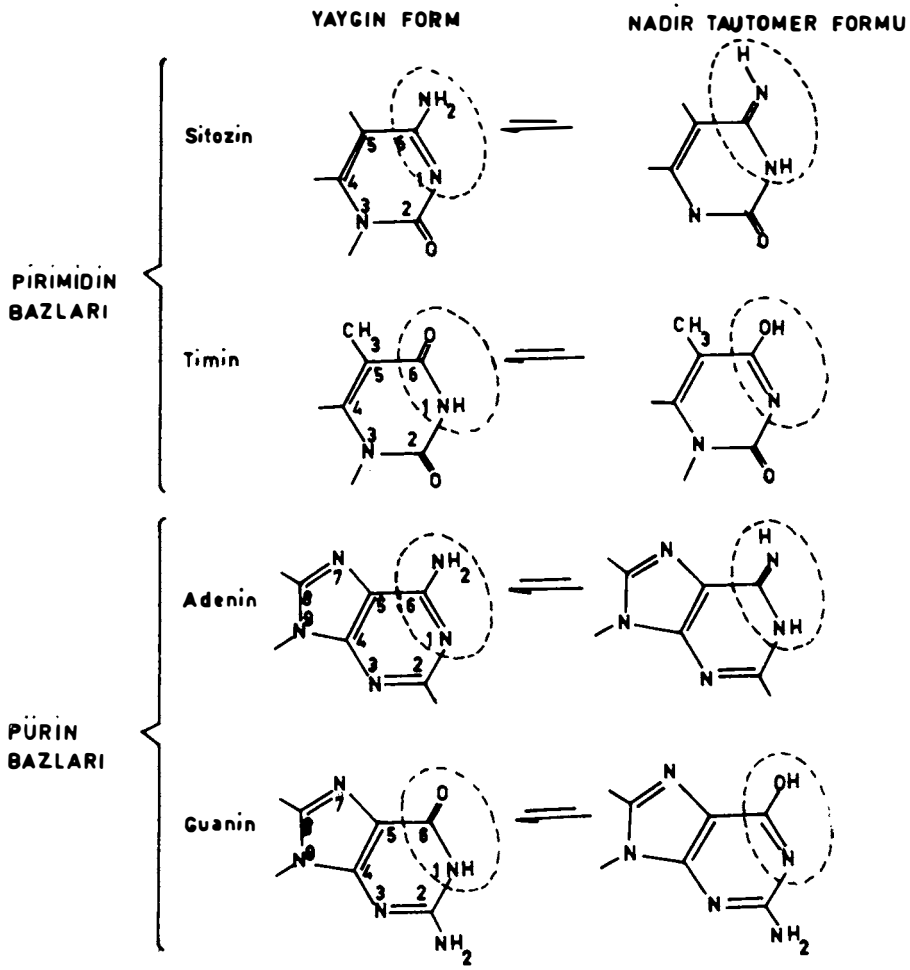
Gen mutasyonu veya diğer bir deyimle 'Nokta Mutasyonu' kromozomun yapısında herhangi bir değişiklik yapmadığı gibi, mikroskopla da gözlenemez. Doğal olarak meydana geldiği gibi, deneysel olarak yapmak da mümkündür. Mutasyon meydana getiren her aracıya 'Mutajen Faktör' denir. Bu, sarsıntıdan ışınıma kadar birçok fiziksel ve kimyasal faktörü içerebilir. Mutasyona uğramış bir gen nadir olarak tekrar eski haline dönebilir. Mutasyona uğrama kuramsal olarak başat genin çekinik hale geçmesidir. Bazen aynı lokustaki gen, farklı mutasyonlara uğrayarak multipli allelleri meydana getirir. Nokta mutasyonu DNA'da bulunan nukleotit dizisinin sırasının ya da bazlarının değişmesinden ileri gelir (Şekil 16.1). Baz sırasının veya AT/GC oranının değişmesi o gene özgü enzimin tamamen kaybolmasına ya da etkisinin azalmasına neden olur.

Hücreye azaguanin ya da bromüraçil gibi analog bazlar verildiğinde mutasyon meydana gelir (Şekil 16.1). Fakat bazı denemelerde bu analog bileşikler bakteriyofajlara verilmiş ve mutasyon meydana getirmediği gözlenmiştir. Çünkü genin değişmesi daha doğrusu baz çiftleri arasında meydana gelecek değişiklik amino asitlere olan özelleşmeyi değiştirmemiştir. Fakat birçok denemede bromüraçil, nitrik asit, formalin, hardal gazı vs. hücreyi bir mutasyonun kucağına atmıştır. Öyleki bütün bu

kimyasal maddeler DNA'daki özel bazlarla tepkimeye girer ve onların yapısını değiştirir. Bromüraçil (BU) DNA da timinin yerine geçer; fakat timinin normal çifti olan adeninden çok guaninle bağ yapma eğilimindedir. Daha sonraki DNA replikasyonlarında normal timinin bulunması gereken yerin karşısında adenin yerine guanin bulunduğundan G-C ikizi meydana gelecek ve A-T yerine G-C geçecektir (Şekil 16.1); bu bir mutasyon demektir. Ayrıca nadir de olsa iki pirimidin ve iki pürinin birleşerek A-G ve C-T baz çiftlerini meydana getirmesi; daha sonraki DNA replikasyonlarında A-T ve C-G'e dönüşmesine neden olur. Çünkü ayrılan zincirin bir tarafındaki G, replikasyonda normal olarak C'le birleşir.



Şekil 16.1: Pürin ve pirimidinin bir analogunun, replikasyon mekanizmasıyla mutasyon meydana getirmesi. a) Orijinal DNA zinciri, b) Zincirin bir kolunda, timinin analogu olan bromüraçil (BU), timin yerine sokulmuştur, c) BU sokulmuş kolun replikasyonunda, BU'in adeninden çok guanine afinitesi olduğundan komplementeri guanin olur, d) BU karşısına guanin girmiş kol yeniden bir replikasyon yaparsa bu sefer guaninin karşısına sitozin gelir ve a durumunda adenin-timin olan baz çifti d durumunda guanin-sitozin baz çifti olmuştur. Bu, yeni kod sistemini ve dolayısıyla yeni bir polipeptit zincirini sentezleteceğinden, mutasyon meydana gelmiş demektir.

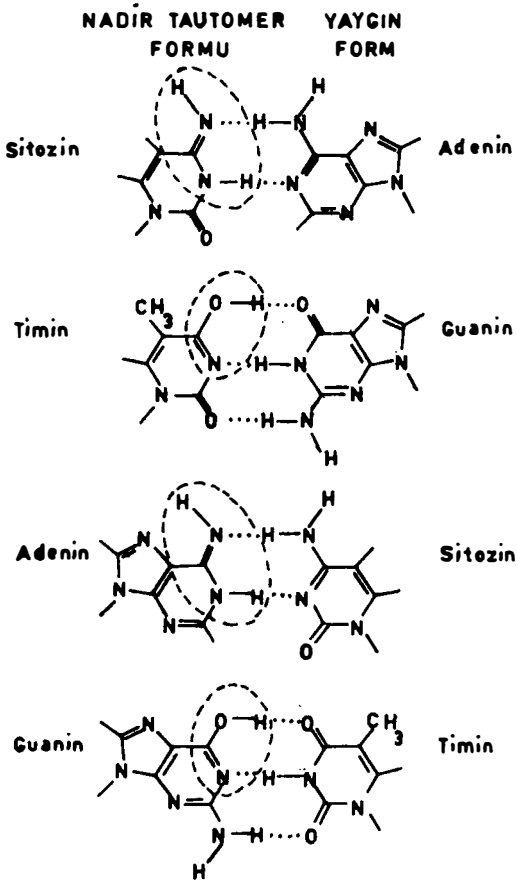


Şekil 16.2: DNA'daki normal bazlarla onların tautomerik formlarının karşılaştırılması (Burns'dan).

Keto grubu taşıyan G ve T gibi moleküllerle, amino grubu taşıyan A ve C gibi moleküller, normal durumlarından daha değişik formlarda bulunabilirler. Buna göre proton ve elektronların yeniden dizilmesiyle yani 'T a u t o m e r i z a s y o n' sonucunda, yaygın olan A, G, C, ve T formlarından başka, bunların tautomer şekilleri de oluşur. Sonunda tautomerizasyona uğramış bir sitozin, guanin yerine adenin ile; timin de, adenin yerine guanin ile eş yapar (Şekil 16.2 ve 3).

16.1.2. MUTASYONLARIN SAPTANMASI

Baz sırası değişen DNA, değişik mRNA vereceğinden, meydana gelen son ürünler, yani enzim ve proteinler de farklı nitelikler taşıyacaktır. Bir enzimdeki değişen amino asit eğer enzimin aktif bölgesinde ise ya da ona yakınsa ya enzimin etkinliğini büyük ölçüde değiştirecek ya tamamen ortadan kaldıracak ya da yeni özellikler



Şekil 16.3:

Tautomer baz formları ile normal baz formlarının eşlenmesi (Burns'dan).

kazandıracaktır. Eğer değişen amino asit, enzimin etkinlik bakımından büyük önemi olmayan protein kısmında bulunursa, meydana gelecek mutasyonu anlamak güç, çok defa olanaksız olacaktır. Özünde meydana gelen mutasyonlar gözlenebilenlerden çok daha fazladır.

Eğer DNA zincirinden tek bir baz çifti kaybolursa ya da ona eklenirse 3'lü kodonlardaki diziliş bozulmuş ve sonuçta meydana gelen proteinlerin biyolojik aktivitesi tamamen değişmiş olacaktır. Örneğin, (CAG) (TTC) (ATG) kod olarak (CAG) (TTC) (ATG) olacaktır. Eğer iki T arasına bir G ithal edilirse veya sokulursa genetik kod şöyle dizilmiş olur (CAG) (TGT) (CAT) (G..).

Gen mutasyonları sadece kimyasal maddeler ile değil, X, gamma, mor ötesi ve kozmik ışınlarla da meydana getirilir. Işınların şiddeti artırıldıkça mutasyon meydana gelme şansı da artar.

16.2. KALITSAL DEĞİŞİKLİKLER MEYDANA GETİRME "Mutasyon Oluşturma"

Çoğumuzun ortak birleştiği konu "varyasyonların yaşamın çeşnisi" olduğudur. Onlarsız bir yaşam çok donuk olacaktı. Fakat kararlı bir yaşam için gereğinden fazla

varyasyonun ortaya çıktığı görülür. Çünkü evrim için varyasyon bir çeşni değil, mekanizmanın özüdür. Varyasyonların çoğu zararlı; fakat pek az bir kısmı ise yararlıdır. İşte yararlı olan bu pek az kısım evrimsel olanakların özünü oluşturur.

Doğada kalıtsal değişiklikler, oldukça yavaş olarak meydana gelir. Bunları hammadde olarak kullanan evrimsel yönlenme de buna bağlı olarak yavaş ilerler. Çünkü zararlı ve yararlı kalıtsal değişikliklerin ayıklanması oldukça uzun zaman alır. Bu nedenle kalıtsal değişmeyi ve buna bağlı olarak evrimsel süreci hızlandırmak için, kalıtsal yapıyı, doğadakinden çok daha hızlı olarak bozabilen veya değiştirebilen birtakım yapay yöntemler bulunmuştur. Bu yapay yollar ve maddelere "Mutajenik Faktörler" denir.

Bitki ve hayvan ıslahcıları bu mutajenik faktörleri geniş ölçüde kullanarak istenen özelliklere sahip yeni varyetelerin bulunmasını sağlarlar. Meydana getirilen yeni varyetelerin ancak %1'i istenen özelliklere sahiptir. Diğer %99'u ya istenen özelliklere sahip değildir ya bulunduğu bireyi yaşatamayacak ya da geliştiremeyecek kadar zararlıdır. Seçim bu %1'in arasında olur. Biz bu başlık altında mutajenik faktörlerin yapısını ve evrimsel önemini incelemeye çalışacağız. En çok kullanılanı ve en önemlisi yüksek enerji radyasyonu (ışınımı)'dır.

16.2.1. YÜKSEK ENERJİ IŞINIMI (radyasyon)

Işınım deyimi iki çeşit enerjiyi açıklamada kullanılır. Birincisi 'Elektromanyetik Işınım' dır. Bu ışınım spektrumunun çok dar bir bölgesi görünebilir ışığı, bu bölgenin üzerindekiler (daha uzun dalgalı ışınlar) kırmızı ötesi (IR) ve ondan daha uzun olanları da televizyon ve radyo dalgalarını meydana getirir (Şekil 1.16). Bu bantın altındakiler yani kısa dalga boylu ışınlar mor ötesi ışınları (UV); bunlardan daha kısa dalgalı olanlar da, etkin bir işleme gücü olan ve maddeleri iyonize edebilen, gamma ışınları, eğer tüpte üretiliyorsa X ışınlarıdır. Bunların ikisine birden iyonize ışınım denir. İkinci çeşit ışınım ise "Tanecikli Işınım" dır. Yüksek hıza veya enerjiye ulaşmış atomların çıkardığı ışınımdır. Bunlar da iyonize ışınımlıdır. Biz ışınım deyimini yüksek enerjili elektromanyetik ve tanecikli ışınımların ikisi için de kullanacağız. Her ikisi de mutasyon ve kromozom değişimi meydana getirdiği için kalıtım açısından büyük öneme sahiptir.

16.2.1.1. *X-Işınlarının Bulunuşu*

Dünya üzerinde yaşayan canlılar her zaman ışınıma uğrarlar. Çevremizi saran uzaydan gelen kozmik ışınlar canlıları devamlı bombardıman ederler. Gerekli aygıtlar bulunmadan önce, biz, bu ışınları, koklama, duyma, işitme ve görme gibi algılayamıyorduk ve dolayısıyla varlıklarını bilemiyorduk.

İlk defa W.C. RÖNTGEN (Alman) yüksek enerjili ışınımın varlığını gösterdi. 1895 yılında havası boşaltılmış bir tüpten yüksek voltajlı bir doğru akım geçirdi ve tüpün içerisindeki iki elektrot arasında bir elektrik kıvılcımının ve o güne dek gözlenmemiş

bir ışının ortaya çıktığını buldu. Gerçi çıkan bu ışını RÖNTGEN gözleriyle görememişti. Fakat orada masanın üzerinde duran minerallerde floresans pırıldamalar meydana getirmişti. Keza masanın üzerindeki bir kap içerisinde bulunan film tabakalarının da bozulduğunu gözlemişti. Yani meydana gelen yeni ışın, görünebilir ışığı geçirmeyen birçok cisimden kolaylıkla geçebiliyordu. Bu buluş, ona, bu ışınların insan dokusundan geçirilerek, dokuların fotoğrafını çekme fikrini uyandırdı. Sonuçta hanımının elini bir plakanın üzerine koyarak (elektrik çarpması meydana gelmesin diye) fotoğrafını çekti. Sonuç görkemliydi; hanımının elindeki kemiklerin şekli film plakasının üzerine çıkmıştı. Çünkü kemikler et kısmından daha yoğun olduğu için, X ışınlarını daha az ya da hiç geçirmemişti ve dolayısıyla altında kalan kısımlar poz almamıştı.

Birkaç yıl içerisinde hekimler büyük ölçüde bu yöntemi kullanarak kırılmış kemikleri ve iç anormallikleri gözlemeye başladılar. O günlerde bu ışınların yapısı bilinmediği için, bilinmeyen anlamına X deyimi kullanılmıştır. Bir zaman sonra hastalarına ışın verirken (o devirde koruma önlemleri yoktu) kendileri de ışın altında kalan doktorların ellerinde ve dokularında bozulmalar ve kanserleşmeler başladı. Birkaç yıl sonra sayısız el ve bacak ameliyatla alındı ve bu arada da birçok hekim fazla ışınım altında kalmadan dolayı yaşamını yitirdi. Çünkü ışının etkisi birikebilir cinstendi. Farkına varılmadan alınan bu ışınlar bir zaman sonra zararlı sonuçlar doğurmaya başlıyordu.

16.2.1.2. *Radyoaktif Elementlerin Bulunuşu*

RÖNTGEN'den birkaç ay sonra F.H. BECQUEREL (Fransız) uranyum cevherinden yüksek enerjili ışınımların çıktığını gözledi. Bu cevherden çıkan ışınlar belirli minerallerde floresans meydana getiriyordu ve fotoğraf kağıdını etkiliyordu. Bundan kısa bir süre sonra da PIERRE ve MARIE CURIE (Polonyalı) tarafından uranyumdan izole edilen radyum kanser tedavisinde kullanılmaya başlandı. Radyum tarafından çıkarılan ışınlar, kanser dokularını normal dokulardan daha hızlı olarak yıkıyordu. Yani bu ışınlar hem kanser meydana getiriyor, hem de kanserli dokuyu oluştuktan sonra yıkabiliyorlardı. Zamanla birçok radyoaktif element daha bulundu. Bunlar kararlı elementlerin radyoaktif izotopları olarak bilinir. Kararlı elementlerin atomlarında proton ve nötronlar dengededir. Buna karşın radyoaktif elementlerde dengesizdir. Bu izotoplar ışınımla kararlı duruma dönerler. Daha önce bu yolla nasıl yaş saptandığını gördük (Bölüm 14'e bkz!).

Daha sonra biyologlar ve hekimler radyoaktif izotopları canlı sistem içerisinde iz takip etmek ve bazı biyolojik mekanizmaları açıklamak için kullanmaya başladılar. İzotoplar, fizyolojik olaylarda aynı kararlı elementler gibi davranırlar. Fakat gittikleri yerlerde, ışınımlarından dolayı fotoğraflarını çekmek ve ışınıma duyarlı tüplerle varlıklarını saptamak olasıdır. Örneğin iyot-131 bir izotoptur ve tiroit bezinde kanser olan hastalara verilir. Çünkü işaretlenmiş iyot ilkin olarak (öncelikle) bu bez ve vücudun herhangi bir tarafına göç etmiş (metastas yapmış) hücreleri tarafından alınır. Geiger (ışınımı algılayan aygıt) tüpü vücut üzerinde gezdirilince, izotopların bulundukları yerler saptanmış olur.

16.2.1.3. *İzotoplardan Çıkan Işınım*

Bazı radyoaktif izotoplar kararlı duruma geçebilmek için gamma ışınları salarlar. Tanecekli ışınım meydana getirirler (partikuleyt radyasyon). Beta (β) tanecikleri çok küçük, eksi yüklü elektronlardır. Her ne kadar yüksek enerji vermekle meydana gelirlerse de, geçtikleri maddelerin artı yüklerinden dolayı kolayca yavaşlatılabilirler. Bu nedenle derinlere işleme güçleri yoktur. Alfa tanecikleri (α) daha büyüktür; iki proton ve iki nötrondan oluşmuşlardır. Protonlarındaki artı yükten dolayı, geçeceği maddelerin eksi yükleri tarafından engellenirler ve bu nedenle fazla işleme yetenekleri yoktur. Nötronlar yalnız başlarına meydana çıkarlar; yüksüz oldukları için madde içerisinde, çarpışma meydana gelinceye kadar hızlarını sürdürürler. Bu nedenle biyolojik olarak çok tehlikelidirler. Çarptıkları atomları yükledikleri için, onları da radyoaktif yaparlar. Atomik parçalanmalarda ortaya çıkan nötronlar diğer birçok radyoaktif izotopu meydana getirirler.

Hem tanecikli hem de elektromanyetik ışınım, iyonizasyona neden olur. Büyük enerjiye sahip olduklarından atomların orbitinden bir elektron koparırlar. Bu elektron diğer bir atom tarafından alınabilir. Böylece bir artı, bir de eksi yüklü atom ortaya çıkar (iyonizasyon). İyonizasyon, biyolojik dokulara en büyük zarar veren etkendir. Kalıtsal değişikliklere neden olur.

16.2.1.4. *Zincirleme Tepkimelerin Bulunuşu ve Atomik Fission (Atomik Parçalanma)*

1942 yılında Şikago Üniversitesinin küçük bir odasında zincirleme tepkime ile atomik bağlardan nasıl enerji çıktığı gözlendi. Uranyamun bir izotopu olan uranyum-235'den kendi kendine nötron salınıyor, bu nötronlar diğer atomları uyarıyor ve sonuçta zincirleme bir tepkime ile çok küçük bir uranyum kütlesinden büyük bir enerji açığa çıkıyordu. Bu bilgiler kullanılarak 1944 yılında, New Mexiko'da, Beyaz Kum denen bölgede ilk atom bombası patlatıldı.

Bu buluş canlıları etkisi altına alan yeni bir ışınımın kaynağını oluşturdu. Atom parçalandığı zaman, kütlesinin bir kısmı üç tip enerjiye dönüşüyordu. İlki, parlak bir ışık, ikincisi çok yüksek derecelerde ısı, üçüncüsü ise ışınımdı. Yüksek ısı dışa doğru çok büyük bir genişleme meydana getirerek, kasırga gibi büyük zarara neden olur. Fakat en büyük tehlike ışınımdır. Işınım, ilk evrede çok etkin olmayabilir; fakat zamanla en büyük ölümler bu nedenle ortaya çıkar. Bu ışınımın bir kısmı gamma ışınlarıdır. Sıcaklık ve yıkımdan kurtulan canlıları öldürür. Mantar şeklinde yükselen bulut, nötronların çevredeki elementlerle tepkimeye girmesi sonucu oluşan radyoaktif izotoplarla doludur. Bu izotopların bir kısmının yarı ömrü çok kısadır; bir iki saniyede, birkaç günde ve haftalarca sonra yıkılan ya da yarılanan izotoplar da vardır. Bir kısmının da yarılanma ömrü binlerce yılı bulur. Patlamadan dolayı meydana gelen rüzgarın gücüne göre, bu radyoaktif izotoplar, 200-400 km. uzaklara kadar yayılır. Taneciklerin büyük bir kısmı o kadar küçüktür ki, rüzgarlarla atmosferin üst tabakalarına taşınır ve bu yolla tüm dünyaya yayılırlar. Bu tozcuklar öncelikle doğudan batıya

doğru yayılma eğilimindedirler, bununla beraber güney ve kuzey yönünde de yavaş yavaş yayılırlar. Avustralya, bu yolla, Nevada'da (Amerika) yapılan atomik araştırmalardan etkilenmiştir. Bu şekilde birçok ülkenin temel ışınım oranı gittikçe yükselmektedir.

16.2.1.5. *Atomik Fusion (Atomik Birleşme)*

Bu kadar tehlike yetmezmiş gibi, hidrojen atomlarının birleştirilmesiyle, çok daha fazla enerji veren yeni bir enerji kaynağı bulundu. Hidrojen bombası atom bombasını gölgede bırakan yıkıcı bir güce sahiptir. Hidrojen bombası potansiyel olarak temizdir; yani fazla ışınım meydana getirmez. Yalnız birleşme çok yüksek sıcaklıklarda olacağı için; bu sıcaklık hidrojen bombasının ortasında bir atom bombasının patlatılması ile mümkün olabilir. Böylece hidrojen bombası, atom bombasından çok daha fazla radyoaktif madde saçmış olur.

Başta Amerika ve Rusya olmak üzere birçok devlet, atmosferde atom denemesi yapılmasını önleyen bir karar almıştır; fakat yeraltı denemeleri devam etmektedir. Her zaman radyoaktif maddelerin yeryüzüne sızması mümkündür. Ayrıca yeraltı gazlarının işletilebilmesi için de nükleer patlamalar yapılmaktadır. Çıkarılan gazların içinde birçok radyoaktif izotop bulunmaktadır.

16.2.1.6. *Atomik Parçalanmanın Denetimi ve Çekirdek Enerjisi*

Dünya çapında kullanılan fosil enerji kaynakları (kömür ve petrol) tükenirken, bu enerjinin yerini alacak çekirdek enerjisi kullanılmaya başlamıştır. Atom santralleri, atom parçalanmasını denetim altına alarak enerji üreten merkezlerdir. Bu arada tehlikeli radyoaktif artıklar meydana gelir. Artıkların bir kısmı havaya ve sistemi çeviren suya kaçar. Geri kalanların büyük bir kısmı ise depolanır. Bu depolanma tam bir sorundur. Waşington'daki Hanford atom merkezinde, büyük kaplar içinde (konteiner) saklanan artık maddeler, 1971 yılında tehlikeli bir şekilde sızarak yeraltından Kolombiya nehrine ulaşmıştır (?). Long İsland adasındaki Brookhaven santralinde, asfaltla çevrilmiş artık maddeler denizin dibine taşınmıştır. Yıllarca sonra erezyonla yıkılacak asfaltlı beton blokların içindeki radyoaktif izotopların suya karışacağı kuşkusuzdur.

Ayrıca kazalar da hesaba katılmalıdır. Hata her zaman mümkündür. Nitekim Kanada'da yapılan ilk atom santrallerinden birinde kritik düzey aşıldığı için zincirleme tepkimeyi denetleme olanağı kalkmış ve tüm sistem erimiştir. Araştırıcıların ve işçilerin çoğu ışınıma uğramıştır. Bu alan bugün dahi kapalıdır ve izotoplardan hâlâ ışınımlar çıkmaktadır. Yugoslavya'da yine aynı şekilde bir erime olmuştur. Yeni atom santralleri çok daha emin olarak yapılmaktadır. Fakat kaza olasılığı her zaman vardır.

Bugün birçok ülke atomik silahlarla donatılmıştır. Hepsinin kullanılması dünya üzerinden canlılığın kalkması demektir. Belki en son kullanılacak silahlar atomik silahlarıdır. Fakat bunların kullanılmayacağını hiçbir zaman garantileyemeyiz. Yapay yüksek enerjili ışınım bulunalı henüz bir yüzyıl olmadan, dünyadaki temel radyoaktif ışınım miktarı, geçen yüzyıllara oranla çok daha fazla artmıştır.

16.2.2. YÜKSEK ENERJİLİ IŞINIMIN KALITSAL ETKİSİ

Işınımın tehlikeli olduğu bulununcaya kadar birçok kişi bu ışınlardan yeterince almıştı. Hatta ayakkabı satılan dükkanlarda, ayakkabının ayağa yerleşip yerleşmediği bu ışınlarla kontrol edilmişti. Yüzdeki ve vücuttaki aşırı kılların temizlenmesinde kullanılmıştı. Birçok dişçi ve hekim herhangi bir korunma önlemi almadan bu ışınlarla hastalarını muayene ve tedavi etmişti.

16.2.2.1. *X-Işınlarının Mutajenik Etkisinin Bulunuşu*

1927'de H.J. MULLER, Berlin'de yapılan uluslararası bir Genetik Kongresinde X-ışınlarının sirkesineği (*Drosophila*) üzerinde yaptığı kalıtsal etkileri açıkladı. MULLER'e göre yoğun X-ışını alan bu sineklerin döllerinde mutasyon oranı çok yükseliyordu. Başlangıçta MENDEL'in yasaları gibi ilgiyi çekmeyen bu açıklama, daha sonraları gelecek dölleri tahminlerin ötesinde etkilediği bulununca, 1946 yılında MULLER'e Nobel Ödülü verildi.

MULLER Teksas'taki bir Üniversitede bu gözlemi yaparken, STADLER de Missouri'de arpa üzerinde aynı gözlemleri yapıyordu. O da X-ışınlarının mutasyon miktarını artırdığını gözlüyordu. Böylece X-ışınlarının hem bitkilerde hem de hayvanlarda mutasyon meydana gitirdiği bulundu.

Daha sonra birçok araştırıcı değişik organizmaları, sonunda bir memeli olan fareleri bu ışınlara ya da izotopların ışınımlarına tutarak, ortaya çıkan mutasyonların özelliklerini incelediler. 1950 yıllarında genlerin yapısı aydınlanınca, tüm canlıların aynı şekilde yapıldığı da ortaya çıkmış oldu. Sonuç : Bir türde mutasyon ortaya çıkaran herhangi bir etki, diğer tüm türlerde de aynı şekilde mutasyon ortaya çıkarabilir.

16.2.2.2. *Kromozom Değişiminin Artırılması*

Kromozomları çalışma tekniği ilerleyince, yüksek enerjili ışınımların, kromozomların yapısı üzerinde meydana getirdiği değişiklikler de ayrıntılı olarak incelenmeye başlandı. Yoğun ışınım alan canlıların döllerinde delesyon, inversiyon, duplikasyon, translokasyon, kromozom ayrılmaması ve poliploidi ile aneuploidinin değişik şekilleri meydana geliyordu. Doku kültürleri yapılmaya başlanınca, bu değişikliklerin incelenmesi daha da kolaylaştı. Işınımın, genlerin baz diziliminde ve kromozomların yapısında (mayoz ve mitozda) bazı değişmeler meydana getirdiği kesin olarak kanıtlanıyordu.

16.2.3. INSANIN ALDIĞI IŞINIMLARIN ÖNEMİ

Işınım altında kalan insanda, kalıtsal değişikliğin nedenini görmeden önce, temel ışınımın etkisi altındaki potansiyel etkiyi inceleyelim.

16.2.3.1. *Temel Işınım (Background Radiation)*

Bizim bazı ışınımlardan kaçmamız olanak dışıdır. Örneğin çevremizi saran evrenden gelen kozmik ışınlardan saklanmamız mümkün değildir. Biz, bu ışınlardan ne kadar alıyoruz ? İlk olarak, bir tüp içerisindeki gazın iyonize olmasını sağlayan miktar, yani Röntgen, ölçü birimi olarak kullanıldı. Fakat daha sonra ışınımın tipine göre değişik biyolojik etkiler ortaya çıktığı için eşyalarda "R a d" ın (absorbe edilmiş ışınım dozu), insanlar üzerindeki çalışmalarda da "R e m" in (insanda Röntgen eşdeğeri) ölçü birimi olarak kullanılması teklif edildi. Biz bu ölçüleri kullanacağız. Küçük miktarlar için ' m r e m ', yani milirem (remin binde biri) kullanılır.

Temel ışınım iki gruba bölünür : Kozmik ve karasal. Karasal ışınımın kaynağı dışta (çevremizden) ya da içte (aldığımız radyoaktif elementlerden) olabilir. Örneğin havada bulunan çok az miktardaki karbon-14'ü bitkiler alır; biz de bu bitkileri besin olarak protoplazmamıza alırız. Vücutta ışınım yaparak yavaş yavaş radyoaktifliğini yitirir. Bunun gibi yeme ve içmeyle birtakım radyoaktif izotoplar bünyemize girer ve iç kaynakları oluştururlar. Temel ışınımdan aldığımız miktar şöyledir (Amerika Bilim Akademisinin Araştırma Konseyine göre) :

Işınım tipi	Yıllık alınan miktar	Otuz senede alınan
Kozmik	44	1320
Karasal		
-- Dıştan	40	1200
-- İçten	18	540
Toplam	102 mrem (0.102 rem)	3060 mrem (3.06 rem)

Kalıtsal etkisini saptayabilmemiz için otuz yıllık süreyi bilmemiz gerekir. Çünkü bir insanın çocuk meydana getirme yaşını ortalama otuz olarak kabul ederiz. Bu süre içerisinde alınan ışınımların birikimi hesaplanır ve ona göre kalıtsal değişiklikler konusunda bir yorum yapılır. Şimdi dünyada diğer kaynaklardan gelen ışınımları inceleyelim.

16.2.3.2. *Tıbbi Muayene ve Tedaviden Gelen Işınım*

Belki de gelişmiş toplumlarda en çok ışınım bu yolla alınmaktadır. Örneğin Amerika'da insan başına düşen yıllık ışınım miktarı 55 mrem'dir. Tedavi için kullanılan miktar oransal olarak daha azdır; kişi başına aşağı yukarı 5 mrem'dir. Hastalar üzerinde yüksek oranlarda ışınım kullanılmasına karşı, hastaların sayı azdır. Bu verilen miktarlar eşeysel hücreler içindir. Vücudun diğer kısımlarının daha çok ışınım aldığı bilinmektedir. Eşeysel hücreler çok önemlidir. Çünkü dölleri meydana getirecek hücreler buradan kaynaklanmaktadır. Örneğin, sert olan dişin filmini çekmek için oldukça yoğun bir X-ışını kullanılmakla beraber, bu, sadece lokaldir ve pek az bir kısmı eşeysel bezlere ulaşabilir. Bugün birçok yerde, bu tip ışınımlara tutalacak kişilerin, yumurtalık ve er bezlerinin kurşun plakalarla ya da koruyucu bir tabaka ile kapatılması yasal zorunluluk olmuştur.

Bu tip ışınımların kullanımı her sene biraz daha fazlalaşmaktadır. Fakat geliştirilen aygıtlarla daha kolay geçici ve daha az X-ışını kullanan yöntemler geliştirilmiştir. Ayrıca çok daha duyarlı film kullanmak suretiyle X-ışınının miktarı azaltılmıştır. Keza ışınımın kullanımında bilinçli bir sınırlama da vardır. Başka yöntemlerle muayene yapmak mümkünse, ışınım yolu pek kullanılmamaktadır. Örneğin, çocuğun ana karnındaki durumunu incelemek için Röntgenden ziyade sonar (ses dalgası ile) sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Verem hastalığı için gezici Röntgen aygıtları yerine, daha pratik olan verem (tüberküloz) deri testi kullanılmaya başlanmıştır. Böylece bir denge oluşturulmaya çalışılmaktadır.

Radyofarmakotik kullanımı her yıl biraz daha artmaktadır. Radyoaktif iyot tiroit işlevleri için, radyoaktif demir bölgesel kan tıkanmaları için, radyoaktif kalsiyum ve fosfor, kemik anormalliklerini bulmak için, radyoaktif kobalt ve diğer izotoplar kanser tedavisi için kullanılmaktadır. Bu kullanım azalsa dahi 2000 yılında aldığımız tüm ışınımın %15'i bu yolla kazanılacaktır. Tüm tıbbi muamelelerde (diş dahil) aldığımız ışınım miktarı yılda 72 mrem'dir (Amerika toplumu için). Bu otuz yılda 2.16 rem eder.

16.2.3.3. *Ticari Işınımdan Aldıklarımız*

Atom santralleri adam başına yılda 0.002 mrem (1973 rakamlarına göre) vermektedir. 2000 yılında bu miktarın 0.15 mrem'e çıkacağı tahmin edilmektedir. Bu rakamlar tehlikenin (kaza olmazsa) büyük olmadığını gösterir. Fakat uranyum madeninde çalışanlarda olduğu gibi fazla miktarda alınacak ışınım yaşamı tehlikeye sokar. Aşağıdaki tablo bize çeşitli kaynaklardan aldığımız ek ışınımı göstermektedir (tahminen !).

Kaynak	Yıllık doz (mrem)	Otuz yıllık doz (mrem)
Tıbbi		
-- Muayene	72	2160
-- Radyofarmakotik	1	20
Çevreden		
-- Çöplerden	4	120
-- Atom santrallerinden	0.003	0.09
-- Şansla (işle vs.)	0.8	24
-- Çeşitli kaynaktan	2	60
Toplam	79.803 mrem	2384.09 mrem

16.2.4. İNSAN KALITSAL MATERYALİNİN DEĞİŞİMİ

Geçen binlerce yıl içerisinde etkin bir gen havuzu kazanmışız. Ürettiğimiz ışınımlarla bu kazandığımız gen havuzunun yapısını acaba bozacak mıyız ? Bu soruya yanıt verenlerin düşünceleri farklıdır. Bazılarına göre ürettiğimiz ışınım herhangi bir kalıtsal öneme sahip değildir. Bazılarına göre ise meydana gelecek küçük değişiklik-

ler ileride insanın gen havuzunun bozulmasına ve döllerimizde büyük değişikliklerin ortaya çıkmasına neden olacaktır. Biz, şimdi ışınımın insan üzerindeki etkilerini inceleyelim.

16.2.4.1. *Çift Doz*

Belirli bir sayıda mutasyon oluşumu ve kromozom değişimi herhangi bir ışınıma tutulmadan meydana gelir. Bu sayıyı temel alarak ışınımın meydana getirdiği mutasyon miktarını ölçebiliriz. Ne kadar ışınım, doğada olduğunun iki misli mutasyon meydana getirir? Temel ışınım, doğada, otuz yılda 3 rem kadardır. Çift doz dediğimizde, biz ilave 3 rem kadar bir ışınımı kastetmeyiz. Çünkü doğada meydana gelen mutasyonların hepsi ışınımdan meydana gelmemiştir. Diğer faktörler de rol almıştır. Biz çift dozu, özellikle insan için, geniş bir aralık içerisinde kullanırız. Çünkü insanlarda, ışınımla mutasyonların ölçülebilmesini ancak yüksek dozda, tedavi amacıyla ışınım almış olanlarda ve atom bombasının patlamasına maruz kalan kişilerde belirli ölçülerde gözleyebiliriz. Bir de memeli hayvanlarda yapay olarak incelemek olasıdır. Amerika Milli Araştırma Konseyi bu çift dozun 20-200 rem olduğunu bildirmektedir. Geniş bir aralık olmasına karşın, kalıtsal değişiklikler için yine de bir tahmin getirebilir.

16.2.4.2. *Eşik Doz*

Diğer bir sorun, çok düşük düzeylerdeki ışınımın ne ölçüde önemli olduğudur. Mutasyon miktarı, alınan ışınımın dozu ile doğrusal (lineer) bir bağıntı gösterir. Eğer farede 50 rem'de belirli sayıda mutasyon meydana getiriliyorsa, 100 rem'de iki misli, 200 rem'de dört misli mutasyon meydana gelir. Mutasyonların bazıları ancak yüksek dozlarda ortaya çıkar. Sirkesineğinde bu lineer bağıntı 5-3000 rem arasında geçerlidir. Bu bağıntı sıfıra doğru yaklaştığında ya da mutasyon meydana getirmeyecek bir noktadan sonra nasıl olmaktadır ? Bu soruya yanıt vermek oldukça zordur. Çünkü küçük miktarlardaki ışınımlar birbirine eklenerek az sayıda fazladan mutasyon meydana getirmektedir. Sirkesineği ve fareler üzerinde yapılan çalışmalarla daha altında mutasyon meydana gelmeyen bir eşik değerin olmadığı gösterilmiştir.

RUSSEL'in farelerede oluşturduğu mutasyonlar, çok düşük ışınımlarda lineer bir bağıntıda beklenenin ancak 1/3-1/4'ü kadar olduğunu göstermiştir. Daha sonra moleküler genetikçiler bazı genlerin onarıldığını ve bu nedenle mutasyon sayısının az görüldüğünü buldular. Işınımın miktarı az ise, bu onarım mekanizmasının birçok mutasyonda işlev gördüğü ve mutasyonları düzelttiği görülmektedir. Hücreler böylece mutasyonlarla yüklenmez. Mutasyonların tümünün onarımı sözkonusu değildir. Nitekim az miktarda ışınıma tutulan çok sayıdaki insanın gen havuzunda meydana gelen mutasyon miktarı, yüksek dozda ışınıma tutulan az sayıdaki insanın gen havuzunda meydana gelen mutasyon miktarından çok daha fazladır.

16.2.4.3. *Tüm Populasyon Üzerindeki Etkisi*

Amerika Milli Araştırma Konseyi'nin açıklamasına göre, ek olarak alınan 2.5 rem'lik bir gonadal (eşeysel bezlerde) doz, bir milyonluk bir populasyonda 125

mutasyon meydana getirmektedir. Eğer bu doz sabit kalırsa, Amerika toplumunda (220 milyon) her generasyonda 27.500 yeni mutasyona neden olacaktır. Sayıca çok görünmesine karşın; unutmayalım ki doğal olarak meydana gelenlerin sayısı çok daha fazladır (430.000 kadar). Her ne kadar düşük ışınıma tutulan farelerde döller boyunca bir değişiklik meydana gelmemişse ve Japonya'da patlatılan atom bombasından kurtulan çocukların büyük bir kısmında yaşamsal işlevler ve üreme azalmamışsa da, gözlemlerin yeterli olmadığı ve bir zaman sonra gen havuzunun yapısını değiştirecek etkiye sahip olduğunu kabul etmek zorundayız. Belki mutasyonların bir kısmı homozigot halinde öldürücü, heterozigot halde ise üstün özellikler yaratacak niteliktedir. Bu konuyla ilgili daha geniş bilgi populasyon genetiğinde verilecektir.

16.2.4.4. *Kromozom Değişimi*

Şimdiye kadar anlattıklarımız genlerdeki değişimlerdi. Fakat ışınımın kromozomların yapısını da bozduğu bilinmektedir. Verilen ışının yoğunluğuna göre kromozomlarda parçalanmalar meydana gelir. Küçük olanlar birbirine yapışmak suretiyle onarılabilmekle beraber, yüksek dozlarda verilen ışınlar bir daha onarılamayacak kopmalara neden olur. Verilen doz ile kopma arasında üslü bir eğri oluşturan grafik çizilebilir.

Amerika'daki her bir milyon kuştan bininde kromozom değişikliği gözlenmiştir. Tüm Amerikan toplumuna 2.5 rem'lik bir ışınım verilirse tahminen 37 kadar kromozom değişikliği meydana gelecektir. Bu ise %04'den daha az bir çoğalmayı temsil eder. Bu tip anormalliklerin çoğu birinci dölde, üreme meydana gelmeden elenir. Dolayısıyla gen mutasyonları kadar önemli değillerdir. Fakat dengelenmiş translokasyonlar döller boyunca aktarılabilir.

16.2.4.5. *Diğer Mutajenik Faktörler*

Gen mutasyonunu ve kromozom değişikliğini meydana getiren faktör, yalnız, ışınım değildir. 1930 yıllarında Rus RAPPAPORT, nitrik asidin de mutasyon oranını yükselttiğini gösterdi. 1956 yılında C. AUERBACH, sirkesineğini hardal gazı ile muamele ettiğinde X-kromozomuna bağlı mutasyonların 50 misli fazlalaştığını buldu. Bu zehirli gaz I. Dünya Savaşında kullanılmıştır. Bu liste yakın zamanlarda formaldehit, etil üretan, akridin boyası, nitrik asit, epoksid, fenol, mangan klorit, bromüraçil, dioksan ve hatta kahvede, çayda ve çikolatada uyarıcı madde olarak bulunan kaffein ve theobromin'e kadar uzamıştır. Bütün bu maddelerin mutajenik etkisi ilkin olarak bakterilerde, mayalarda ve yüksek organizmaların doku kültürlerinde gözlenmiştir. Bununla beraber tüm yüksek organizasyonlu canlılarda mutasyon meydana getireceğini kesin olarak söyleyemeyiz. Örneğin kahve tiryakilerinde ve devamlı kahve verilen farelerde mutasyon meydana gelme oranında böyle bir yükselme gözlenmemiştir.

Son zamanlarda kullanılan keyif verici ve uyuşturucu madde ve ilaçların mutajenik etkisi incelenmiştir. LSD, sirkesineklerinin besin ortamına eklendiğinde hem

mutasyon hem de kromozom değişimi meydana getirdiği bulunmuştur. Bu ilaçları alan bazı kişilerin kan hücrelerinde yapılan incelemelerde, bazı araştırıcıların aksi fikirde olmasına karşın, kromozom değişimlerinin olduğu bildirilmektedir. LSD, açıkça teratojenik bir maddedir. Yani hamilelik sırasında alınırsa anormal doğumlara neden olabilir. Teratojenik faktörler genellikle mutajeniktir ve çoğunluk kromozom değişimine de neden olur. Gerçekte ana kanından yavruya ulaşan bu maddelerin, fetüste somatik değişimlere neden olarak anormallikler meydana getirdiği düşünülebilir. Marijuananın deneysel olarak hayvanlarda somatik kromozom değişikliklerine neden olduğu gösterilmiştir. Fakat şimdiye kadar insanlarda neden olduğu kalıtsal değişiklikler hakkında yeterli bir bilgi yoktur. Beyaz kan hücrelerinin etkisini önlediği bilinmektedir. Diğer tüm mutajenik faktörler de bu hücrelerin etkisine engel olur.

Bu bölümde mutajenik faktörlere tutulan canlılarda, özellikle insanlarda meydana gelen mutasyonlar ve kromozom değişiklikleri incelenmiştir. Bu değişikliklerin önemi ise populasyonları inceleyen bölümde (Bölüm 24, 25, 26 ve 27'ye bkz!) verilmiştir.

16.3. MUTASYON ÇEŞİTLERİ

Fenotipik etkilerine göre mutasyonlar birkaç grup altında toplanır.

16.3.1. GÖRÜNEBİLİR MUTASYONLAR

Fenotipik olarak kolayca görünebilen özellikler meydana getirirler. Belki gözle görülemezler, ama, doku ve kanın incelenmesiyle ortaya çıkarılabilirler. Eğer bu tip bir mutasyon başat ise birinci dölde görülebilir. İnsan mutasyonlarının oranı üzerindeki çalışmaların çoğu başat görünebilir mutasyonlara dayanmaktadır. Bunların biri '**chondrodystrophic cücelik**'tir. Kol, bacak ve yapılarının kısalığıyla tanınırlar. Babası ve anası sağlam olan bir çiften, bu şekilde bir çocuk doğarsa, biz, her iki atadan birinin eşeysel hücrelerinde mutasyon meydana geldiğini anlarız.

İntermediyer ve kodominant mutant genler yine birinci dölde saptanabilir. Çekinik görünebilir genlerin tanınabilmesi için birkaç dölün geçmesi gerekir. Fakat her iki atadan da çekinik mutant gen gelirse, birinci dölde yine fenotipte kendini gösterir. X'e bağlı mutasyonlar bir ayrıcadır. Kadınlarda mutasyon meydana gelirse erkek çocuklarında (birinci dölde) görülebilir. Erkeklerin X kromozomunda mutasyon meydana gelirse kız çocukları taşıyıcı olur ve özellik onların çocuklarında ortaya çıkabilir.

Görülebilir mutasyonların çoğu çekiniktir. Bir genin değişimi, meydana getireceği enzimin ya da yapısal proteinin yapısının veya işlevinin değişmesine neden olur. Bu genin normal alleli varsa enzim ve yapısal proteinlerin normal olarak üretilmesine devam edilir. Çünkü genler gereksinmemiz olan enzim ve proteinlerin iki mislini üretebilecek yetenektedir. Bundan dolayı tek bir gen varsa hücrenin gereksinmesi olan proteinleri iki misli üreterek karşılar. Normal genlerin çoğu başat, mutant genlerin

çoğu da çekiniktir. Bu nedenle mutant çekinik genlerin etkisini hemen görmek olanaksızdır. Pek az durumda mutant genler de protein üretir ve normal genlerin ürettiği proteinleri saptırırlar. Bu, anormalliklere neden olur. Bu tip genler dominant (başat) genler olarak bilinir. Fakat bu tip mutantlar çok azdır. Genellikle ya üretim yapamazlar ya da normal genlerin etkisinden kurtulamazlar. Bu nedenle çekiniktirler.

16.3.2. BAŞATLIĞIN EVRİMİ

Normal gelişimi sağlayan genlerin neden çoğunlukla başat, sapmaları sağlayan genlerin de çekinik olduğu düşünülebilir. Yeterince eskiye doğru gittiğimizde tüm genlerin birbirinden mutasyonlarla çıktığını görürüz. O zaman bir mutant gen nasıl oluyorda normal başat bir gen haline geçiyor?

Yüzlerce mutasyondan ancak pek azı fenotipik olarak yarar sağlar. İlk defa ortaya çıktıklarında çekiniktirler. Fakat homozigot olarak etkilerini göstereceklerinden dolayı, seçim bu bireylerin homozigot olması yönündedir. Yani homozigot çekinik olanlar yaşam savaşında üstünlük sağlar. Bazılarında da heterozigotlar daha üstün olacağı için bu yönde de bir seleksiyona uğrar ve bir zaman sonra başat genlerin yavaş yavaş toplumda azaldıkları ve bunun yerini çekiniklerin aldığı görülür. Bir



Şekil 16.4
Üç bacaklı çocuk. 1981 yılında, Pekin'de 33 yaşındaki kadın işçi Li Juying'in üç bacaklı bir erkek çocuğu olmuştur. Bebeğin üçüncü bacağının vücudun alt kısmına yapışık olduğu ve bebek büyüdükçe üçüncü bacağın da büyüdüğü bildirilmektedir. Üçüncü bacak diğer iki normal bacaktan daha kalın ve kısadır (Günaydın Gazetesinden).

zaman sonra tüm populasyona hakim oldukları için başat gibi hareket ederler. Daha sonra bu genlerden meydana gelecek mutasyonlar çekinik gen ödevini yüklenirler ve bu süreç bu şekilde devam eder...

Biz, başka lokuslarda bulunan genlerin de bir genin etkisini göstermede etkili olduğunu biliyoruz. Eğer daha yararlı bir mutant gen ortaya çıkmışsa, bu, diğer modifiye edici genin üzerinde de seçici bir özelliğe neden olacaktır. Modifiye edici genin devamlı seçici özelliği bu mutant genin çekinikten intermediyere ve sonuçta başata ulaşmasını sağlar.

Görünebilir mutasyonlar kolayca tanınmalarına ve evrim açısından çok önemli olmalarına karşın, genellikle çok seyrektirler (Şekil 16.4).

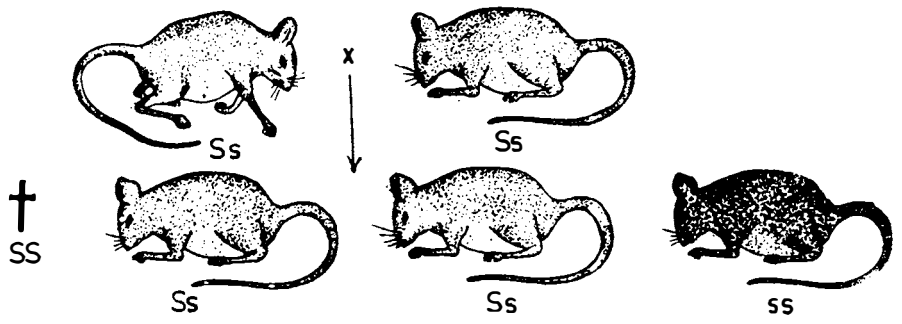
16.3.3. LETHAL MUTASYONLAR

Birçok mutasyon embriyonun yaşayamayacak kadar normalden sapmasını sağlar. İnsanda bu tip öldürücü genlerden "L e t h a l G e n" yüzlerce vardır. Şayet bir gen, zigotun ilk mitoz everisinde, iğ ipliklerini meydana getiremeyecek şekilde mutasyonu uğramışsa, zigot hiçbir zaman iki hücreli olamaz. Bir gen, implantasyon için (ana rahmindeki dokuya gömülme) gerekli enzimi meydana getiremiyorsa, embriyo birkaç gün içerisinde dışarıya atılır. Eğer bir mutasyon bozuk bir kalp kası, bozuk bir akciğer, bozuk bir böbrek, bozuk bir sindirim organı ya da bozuk diğer bazı organları meydana getiriyorsa doğumdan çok kısa bir süre sonra ölüme neden olur. Çünkü bu organlar ana rahmi içerisinde kullanılmaz. Bazıları doğumdan birkaç yıl sonrasına, bazıları orta yaşa kadar bireyin yaşamasına izin verebilir.

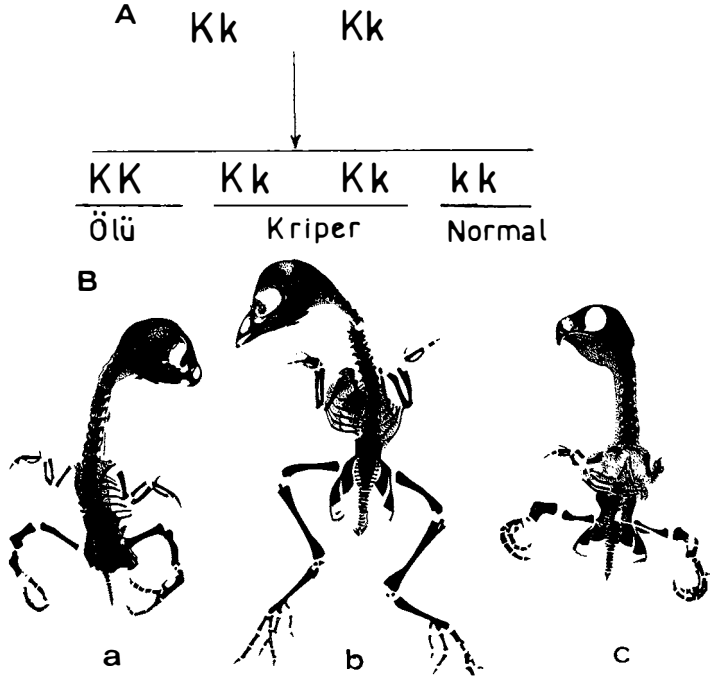
Öldürücü başat genler düzenli olarak ortaya çıkabilir; fakat ilk dölde elimine edilirler. Eğer embriyonun ilk evrelerinde öldürücü ise biz onları hiçbir zaman göremeyiz. Birçok öldürücü (lethal) gen çekinik olduğu için döller boyunca taşınabilir. Bu şekildeki ölümler üzerinde yapılan araştırmalar, her insanın ortalama olarak çekinik üç ya da dört lethal gen taşıdığını göstermiştir. Her ailede farklı genlerin çekinik lethalleri olduğu için rastgele evlenmelerde bunların homozigot çekinik olarak ortaya çıkma şansları çok azalmaktadır. Aile içi evlenmelerde ve rastlantı sonucu aynı geni çekinik lethal taşıyan bireyler evlendiklerinde meydana getirecekleri yavrular 1/4 oranında homozigot olacağı için ölüm ortaya çıkacaktır.

Örneğin, sarı postu olan bir fare ırkında, homozigot sarı bireylerin yaşamadığı saptanmıştır (Şekil 16.5). Bunun yanısıra, iki sarı fare çiftleştirildiğinde, sadece iki sarı, bir siyah yavru çıkar ve beklenen oranlardan sapmalar gösterir. Araştırmacıların rahimde yaptıkları gözlemlerde yavruların 1/4'ünün diğerlerinden daha küçük yapıda olduğu saptanmıştır. Belirli bir evreden sonra bu ufak yavrular gelişemeyerek ölürler ve vücutlarını oluşturan kütle absorbe edilir. Gelişemeyen bu yavrular homozigot sarı olanlardır.

Pek az lethal mutasyon çeşidi de intermediyer bir özellik gösterir. Heterozigot oldukları zaman meydana getirdikleri etkiler kolayca gözlenebilir. Fakat homozigot



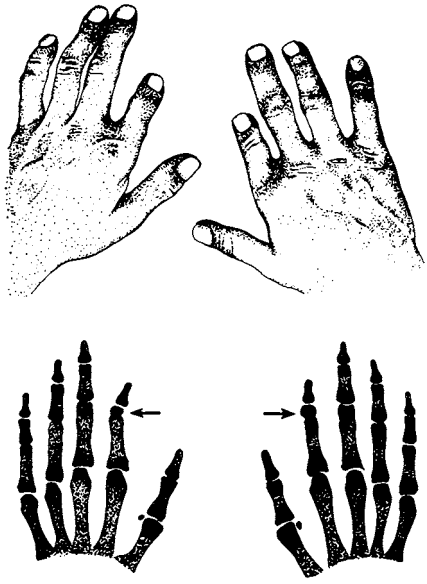
Şekil 16.5: Başat sarı rengi yapan gen, homozigot halde lethal (öldürücü) bir kombinasyona neden olduğu için, iki heterozigot sarının birleşmesinden 2/3 oranında heterozigot sarı ve 1/3 oranında homozigot gri yavru meydana gelir (Kosswig'den).



Şekil 16.6: Kriperlik ve omurga dejenerasyonu. A) Kk × Kk (kriperlik), B) Tavuklarda chondrodystrophie (kondrodistrofi). a) Kalıtsal faktörlerden dolayı bozulma, b) 21. günde normal bir embriyonun durumu, c) Vitaminsizlikten (biyotin eksikliğinden) dolayı ortaya çıkan bozulma (fenokopi). Kalıtsal ve vitamin eksikliğinden dolayı ortaya çıkan bozuklukların benzerliğine dikkat ediniz (Hadorn'dan).

halde öldürücüdürler. Örneğin, kümes hayvanlarının bir kısmında kısa bacaklılık ve kısa kanatlılık vardır. Buna "K r i p e r l i k" denir. Eğer bir kriper tavuk ile bir kriper horoz çiftleştirilirse, 2 kriper yavruya karşın, bir normal yavrunun ortaya çıktığı görülür. Embriyolojik evrede yavruların 1/4'ü (homozigot olanları) omurganın anormal gelişmesinden dolayı ölür (Şekil 16.6).

Bu tip genler deneysel olarak birçok hayvanda bulunmuştur. Belki insanlarda anormallik yapan ve başat olarak adlandırılan genler gerçekte bu tip intermediyer özellikli genlerdir. Çünkü heterozigot halde özelliklerini gösterebilmektedirler. Belki de başat olarak kabul edilen bu genler, gerçekte çekiniktirler ve çekinik homozigot olduklarında öldürücüdürler. Bizim, insanlarda bu kalıtım şeklini ayrıntılı olarak kanıtlamamız çok zordur. Çünkü anası ve babası aynı lethal gen bakımından heterozigot olan bir çiftin çocuğunu bulmak olanaksız gibidir. Yalnız İsveç'te bir ailede hem ana hem baba "B r a c h y p h a l a n g y" idi. Yani basit başat bir genin neden olduğu varsayılan, parmakların kısa ve iki eklemli olma durumudur (Şekil 16.7). Bunların dört çocuğundan biri normal, ikisi kısa parmaklı ve biri de parmaksız (el ve ayak) ve iskeleti doğumdan kısa bir süre sonra ölüme neden olacak kadar bozuktu. Yani açılım oranı 1:2:1'dir ve bu intermediyer kalıtımın oranıdır.



Şekil 16.7:

İşaret parmağındaki brachymecophalangi (Verschuer'den).

Biz, kural olarak başat genlerin etkisini gösterdiğini, çekinik genlerin de gösteremediğini düşünürüz. Fakat gerçekte durum pek böyle değildir. Eğer bir gen beklenildiği gibi etkisini tam olarak fenotipte gösteriyorsa bunlara "T a m P e n a t r a n s l ı G e n l e r" denir. Fakat homozigot çekinik genler fenotipte kendilerini, örneğin, % 70 oranında gösteriyorsa, bu o genin penatransını gösterir. Bir genin penatransı o canlının yaşadığı çevre koşullarına (nem, sıcaklık, beslenme vs.) bağlıdır. Homozigot çekinik bireyler koşullara göre büyük bir değişim (modifikasyon) gösterirse, bunlar genin kuvvetindeki değişiklikler olarak bilinir.

X-kromozomuna bağlı lethal genler eşeye bağlı olarak kendilerini gösterirler. Eğer lethal genler çekinik ise, dişiler bunlardan birini alır ve bunların da meydana getirdikleri erkek çocukların yarısı ölür. Homozigot dişiler ise gelişmeden ölürler. Dolayısıyla iki dişiye karşı bir erkek birey meydana gelir. Sirkesineği ve diğer hayvan-

larda yapılan gözlemler bu tip birçok lethal genin olduğunu göstermiştir. İnsanlarda ancak etkisi oldukça geç ortaya çıkan, kendiliğinden düşük yapan ve ölü doğan erkek çocuklardaki anormalliklerde anlaşılabilir. Bu özellikler aynı kadında birkaç defa tekrarlanırsa ya da aynı ailedeki birçok kadında aynı bozukluklar görülürse, bu özelliğin olduğuna hükmedilir. Erkeklerin X kromozomunda meydana gelecek başat bir lethalite tüm kız çocukların ölü veya anormal doğmasına neden olur. Çünkü babada bulunan tek bir X kromozomunu almak zorundadırlar. Erkek çocuklar normal doğar. Çünkü annedeki normal X kromozomlarından birini alırlar. Annede meydana gelecek başat bir lethal gen yine erkek çocukların yarısının ölü doğmasına neden olur.

16.3.4. ZARARLI MUTASYONLAR (Semilethal ve Sublethal Mutasyonlar)

Mutasyonların bir kısmı canlının belirli bir evreye kadar yaşamasına izin veriyorsa semilethal; eğer yaşamasına izin veriyor; fakat biyolojik işlevlerinin ve üremesinin azalmasına neden oluyorsa sublethal olarak adlandırılır. Birçok özellik, özünde, bir genin değil de birçok genin ortak işleviyle ortaya çıkar, biz buna poligenik kalıtım deriz. Çok genli bu kalıtımda, genlerden bir tanesi mutasyona uğrarsa, ilgili özelliğin etkinliğinde azalmalar ortaya çıkar. Örneğin, pankreas optimum miktarda salgı çıkarmaz; karaciğer daha az etkinlikte safra çıkarır ya da salgının kimyasal yapısı daha değişik olur; böbrek vücudun gereksinimi olan vitaminleri daha büyük ölçüde süzerek atar. Bu genlerden herhangi birinin mutasyona uğraması vücut için büyük ölçüde zarar yapmayabilir; fakat birçok mutant gen bir araya gelirse zarar çoğalır ve ölüme kadar gider. Bu tip mutasyonların sayısının, görünebilir ve hatta öldürücü genlerden çok daha fazla olduğu zannedilmektedir.

16.3.5. NÖTRAL MUTASYONLAR

Mutasyonların pek az bir kısmı da bulunduğu bireye yaşam savaşında büyük yararlar sağlar (**Supervital Mutasyonlar**). Fakat bir kısmı da yukarıda anlatılanların dışında, en azından meydana geldiği zaman süreci içerisinde, bulunduğu canlıya ne zarar ne de yarar sağlar. Bu tip mutasyonlara da nötral mutasyonlar denir.

Son zamanlarda yapılan birçok çalışma, bazı mutasyonların fenotipik olarak herhangi bir şekilde kendilerini göstermediğini açığa çıkarmıştır. Bu tip mutasyonlar ancak protein moleküllerindeki amino asit dizilimlerinin aydınlatılmasıyla tanınabilir. Protein moleküllerindeki amino asitlerin, proteinin işlevini bozmadan zaman zaman değiştikleri bilinmektedir. Örneğin, enzimlerdeki protein zincirinin ancak pek az bir kısmının aktif bölgeleri oluşturduğu ve bu bölgelerin kimyasal olarak nadiren değiştikleri birçok çalışmayla bilinmektedir. Dolayısıyla zincirin bu aktif merkezlerinin dışındaki herhangi bir yerinde meydana gelecek amino asit değişimleri büyük sapmalara neden olmaz. Eğer enzim, kendini meydana getiren alt birimlere ayrılırsa, değişiklik anlaşılabilir. Elektroforezle amino asitlerin sırası ve miktarı saptanabilir. Bu analizlerin nasıl yapıldığı bölüm 14.10'da açıklanmıştır. Bu yöntemle en iyi hemoglobin molekülleri incelenmiştir. Amino asit değişimlerinin birçoğu bu molekülde oksijen taşınmasını engellemez.

Birçok baz değişiminin de (kodonlarda) amino asit diziliminde değişiklik meydana getirmeyeceği açıktır. Çünkü bazı amino asitler birkaç kodon tarafından kodlanmaktadır. Örneğin lösinin altı farklı kodonu vardır. Eğer bir baz CUC iken CUG olursa amino asit diziliminde herhangi bir değişiklik meydana gelmez. Çünkü bu kodların her ikisi de ayni amino asidi polipeptit zinciri içine sokar. Bu şekildeki mutasyonları biz hiçbir zaman anlayamayız. Çünkü kodon içerisindeki baz çiftlerinin analizini yapacak herhangi bir yöntem en azından şimdilik geliştirilememiştir.

Nötral mutasyonlar, mutasyon meydana gelirken canlının bulunduğu ortamda bireye bir zarar ya da yarar getirmeyebilir. Fakat yeni bir ortamda veya gelecekte, bu nötral mutasyonlar değer kazanabilir. Nötral mutasyonlar amino asit diziliminde ve evrimsel uyumun kalbi olan varyasyonların oluşumunda büyük öneme sahiptir. Birçok insanın hemoglobinindeki amino asitlerin incelenmesiyle beta zinciri içerisindeki 146 amino asidin ve alfa zinciri içerisindeki 141 amino asidin her birinin değişebildiği gösterilmiştir. Bu değişiklikler hemoglobini daha etkin veya daha az etkin yapmaz. Fakat meydana gelen varyasyonlar ilerideki bir değişikliğe uyum yapacak yeteneği kazandırabilir. Örneğin hava kirlenmesine bu şekilde bir uyum yapılabilir.

16.4. MUTASYON FREKANSI

DARWIN, fenotipte görünen mutasyonları inceledi ve bunların çok seyrek olarak ortaya çıktığını düşünerek büyük bir yanılgıya düştü. Gerçekte mutasyonlar, tahmin ettiğinden çok daha fazla olarak meydana geliyordu ve evrimin ana maddesini oluşturuyordu. Belki belirli bir genin mutasyon oranı çok düşüktü; ama çok sayıdaki gen göz önüne alınırsa toplam sayı yükselmekteydi. Kendiliğinden meydana gelen (spontane) mutasyonların frekansı(sıklığı) düşük olmasına karşın ölçülebilir. Bazı türlerde ve genlerde mutasyon meydana gelme şansı daha büyüktür. İnsanlarda spontane mutasyonların oranı $10^{-3} - 10^{-5}$ gen/döldür. İnsanda 2.3×10^4 gen olduğu düşünülürse, ortalama her insanda bir gen mutasyona uğramış demektir ve bu yönüyle ana ve babasına benzemez. Örneğin, her 32.000-40.000 kişiden birinde kanama hastalığına neden olan mutasyon (hemofili) görülür. İyi korunmuş canlılarda (midye, kabuklu yengeçler ve akrep gibi kalın kutikulalı hayvanlarda) mutajenik ışınlar derinlere işlemediği için mutasyon oranı düşüktür. Bu nedenle akrepler 400 milyon seneden beri değişmeden zamanımıza kadar gelmişlerdir.

16.4.1. MİKROORGANİZMALARDA MUTASYON ORANI

Mikroorganizmalar gen bakımından haploit olduğu için, meydana gelecek bir mutasyon fenotipte hemen görülecektir. Çünkü bu mutasyonu bastıracak baskın bir gen yoktur. Bakterilerin birçok türü bir antibiyotik olan streptomisine karşı çok duyarlıdır. Çok az miktarlarda dahi öldürücüdür. Fakat bazı durumlarda tek bir gen mutasyonu ile bu antibiyotiğe dayanıklılık kazanılır (Bölüm 3.4'e bkz!). Bu dayanıklı bakteri türleri antibiyotikle temas etmeden mutasyonlarını meydana getirmişlerdir ve

o ortamı bulunca yaşam savaşında üstünlük sağlarlar. İşte bu dayanıklı kolonilerin sayılması ile mutasyon oranı bulunabilir.

Echerichia coli'nin streptomisine dayanıklı kolonileri sayıldığında mutasyon oranı yaklaşık 4/100.000.000 olarak bulunmuştur. Yani petri kutusundaki 100 milyon koloniden ancak 4'ü dayanıklı mutasyonu meydana getirmiştir. Evrimsel seçme bu yönde olacağından bir zaman sonra ortamda yalnız bu çeşitler kalacaktır. Yani tüm insanlar devamlı streptomisin alacak olursa bir zaman sonra tüm bakteri türleri bu antibiyotiğe dayanıklı olacaktır. Nitekim son zamanlarda bazı antibiyotiklerin etkisini yitirmesi dolayısıyla yeni antibiyotik çeşitlerinin bulunması için harcanan çaba bu nedenledir.

16.4.2. DİĞER ORGANİZMALARDA MUTASYON ORANI

Tahıllardaki mutasyon oranının, döl başına, bakterilerden daha yüksek olduğu görülür. Her milyon başına bu oran 2'dir. İnsanlarda ise yukarıda değinildiği gibi daha yüksektir. Danimarka'da yapılan bir çalışmada chondrodystrophic cücelik 42/1.000.000'dir. Bu varyasyonlar için döl uzunluğunun hesaba katılması gerekir. Bakteriler için döl uzunluğu ortalama 20 dakika, tahıllar için 12 ay, insan için ise ortalama 30 (döl meydana getirme zamanı) yıldır. Her zaman biriminde meydana gelen mutasyon sayısı aynı olsa da döl verme süresinin uzunluğundan dolayı insanda, zamana bağlı olarak mutasyon sayısı yükselir (biri 20 dakika, öbürü 30 yıl mutasyon tehdidi altında kalmıştır).

Drosophila'da kısa bir zamanda çok sayıda mutasyon elde etmek mümkündür. Lethal mutasyonlar iki dölde, yani ortalama 12 gün içerisinde gözlenebilir. Bu tip genlerin oranı aşağı yukarı % 1 olarak bulunmuştur. Görünebilir mutasyonların ve daha çok miktarda ortaya çıkan zararlı mutasyonların sayısı da eklenince oran % 5'e kadar yükselir. Bu oran tüm kromozomlarda bulunan lokusları içine alır; fakat tanınamadığı için nötral mutasyonları kapsamaz. Bu orana göre her 20 gametten ve her 10 zigottan biri bir çeşit mutasyon taşır. Bu ise evrimsel açıdan oldukça büyük bir sayıdır.

Her genin mutasyon oranı değişiktir. Bu, içerdiği bazın özelliğine bağlıdır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 16.1) farklı organizmalarda bulunmuş mutasyon oranlarından bazı örnekler verilmiştir. Bu oranlar sadece çevre koşullarına göre değişimlerden ortaya çıkmış oranlardır. Yüksek enerjili ışınımlar, belirli kimyasal maddeler ve diğer fiziksel etkiler, mutasyon oranını büyük ölçüde yükseltir.

Tablo 16.1
Farklı Organizmalarda Mutasyon Oranı

Organizma	Mutasyon tipi	Frekans (birey/milyon)
Escherichia coli	Laktoz mayasına sahip olma	0.20
Escherichia coli	Streptomisine dayanıklılık	0.04
Mısır	Nişasta taneden şeker taneye değişim	2.00
Mısır	Tam danenin eksik daneye değişimi	1.00
Sirkesineği	Yabani grinin sarı renge değişimi	110.00
Sirkesineği	Yabani grinin abanoz renge değişimi	20.00
İnsan	Chondrodystrophic cücelik	42.00
İnsan	Tümörlü retina meydana getirme	23.00
İnsan	Albinizm (akşınlık)	28.00
İnsan	Hemofili (kanama hastalığı)	32.00

İnsanda yaklaşık 100.000 kadar genin olduğu varsayılmakta ve bunlardan 7000'inin heterozigot olduğu (varyasyon gösterdiği) kabul edilmektedir. Diğerleri muhtemelen kararlı yapı kazanmış olabilir. Heterozigotluk oranı/gen sayısına göre, heterozigotlu, değişik canlılarda şöyledir:

Organizma	Toplam Gen Sayısı (% olarak)
Omurgasızlarda	% 13
Omurgalılarda	% 6
Bitkilerde	% 17
Memelilerde	% 5
Sürüngenlerde	% 5
Kuşlarda	% 4
Amfibilerde	% 8
Balıklarda	% 8
Salyangozlarda	% 24
Sirkesineğinde	% 15
Diğer böceklerde	% 15
İnsanda	% 7

17. BÖLÜM

VARYASYONLAR (= Çeşitlenme) ve MODİFİKASYONLAR

Bitki ve hayvanlarda aynı türe bağlı bireyler arasında çiftleşme olmasına kar şın, hepsi birbirine benzer bireylerden oluşmamıştır. Aralarında kalıtsal olmayan "Modifikasyon" ve kalıtsal olan "Varyasyon" denen farklılıklar vardır. Bu nedenle bir türü tanımlarken gösterdiği değişikliklerin sınırını, "Varyasyon Genişliği" ni belirtmek zorundayız. Her tür bu değişiklikleri farklı boyutlarda gösterir. Canlılarda varyasyonları (çeşitlenmeyi) meydana getiren birçok düzenek vardır. Fakat ilk olarak kalıtsal olmayan ve evrimde de büyük öneme sahip olmayan değişiklikleri yani modifikasyonları kısaca inceleyelim.

17.1. MODİFİKASYONLAR

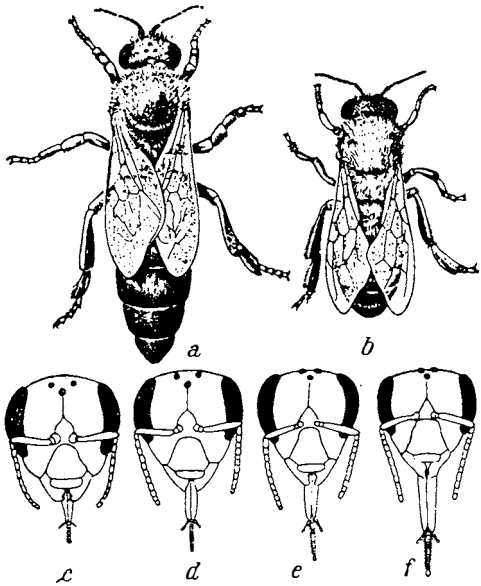
Bütün biyolojik bünyeler dış koşulların etkisiyle belirli sınırlar içinde kalmak kaydı ile farklılaşmalar gösterir. Biz buna "Modifikasyon" diyoruz.

En belirgin örneğini arı ve karıncalıların kraliçesi ile işçileri arasında görüyoruz. Her iki sınıfa ait bireyler benzer yumurtalardan (döllenmiş yumurtalardan) meydana geldiği halde, göze içerisinde, larva iken farklı beslenmelerinden dolayı, gerek vücut şekli gerekse davranışları bakımından tamamen farklı olurlar. Burada etki eden faktör, daha doğrusu modüle eden tek etken besindir (Şekil 17.1).

Bu kadar kuvvetli modifikasyona hayvanlar aleminde az rastlanılır. Aynı yumurta ikizlerinde kalıtsal materyal aynı olmasına karşın, hiçbir zaman birbirlerine tam benzemezler. Çünkü çevre koşullarının her iki bireye aynı derecede etki etmesi olanaksızdır.

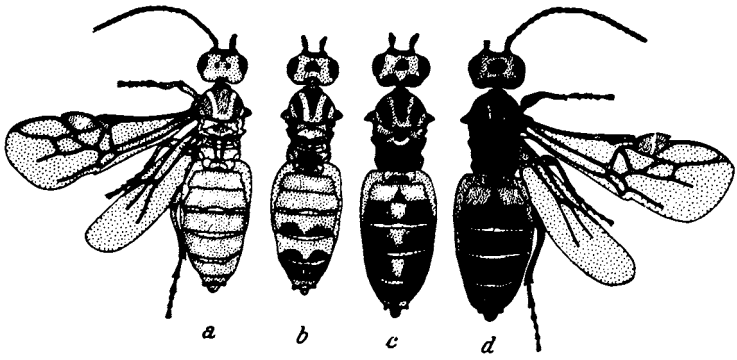
Modifiye eden dış koşullar, besin, sıcaklık, nemlilik ve diğer işlevsel gereksinimler olabilir.

Bir özelliğin modifikasyonu iki uç değer arasında geçişli olabilir. Örneğin, bir vücudun ya da organın uzunluğu, renk oluşumu, bazen desenlerin minimal ve maksimal değerler arasında kademe kademe değişimi vs. Biz bu tip modifikasyona "Geçişli veya Kademeli Modifikasyon" diyoruz.



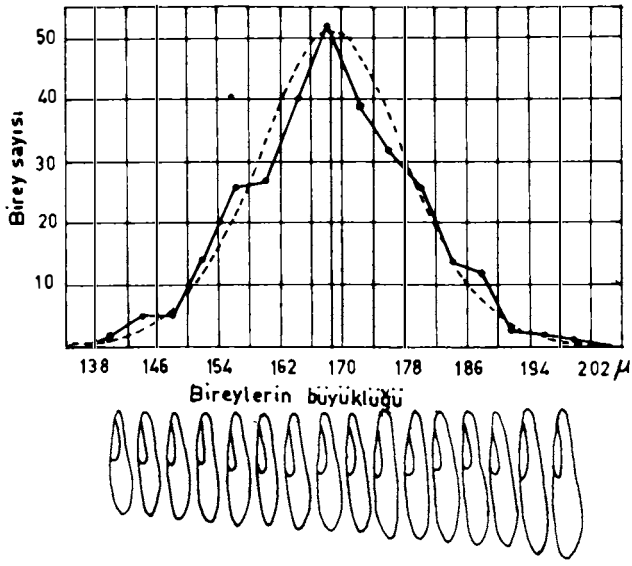
Şekil 17.1
Balarılarında beslenmeye bağlı olarak farklılaşmalar ortaya çıkar. a) Kraliçe, b) İşçi, c - f) Başların önden görünümü, c) Kraliçe, f) İşçi, d ve e) Farklı sürelerle beslenmiş, kraliçe ve işçi arasındaki ara formlar (Kühn'den).

Habrobracon juglandis adlı bir arıda renk oluşumu sıcaklığa bağımlı olarak meydana gelir (Şekil 17.2). Eğer hayvan yüksek sıcaklıkta büyütülürse renk açık olur, orta sıcaklıklarda ise baş, göğüs ve karın gibi belirli bölgelerde sıcaklığa bağlı olarak az ya da çok siyah lekeler ortaya çıkar. En düşük sıcaklıkta (hayvanın gelişebileceği) renk tamamen siyah olur. Keza vücut büyüklükleri sıcaklık arttıkça küçülür.



Şekil 17.2: *Habrobracon juglandis*'in sıcaklık etkisiyle pigmentlenmesinde meydana gelen modifikasyon. a) 35°C'de, b) 30°C'de, c) 20°C'de ve d) 16°C'de yetiştirilen hayvan (Schlottke'den).

Kalıtsal materyali aynı olan bir sürü birey aynı yetişme ortamında dahi yine farklılıklar gösterir (Şekil 17.3). Çünkü yetişme koşulları hiçbir zaman tamamen aynı değildir. Örneğin, bir *Paramecium* bireyi bir kültür içinde üretilecek olursa kalıtsal materyali aynı olan bir koloni meydana gelir. Fakat bu bireyler incelendiğinde maksimum (en fazla) ve minimum (en az) değer arasında boy bakımından birçok kademeler gösterirler. Fakat hiçbir zaman minimum değerin altında ya da maksimum değe-



Şekil 17.3:
Bir kültürde üretilen *Paramecium*'un modifikasyonu. Tüm bireyler tek bir atadan meydana gelmiştir.

rin üstünde bireylere rastlanamaz. İşte hayvanlar aleminde bu iki uç değerin arasındaki esnek hareket alanına "R e a k s i y o n N o r m u" denir ve hayvanın kalıtsal yapısıyla bu reaksiyon normunun (tepkime sınırı) tabanı ve tavanı sınırlanır. Örneğin bir insan ne kadar uygun koşullarda büyütülürse büyütülsün, ne kadar iyi beslenirse beslensin ortalama 180-200 cm.'in üzerine çıkamaz. Çünkü reaksiyon normunun tavanı ile bu sınırlanmıştır. Bu şekildeki değişik varyasyonel bir kolonide bireylerin çoğu orta değere yakındır. Orta değerin üzerindekilere "A r t ı S a p m a l a r" altındakilere de "E k s i S a p m a l a r" denir. En uç değerler kolonide en az bulunurlar. Biz bu bireyleri boylarına göre sıralayacak olursak iki uç değer arasında çan şeklinde bir eğri çıkar, bu eğriye **Modifikasyon Eğrisi** veya **Gaussun Olasılık Eğrisi** bazen de **Rastgele Eğrisi (Binominal Eğrisi)** denir (Şekil 17.3). Olasılık eğrisinin üzerindeki modifikasyonların dağılımı farklıdır. Aynı organizmada, bazı çevre koşullarının, bazı organların gelişimini engellerken bazılarının gelişimini hızlandırdığı görülmektedir. Vücut üzerindeki birçok özellik birbirlerine bağlı olmadan gelişerek tam bir kombinasyon meydana getirirler. Çevre koşullarının bireyler üzerine aynı derecede etki etmesi kuramsal olarak mümkün olmadığından, bireylerin benzeme oranı yok denecek kadar azdır.

Bazı hayvan ve bitkilerde modifikasyon kademeler şeklinde geçişli olmayabilir. Değişen çevre koşullarına göre ya böyledir ya da öyle, herhangi bir geçiş formu görülmez. Biz buna "A l t e r n a t i f M o d i f i k a s y o n" diyoruz. Bitkilerin birçoğunda bu modifikasyon çeşidine rastlanır. Çin ilkbaharçiçeğinin (ya da çuhaçiçeği) (*Primula sinensis*) rengi sıcaklığa bağlıdır. 30°C'nin altında bitki kırmızı çiçek açar. Fakat tomurcuk açmadan, serada 30-35°C'lik bir sıcaklıkta 5-8 gün tutulursa çiçekler beyaz olur.

Reaksiyon normunun sınırları arasında, dış koşullarla belirlenen modifikasyonlar ve bununla ilgili olarak kazanılmış özelliklerin kalıtımı (atadan yavru bireylere geçiş) hiçbir zaman kesin olarak gösterilememiştir.

17.1.1. TOPRAK VE İKLİM KOŞULLARININ NEDEN OLDUĞU DEĞİŞİKLİKLER

Bitkilerin büyüme hızı, büyüklüğü ve üreme gücü çoğunluk bulunduğu çevrenin koşullarına bağlılık gösterir. Çevre koşullarının etkisi transplantasyon (aşılama ve çelikleme) denemeleri ile çalışılmıştır. Bir bitkinin parçalanmasıyla aynı yaşta ve aynı kalıtsal yapıda birçok çelik elde edilebilir. Bu çeliklerin (hepsi aynı bireyden alınmış) hepsine birden klon denir. Bu çelikler aynı yerde farklı ortamlarda veya değişik yörelerde yetiştirildiğinde, çevre koşullarına bağlı olarak değişik büyüme durumları gösterir. Örneğin yüksek rakımlarda, zayıf topraklarda küçük yapraklı, kısa boylu bitkiler meydana gelmesine karşın; düşük rakımlarda ve zengin topraklarda büyük yapraklı ve büyük boylu bitkiler meydana gelir (Şekil 17.4).



Şekil 17.4:

Farklı yüksekliklerde yetişmiş
"a) Deniz kenarında,
b) Orta yükseklikte,
c) Yüksek dağda"
Gentiana campestris'in büyüklük farkları (Kühn'den).

17.1.2. MEKANİK ETKENLERİN NEDEN OLDUĞU DEĞİŞİKLİKLER

İstiridye (*Ostrea*) yapıştığı yere göre değişik kabuk şekli gösterir (Şekil 17.5). Bağlandığı yerin durumuna göre aynı tür içerisinde çok değişik şekiller görülür. Keza insanlarda da yapılan işin durumuna göre vücudun değişik kısımları diğerlerine göre daha fazla gelişir. Oduncunun kollarının, hamalın belinin, bisikletcinin ayaklarının gelişmesi gibi.



Şekil 17.5: Sessil *Bivalvia*'lar: Midyeler byssus iplikçikleriyle; istiridyeler sağ kabuklarıyla bağlanmıştır. 1. Byssus iplikçiği, 2. Sağ kabuk (V.-W.- Barnes'den).

17.1.3. BESİN ETKENİNİN NEDEN OLDUĞU DEĞİŞİKLİKLER

Gerek insanda, gerek hayvanlarda ve gerekse bitkilerde verilen besin maddelerinin miktar ve niteliğine göre değişik büyüklükte vücut şekillerinin ortaya çıktığı bilinmektedir (Şekil 17.1). Örneğin alınan protein, vitamin, karbonhidrat ve yağ miktarına göre değişik gelişim olayları izlenmektedir. Fakat tüm bu anlattıklarımız bireye özgüdür ve kalıtsal değildir.

17.2. KALITSAL DEĞİŞİKLİKLER

İlk defa MENDEL tarafından, bazı ıraların kalıtsal olduğu saptanmış ve bunların kalıtımı "M e n d e l Y a s a l a r ı" ile belirli bir ilkeye bağlanmıştır. Modifikasyonlardan farklı olarak bu değişiklikler ve özellikler genler tarafından saptanır ve meydana getirdiği döllere kalıtılır.

17.2.1. MUTASYONLARLA MEYDANA GELEN VARYASYONLAR

Bunlar gen (nokta) mutasyonları, kromozom yapısının ve sayısının değişmeleri olarak tanımlanır. Bu konuda daha geniş bilgi Bölüm 15 ve 16'da verilmiştir.

17.2.2. REKOMBİNASYONLAR İLE MEYDANA GELEN VARYASYONLAR

Tüm organizmalar ilke olarak iki atalıdır ve taşıdıkları her kromozom çiftinin ve keza buna bağlı olarak her gen çiftinin biri anadan biri babadan gelir. Gametler meydana getirilirken bu kromozomlar birbirinden ayrılır (kalıtım kısmındaki ayrışıma bkz!). Yumurta ile sperma bu kromozomlardan, dolayısıyla genlerden ancak birini taşır. Bu ayrışım tamamen rastlantıya göre olur. Zigot meydana geldiği zaman yeni bir kombinasyon ortaya çıkar. Örneğin bezelyelerde olduğu gibi buruşuk ve sarı bir tohumun gametleri ile düz ve yeşil bir tohumun gametleri buruşuk ve yeşil, düz ve sarı bileşimi, yani yeni bir kombinasyonu meydana getirebilir. Gen bakımından

homozigot olanlarda bu varyasyon çeşidi görülmez. Ancak mutasyonlar değişiklik meydana getirebilir. Örneğin bir bireyde meydana gelecek 10 mutasyon, eşeysiz üremelerde, yani rekambinasyon olmaksızın, yavruların 10 özellik bakımından atalarından farklı olmasını sağlar. Fakat bir türde meydana gelecek 10 mutasyon, eşeyli çoğalma, yani rekambinasyonla $2^{10} = 1024$ değişik yeniliğin ortaya çıkmasına neden olur. Bu farklılaşma ise evrimde seçeneklerin çoğaltılması bakımından çok büyük öneme sahiptir. İşte bu nedenle canlılar arasında bir eşey ayırımı ortaya çıkmıştır.

17.2.3. KROSSİNG-OVERLE MEYDANA GELEN VARYASYONLAR

Burada homolog kromozomlar arasında tekli veya çiftli parça değişimi söz konusudur (daha geniş bilgi için kalıtım kısmına bkz.!). Değişen bu parçalar kromozomlara yeni gen kombinasyonları vereceği için yavrularda, ana ve babada olmayan özelliklerin ortaya çıkmasına neden olacaktır.

17.2.4 KONJUGASYON

Bazı bakteri hücrelerinin yan yana gelerek aralarında oluşturdukları sitoplazma köprüsünden geçen kromozom zincirinin bir kısmının diğerine eklenmesiyle meydana gelir (Şekil 4.4). Geçen zincirin uzunluğu rastlantıya bağlıdır. Üzerinde taşıdığı DNA kombinasyonları ile girdiği bireyde yeni özelliklerin ortaya çıkmasına neden olur (daha geniş bilgi için kalıtım konusuna ve eşeyselliğin evrimine bkz.!).

17.2.5. TRANSDÜKSİYON

Verici hücrenin üzerindeki kalıtsal bilginin bir bakteriyofaj tarafından diğer bir bakteriye iletilmesine denir (Bölüm 4, Şekil 4.3'e bkz.!). Bakteri içerisinde en az belirli bir süre kommensal yaşam süren bakteriyofajlar ve belki daha yüksek organizmaların hücreleri içinde kommensal yaşayan virüsler bu yeni özelliklerin ortaya çıkmasına neden olur (daha geniş bilgi için kalıtım konusuna ve 4. Bölüm ile 28.3.2'e bkz.!).

17.2.6. TRANSFORMASYON

Bakteri gruplarında gözlenmiştir. Yakın gruplarda ve en çok da aynı türün bireyleri arasında meydana gelir. Bir bakterinin ortama verdiği DNA diğer biri tarafından alınarak kromozom zincirine eklenebilir. Bu alınma çoğunluk fagositozla veya benzer şekillerde olur. Bu yolla eklenen DNA, bireye yeni özellikler kazandırır.

18. BÖLÜM

UYUM (ADAPTASYON)

Bu başlık altında evrimdeki tüm düzenek ve işleyişleri incelemek mümkündür. Evrimin mutasyonlardan sonra ikinci en büyük kaynağı olarak değerlendirilir. Bundan sonraki kısımda inceleyeceğimiz doğal seçme, eşeysel seçme ve üremeye uyum, tür oluşumu, evrimde şansın rolü adlı bölümlerdeki işlevlerin sonucu olarak ortaya çıkar. Belki uyum başlığı altında bu düzenekleri de incelememiz mümkündü. Fakat konuyu daha anlaşılır duruma getirebiliriz ümidiyle uyumu (adaptasyonu) ayrı bir başlık altında vermeyi öngördük. Gerçekte bu bölüm okunurken, bundan sonraki bölümlerin de gözönüne alınması zorunludur. Çünkü bu bölüm, bundan sonraki anlatılan bölümlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Uyum konusunu tam anlamıyla herhangi bir yazıda ve kitapta toplamak olanaksız görülmektedir. Çünkü canlılardaki her özellik bir uyumun sonucudur. Canlılardaki her özelliğin evrimsel gelişimini bir arada değerlendirmemiz olanaksızdır. Bu nedenle uyum konusunda sayın hocam Ord. Prof. Dr. CURT KOSSWIG'in ve Prof. Dr. ATIF ŞENGÜL'ün yazmış olduğu Genel Zooloji (1960)'deki Uyum (= İntibak = Adaptasyon) kısmını özelleştirerek, kısmen değiştererek ve yeni örneklerle zenginleştirerek vermeyi yeterli buldum.

Uyum dendiği zaman bir canlının belirli bir ortam içerisinde, yani belirli biyolojik, kimyasal ve fiziksel koşulları olan ortamda yaşamasını olası kılan yetenek ve özelliklerin tümü birden anlaşılır. Bir canlının içinde yaşadığı ortamda hüküm süren koşullar sürekli aynı değildir. Gece ve gündüz; mevsimler arasındaki farklardan başka, ortam içinde yaşayan canlılar ve diğer faktörler bu koşulların belirli bir ortalama değer etrafında değişmesine neden olur. Dünya üzerinde yer yer değişen ortam koşullarına uygun olarak birçok yaşam alanları (biyotop) oluşmuştur. Bu ortamlara uyum yapan canlıların farklılığı çok defa bizim tarafımızdan da kolayca gözlenebilir. Aynı biyotop içerisinde akraba olmayan canlılar arasında aynı koşullara uyumdan dolayı o kadar yakın yapısal benzerlikler ortaya çıkar ki, doğal sınıflandırmada bu farklı canlı grupları yakın akrabaymış gibi görünür (konvergent açılıma bkz.!). Belirli bir biyotopta yaşayan tüm bitki ve hayvan topluluklarına yaşama birliği "B i y o s o n ö z" denir. Biyosonözdeki canlıların tümünün birbirleriyle ya doğrudan doğruya ya da dolaylı olarak ilişkileri vardır. Bir biyotopta yaşayan canlıların sayısı önce-

likle (primer) kendibeslek (autotrof) canlıların miktarına bağlıdır. O halde hayvanların sayısı üzerinde birinci derecede etken olan faktör yeşil bitkiler tarafından meydana getirilen maddelerdir. Bitkilerle beslenenler diğer yırtıcı hayvanların ilkin besinidir. Yırtıcı hayvanlar üzerinde yaşayan parazitler de dolaylı olarak bitkilere bağımlıdır. Biyotopun ölen canlıları bakteriler aracılığıyla parçalanır ve yeniden anorganik maddelere dönüştürülür. Daha sonra yeniden kendibeslek canlıların metabolizmasına girer. Bir biyosonöz diğer komşu biyosonözlerle belirli bir alışverişte bulunabilir. Bazı hallerde bir biyosonözün yaşaması diğer biyosonözde meydana getirilen organik maddelere bağımlıdır. Örneğin mağarada yaşayan canlıların birçoğu, dışarıda beslenen ve pisliklerini mağaraya bırakan canlılara ya da dışarıda oluşmuş organik maddeleri mağaraya sürükleyen yeraltı sularına bağımlıdır. Bir biyosonözde yaşayan canlıların sayısı arasında belirli bir denge vardır. Yaşam koşulları uygun giderse ona bağlı hayvanların, daha sonra yırtıcıların sayısı artar vs. Kıtlık, canlı sayısının azalmasına, en önemlisi göç etmesine neden olur. Sonuç olarak biyosonöz bir canlılar birliği oluşturur. Aralarındaki mücadeleye karşın, dış koşulların uygun olması halinde uzun zaman dengede kalır; bozulursa bir zaman sonra tekrar bu denge oluşabilir.

18.1. DIŞ ETKİLERİN SINIRLADIĞI DEĞİŞİKLİKLER

Dış koşullar bir biyosonözün içindeki hayvanlar için bile aynı değildir. Örneğin aynı havuzda yaşayan terliksi hayvanların farklı oluşları (modifikasyon) gibi. Her canlı grubunun aynı uyarıya göstereceği tepki de gelişmişlik ve organizasyon düzeyine göre farklı olacaktır. Bu da bir noktada ekolojik toleransları ortaya çıkaracaktır.

Aynı şekilde uzun zaman devam eden periyodik değişiklikler karşısında da yine değişik davranırlar. Örneğin kışın havuz donduğunda kurbağalar çamura gömülür; terliksi hayvanlar durgun hale (kist haline) geçerler; su kınkanatlıları ise yumurta halinde ya da metabolizmalarının en aza indiği bir fazda (diyapoz) geçirirler. Buraya kadar anlatılanlar canlıların uyum şekillerinin basit olarak bir başlık altında açıklanamayacağını göstermektedir. Ancak canlıların gözlenmiş kendine özgü bazı davranışlarını birkaç örnekle, bulunduğu biyosonözü gözönüne almadan açıklamak mümkündür.

18.1.1. KOŞULLANDIRMA

Bir hayvan türüne ait bireylerin aynı dış koşullara tıpa tıp aynı tepkiyi göstermediği bilinmektedir. Ayrıca tepkinin niteliği ve niceliği, o anda canlının bulunduğu fizyolojik duruma da bağlıdır. Örneğin bir hayvan, aç veya tok olmasına, üreme zamanında bulunup bulunmamasına göre değişik tepki gösterir. Aynı canlı üzerinde aynı uyarının tekrarlanması her zaman aynı tepkimenin gösterilmesine neden olmayabilir. Daha önce yapılan uyarıların, hayvanın merkezi sinir sisteminde bıraktığı engram, tepkilerin değişik olmasına neden olabilir **(Koşullandırma)**.

Devamlı ve değişken dış koşullara, uygun tepkimeleri gösterenler (doğal seçme) dölünü devam ettirir. Bunlar yaşamaları için uygun fizyolojik ve yapısal uyum

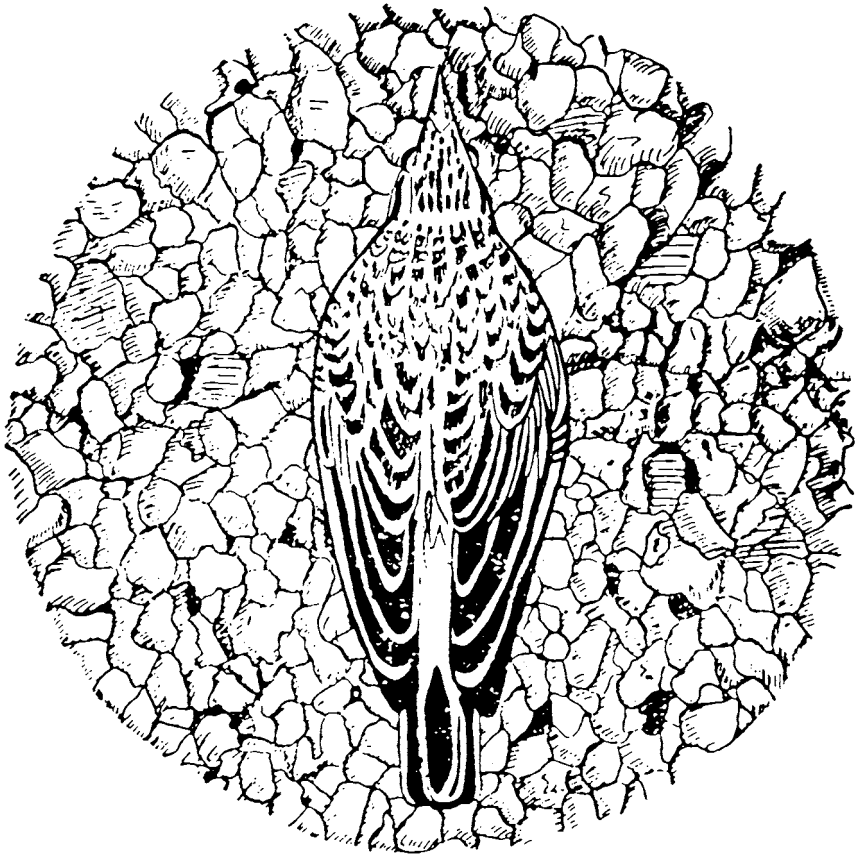
içinde bulunuyor izlenimi bırakırlar ve böylece soylarını korumuş olurlar. Bu uyum yeteneği, ortamın ani değişikliklerine karşı hem özvarlığını korumak için uygun tepkimelerin gösterilmesine hem de farklılaşarak ortamdaki uzun süreli değişikliklere (bireyin yaşam süresinden daha uzun) yanıt verilmesine neden olur ve böylece çeşitlemeler ortaya çıkar.

18.2. KALITSAL YAPININ UYUMDAKİ SINIRLAYICI ÖZELLİĞİ

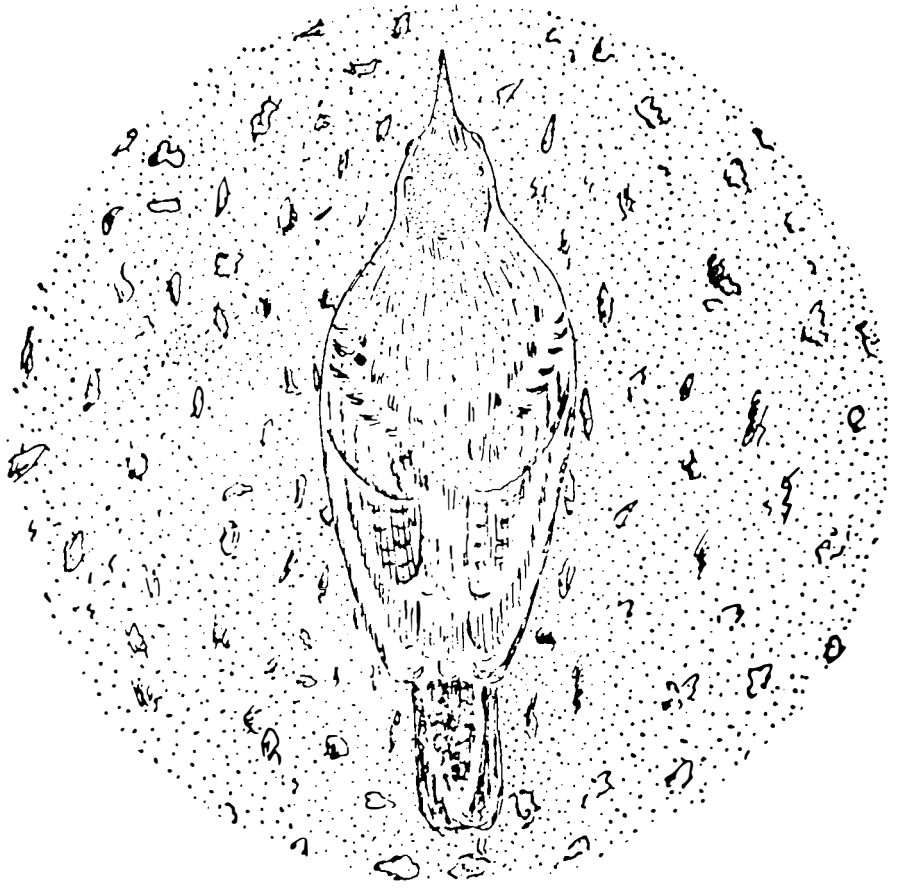
Belirli refleks ve içgüdüler, canlının bazı koşullar altında yaşamını tehdit eden tehlikelere karşı, kendini korumasını sağlar. Örneğin, bir dişi kelebek, yumurtalarını uygun bitkiler üzerine koyma içgüdüsünü yitirmişse, o zaman çıkan tırtılın üzerinde besleneceği bitkiyi tanıma içgüdüsü gelişmiştir.

18.2.1. KAÇMA

En yaygın içgüdülerden birisi tehlikenin kaynağını araştırmadan kaçma içgüdüsüdür. Hayvan, kaçış sırasında biyotopunu yitirirse, diğer bir içgüdüyle tekrar biyotopunu bulabilir. Güneybatı Afrika'daki çöllerde birçok tarla kuşu yaşar. Çöl kısmen



Şekil 18.1: *Mirafra* (tarla kuşu), güney batı Afrika çöllerinin çakıllı bölgesinde yaşar (Kosswig'den).

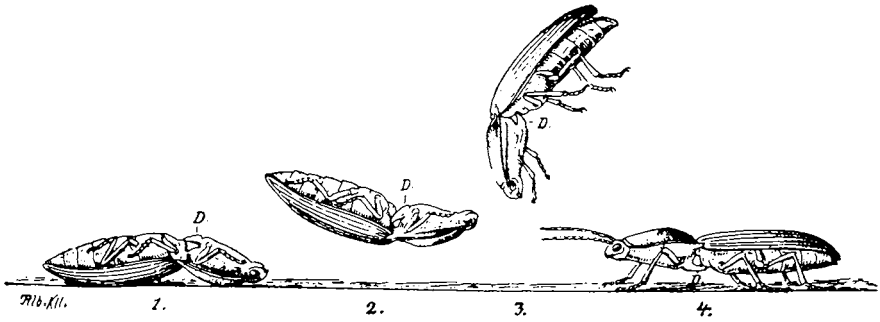


Şekil 18.2: *Pseudammomanes* (tarla kuşu) güney batı Afrika çöllerinin kızıl kumları üzerinde yaşar (Kosswig'den).

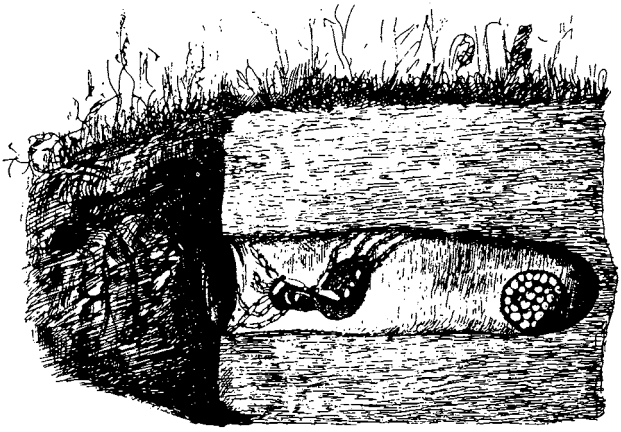
kırmızı, kısmen siyah, kısmen de boz renkli kumlarla kaplıdır. Bu renklenmeler çölde bölge bölge bazı desenleri meydana getirirler. Burada yaşayan kuşlar şaşılacak derecede arazinin yapısına uymuşlardır. Kırmızı renkli tarla kuşları yalnız kırmızı, boz renkli kuşlar da gri taşlı çöl bölgelerinde bulunur. Bulundukları ortamdan kovulan bu kuşlar, farklı renkli bir bölgenin sınırına girince, değişikliği hemen farkederek geri dönerler ve homokrom (renkuyumlu) bölgelerine dönmeye çalışırlar (Şekil 18.1 ve 2).

18.2.2. ÖLÜ TAKLİDİ VE KORKUTMA RENKLERİ

Hareket yetenekleri az olan hayvanlarda çok defa kendilerini ölü gibi gösterme refleksi vardır. Tehlike anında bulundukları yerden düşer, üyelerini çeker ve hareketsiz kalırlar. Bazı mikrolepidopter ve kınkanatlılar *(Elateridae)* kendilerini ölü gibi gösterme ile alışılmamış bir korkutma tepkimesi yaratıp düşmanlarından kurtulurlar **(Akinase)** (Şekil 18.3). Görünüşte cansız gibi sırtüstü yatan böcek, özel bir yapı ara-



Şekil 18.3: Bir *Elaterid* (kınkanatlı)'in ölmüş gibi durum alması (1), ani bir hareket (2 ve 3) ile normal duruma (4) dönmesi (Schmeil'den).



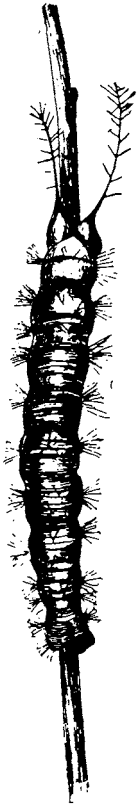
Şekil 18.4: Oyuğunu ağ materiyelinden yapılmış bir tıkaç ile kapatan *Nemesia* (örümcek) (Hesse-Doflein'dan).



Şekil 18.5: Abdomeninin sonu ile oyuğunu kapatan *Cyclosomia* (örümcek) (Hesse-Doflein'dan).

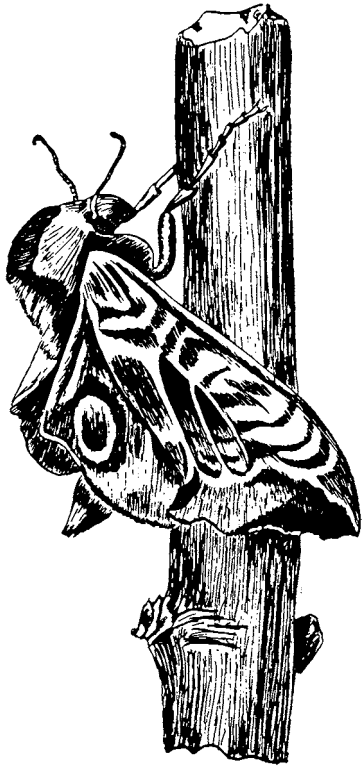
cılığıyla 20-30 cm. kadar havaya doğru sıçrayarak hızla koşmaya başlar. Bu tepkime ile düşmanını şaşırtır ve kaçarak kurtulur.

Diğer hallerde kaçma içgüdüsü, düşmanın şaşırtılmasına bağlıdır. Bazı örümcekler hızla yuvalarına girerek, deliği ağ ipliğinden yapılmış bir tıkaçla (Şekil 18.4); bazıları sertleşmiş ve bir plaka şekline dönüşmüş abdomenlerinin son kısmıyla kapatırlar (Şekil 18.5).



Şekil 18.6:

Catagramma (kelebek) tırtılının zehirli kılları ve renkli korkutucu çıkıntıları (Hanstein'dan).

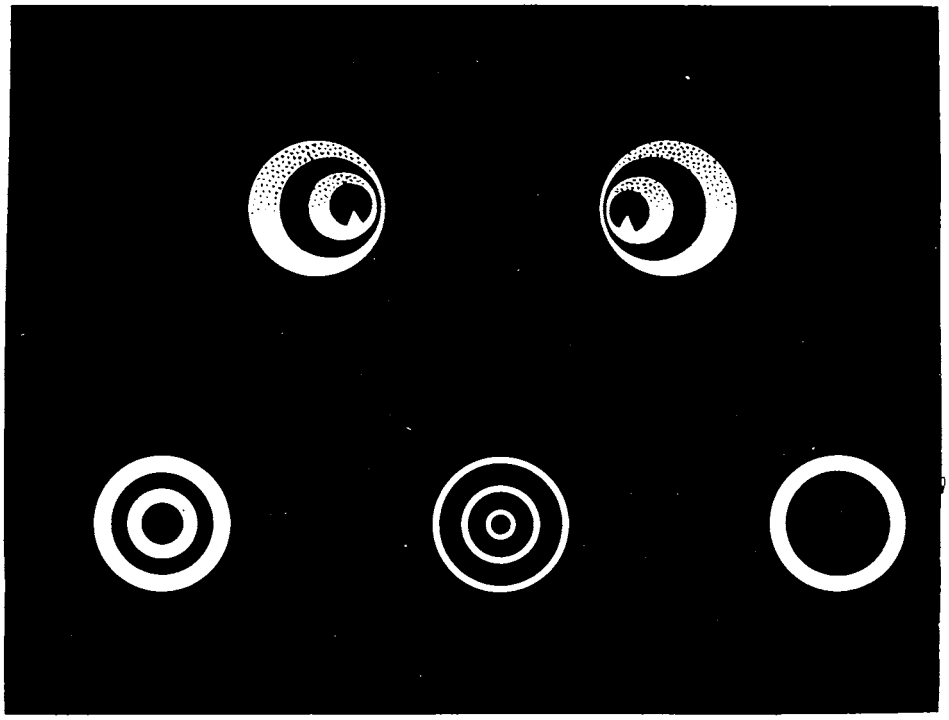


Şekil 18.7:

Smerinthus (kelebek)'un arka kanatlarını kaldırmak suretiyle aldığı korkutma durumu (Hesse-Doflein'dan).

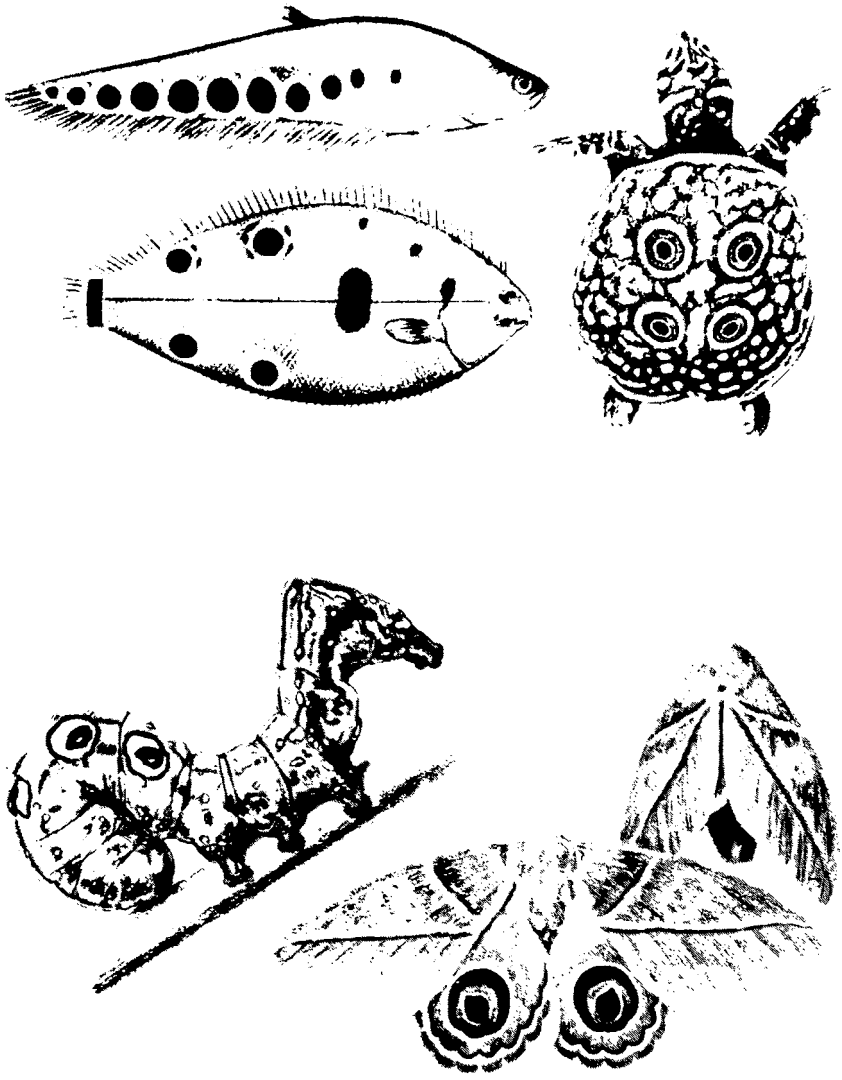
Korkutma, az hareketli hayvanlarda çok görülen bir tepkime şeklidir. Kelebek tırtılları uyarıldıkları zaman vücutlarından çok parlak renkli tüyleri dışarıya uzatırlar (Şekil 18.6). Bazı gece kelebeklerinin ön kanadı, gündüz üzerinde bulunduğu ağacın renk ve desenini almıştır (Şekil 18.7). Tehlike anında, normal olarak ön kanadın altında bulunan arka kanat dışarıya çıkarılır. Alt kanat genellikle parlak renklidir ve üzerinde korkutucu desenler bulunur. Çoğunluk kırmızı bir zemin üzerinde göz veya ona benzer desenler vardır (Şekil 18.8). Göz lekesi birçok hayvanda bulunur (deniz balıklarının bir kısmında, kaplumbağaların bazılarında, kuşlarda ve birçok böcekte) (Şekil

18.9). Göz lekesinden korkma hayvanlarda ortak bir özelliktir. Daha doğrusu iç içe geçmiş konsantrik çemberler canlıların çoğunda panik yaratır. Bu, belki bir canlının varlığını, bir gözün kendisini izlediğini uyandırdığı içindir. Nitekim insanların birbirinin gözüne uzun zaman bakamamalarının kökeni de bu duygudan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle birçok canlı grubunda korkutma deseni olarak göz lekeleri bulunur.



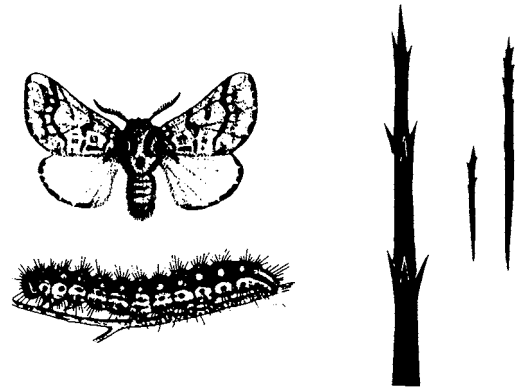
Şekil 18.8: Yukarıda gösterilen göz şekilleri çeşitli hayvanlar tarafından desen olarak kullanılmaktadır. Böylece bu desenler bir yırtıcı ve tehlikeli canlı varlığının izlenimini yaratarak avcının korkutulmasına neden olur (Wickler'den).

Bazı hayvanlar tehlike esnasında zehir veya korkutucu sıvılar çıkarırlar. *Procerus* cinsinden büyük koşucu kınkanatlılar son bağırsaklarından tahriş edici bir zehir çıkarırlar. Bazı amfibiler bu zehiri deri bezlerinden çıkarırlar. Zehirli yılanlarda zehir dişiyle açılan yara içine zehir boşaltılır. Birçok kelebek tırtılında zehirli kıllar (tüyler) vardır. Bunlar çengel uçlu olduklarından düşmana saplanırlar (Şekil 18.10). Mekanik olarak da tahriş ederek, düşmanın o yeri oğuşturmasına ve zehirin iyice etki etmesine neden olur. Zehirli hayvanların çok renkli oluşları dikkati çeken bir olaydır. Sıcak memleketlerin zehirli yılanları çok defa siyah ve kırmızı halkalıdır. Küçük hayvanlar için zehirli olan kara semenderleri *(Salamandra salamandra)* parlak siyah zemin üstünde sarı beneklidir (Şekil 18.11). Böyle çok renkli oluşu tehlike işareti olarak kabul edilir. Göze çarpacak kadar çok renkli oluş ise, saldırana ve önceden bunun acısını bir kere daha tatmış olan düşmana yeniden aynı türün zehirli bir bireyi ile karşı karşıya olduğunu hatırlatmak içindir. Diğer bir düşünceye göre de zehirli



Şekil 18.9: Göz desenlerini etkili bir şekilde taşıyan iki balık (üstte Hindistan'da yaşayan bir tatlısu balığı, *Notopterus chitala;* altta *Monochirus guadriocellatus* denen bir dilbalığıdır). Sağda ise Burma'da yaşayan yumuşak bağalı bir kaplumbağa *(Trionyx burum)*'dır. En alttakiler bir kelebek tırtılındaki ve bir kelebeğin kanadındaki göz beneklerini göstermektedir (Wickler'den).

hayvanın parlak renkleri düşmana tehlike işareti vermek için meydana gelmemiştir. Çünkü hayvan zaten zehiriyle kendini koruyabilecek durumdadır. Hareket yeteneği az olan bazı hayvanlarda, örneğin balıklardan *Diodon maculatus*'da sertleşmiş dikenli bir dış iskelet vardır (Şekil 18.12).



Şekil 18.10:

Thaumetopoea pinivora'nın ergini, larvası ve tüyleri. Büyük tüyler zehirsiz, küçükler zehirlidir. (Jacobs ve Renner'den).

18.2.3. ORGAN ATMA

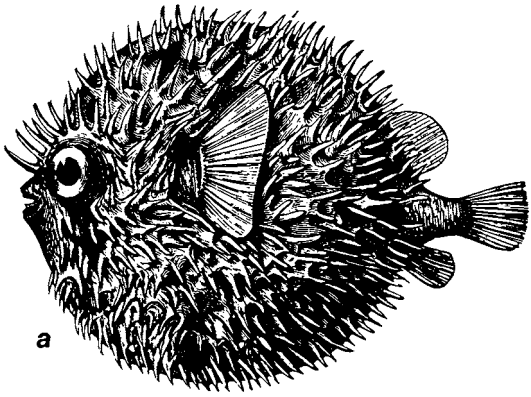
Bazı hayvanların belirli organlarını hafif bir uyarı üzerine koparark atmalarına "A u t o t o m i" denir (Şekil 18.13). Örneğin birçok yengeçte bacakların atılması gibi. Autotomik organların kopacakları yer önceden saptanmıştır; bu yer genellikle incelmiştir. Kopma, çoğunluk düşmanın mekanik etkisiyle olmaz, bizzat hayvanın kendi sinirleri aracılığıyla gelen bir uyarı sonucunda gerçekleşir. Kopan kısımdan itibaren tekrar yenilenirler. Örneğin kertenkelelerdeki kuyruğun yenilenmesi gibi (Yaşamın Temel Kuralları I. cilt, Yenilenme = Rejenerasyon kısmına bkz.!).

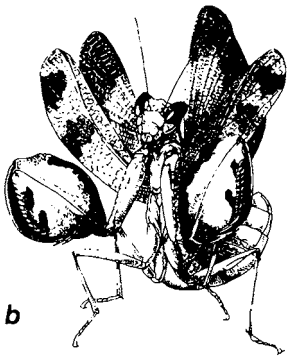
18.2.4. RENKLE ORTAMA UYUM

Renklerin ortama uydurulması (H o m o k r o m i) birçok canlı grubunda vardır. Örneğin ağaçlarda yaşayan birçok hayvan yeşil renklidir. Yeşil renkli ağaç kurbağaları *(Hyla arborea)*, ağaç çekirgeleri *(Acrometapa* gibi), ağaç salyangozları, bitki bitleri, ağaç yılanları bunlara tipik örneklerdir. Buradaki yeşil renk tipik bir daralan evrim (konvergent evrim) modelidir. Değişik hayvan grupları farklı düzeneklerle benzer uyumları yapmıştır. Sürünücü yeşil renkli hayvanlarda değişik renkli kromatoforların kendine özgü bir şekilde dizilmesiyle yeşil renk ortaya çıkmıştır. Kromatoforların içinde bulunan pigmentlere göre, karotin içerenler sarı renkli lipoforları, melanin içerenler siyah renkli melanoforları, pırıldayan guanin kristalleri içerenler de guanoforları yaparlar. Yeşil renkli ağaç böceklerinde, hemolenf içinde veya belirli vücut hücrelerinde toplanmış olan mavi sarı renkli pigmentler beraberce yeşil rengi meydana getirirler. Değişik hayvan gruplarında bu maddelerin kimyasal yapılışı birbirinden çok farklıdır. Mavi pigment bir safra maddesi ya da bitkilerdeki antosiyanine benzeyen bir madde olabilir. Sarı pigment, ya bir karotin ya karotin protein bileşimi ya da suda eriyen bir protein vs.dir. Bu böceklerde, homokromi, yeşil rengini hiç değiştirememesinden dolayı, çöl tarla kuşlarında olduğu gibi, daima uygun (kendi rengine uyumlu) ortamda bulunmasıyla oluşur (Şekil 18.1, 2 ve 27). Böceklerde ortama uyum, larvalarda da görülür. Hem larva hem ergin halinde esmer ve yeşil fazları olan birçok çekirge türü vardır. Yapılan incelemeler, yeşil bir larvadan son deri değiştirilmesi ile esmer bir erginin, esmer bir larvadan yeşil bir erginin çıktığını göstermiştir.

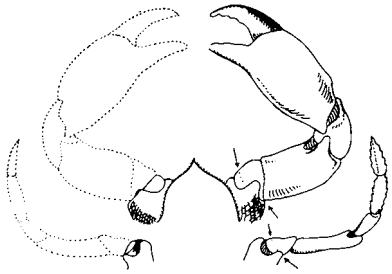


Şekil 18.11 : *Salamandra salamandra.* Parlak siyah zemin üzerinde sarı lekeler vardır (Bodenheimer'den).





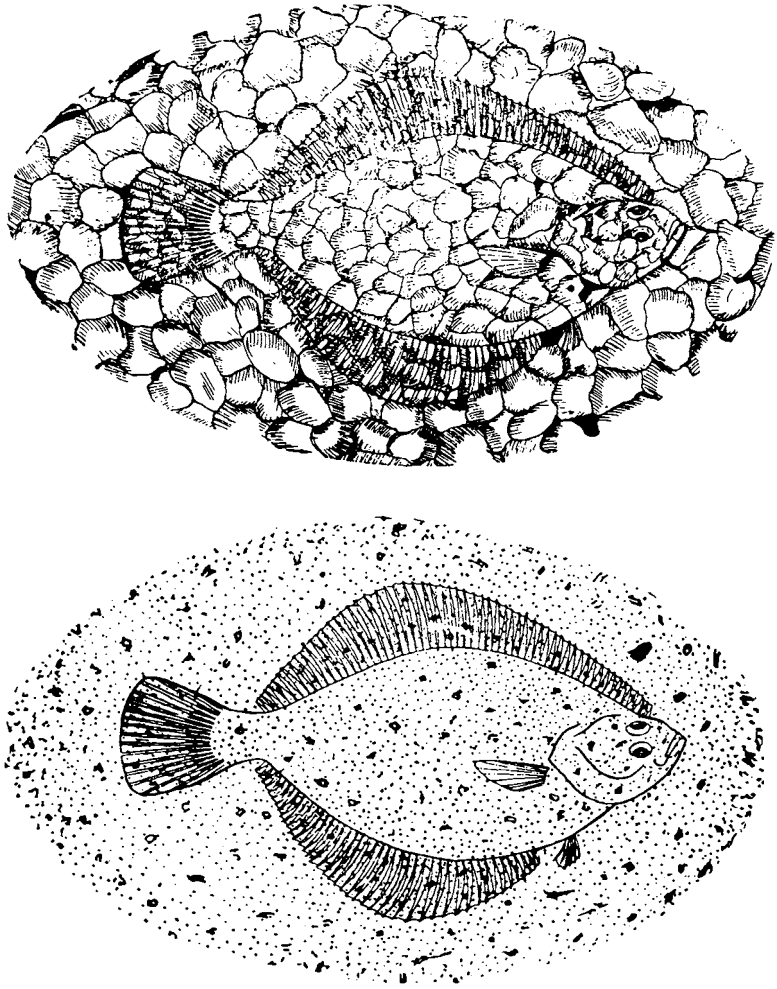
Şekil 18.12: a) *Diodon maculatus,* hava yutmak suretiyle şişer ve karın tarafı ile deniz yüzeyinde yüzer (Hesse-Doflein'dan). b) Korkutulmuş bir peygamberdevesi *(Hestiasula sarawaka)*'nin aldığı şekil (Chopard'dan).



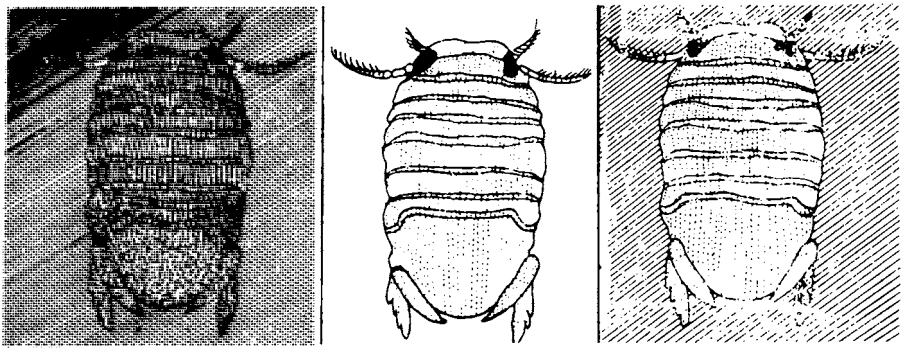
Şekil 18.13 :

Bir yengeçte belirlenmiş autotomi yerleri (kopacak parçalar noktalı olarak gösterilmiştir) (Hesse-Doflein'dan).

Fakat birçok hayvanda, oldukça kısa bir süre içerisinde, kromatoforlarının ya da yalnız bir kromatofor çeşidinin yayılış şeklini değiştirmek suretiyle ortama uyum yapacak renkleri meydana getirme yeteneği vardır. Böyle ani renk değiştirmelerine pisibalığı *(Pleuronectidae), Sphaeroma* (Şekil 18.14 ve 18.15), bukalemunlar ve birçok mürekkepbalığı örnek olarak verilebilir. Birkaç saniye içerisinde vücudunun herhangi bir yerindeki belirli bir kromatofor çeşidi ya da kromatofor çeşitleri genişleyebilir veya toplanabilir. Böylece ortama daha iyi bir şekilde uyum yapabilirler. Gözler aracılığıyla algılanan ortamın rengi, sinir sisteminin yardımıyla kromatoforlara iletilir ve bunların belirli bir şekilde açılıp kapanmasıyla pigmentin yayılması sağlanır. Kromatoforların şekli mürekkepbalıkları hariç, diğer tüm hayvanlarda sabittir. Kromatoforların yalancı ayak (pseudopod) şeklindeki uzantıları içinde pigment hareket ettirilir (Şekil 18.16).



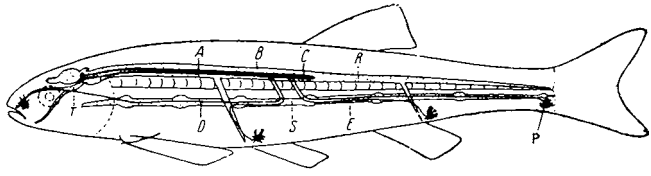
Şekil 18.14: Farklı desenli zemin üzerine renk değiştirme suretiyle uyum yapan aynı pisibalığı *(Pleuronectes)* (Kosswig'den).



Şekil 18.15: *Sphaeroma*'da renk değişimi: Solda siyah, sağda beyaz zemin üzerine uyum yapmış bir birey. Beyaz zemin üzerine uyum yapan bir bireyin hemolenfi, siyah zemine uyum yapan siyah bir bireye verilecek olursa renk beyazlaşır (sağda) (Kosswig'den).



Şekil 18.16 : Normal bir kurbağada derideki renk uyumu *(Rana pipiens)*. A) Aydınlığa, B) Karanlığa uyum göstermiş hayvan, C) Kromatofor (büyültülmüş şekli), D) Sıcak ve aydınlık ortama uyum yapmış deriden bir kesit, E) Koyu ve soğuk ortama uyum yapmış deriden bir kesit (V.-W.- Barnes'den).



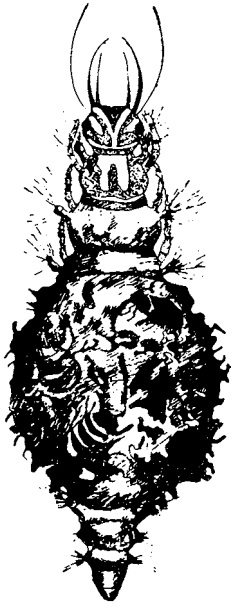
Şekil 18.17: *Phoxinus*'da renk değişimini denetleyen sinirlerin durumunu gösteren şema : P. Melanofor; K. Renk değiştirme sinirleri; R, medulla spinalis içinden geçtikten sonra sempatik sinir sistemine (S) girer (Frisch'den).

Mürekkepbalıklarında kas uçları renk hücrelerine yapışıktır. Kasın kasılmasıyla genişleyebilen hücrenin içinde, pigment, pasif bir şekilde yayılır. Bazı hayvanlarda renk değiştirme yavaş olur. Uygun deneylerle, bir salgı bezinden kana karıştırılan renk değiştirme hormonunun, pigmentleri yaydığı ve topladığı saptanmıştır. Hormon

aracılığıyla meydana gelen renk değişiminde, ortamın rengi yine göz ile algılanır. Sinirlerle, hormon çıkaran beze, ortamın renginden alınan uyarılar gönderilir ve böylece bezin çalışması ya da durdurulması sağlanmış olur. Renk değiştirebilen omurgalı hayvanların bezlerinden kromatoforların şeklini değiştiren hormonların salgılandığı saptanmıştır. Renk değiştirme yeteneği olan (deniz hayvanlarından) deniz tesbihböceğinde (örneğin *Sphaeroma*) pigmentin toplanmasına yarayan bir hormon vardır. Siyah bir ortamda koyu renkli olmuş bir deniz tesbihböceğine beyazlaşmış bir hayvanın kanı enjekte edilirse, siyah renkli ortamda kalmasına karşın, hayvanın beyazlaştığı görülür (Şekil 18.15). Fakat bu deniz tesbihböceklerinde pigmentin autonom yayılması güneş ışığının etkisiyle olur. *Phoxinus laevis* gibi renk değişimi çok iyi olan balıklarda ortama uyumun iki farklı yöntemle güvenceye alındığı görülmektedir (Şekil 18.17). Yeni bir ortama hızlı uyum sinirler aracılığıyla olur. Fakat melanoforların yayılmasını sağlayan sinir yolu kesilince, ortama hızlı uyum yitirilir; ama, yavaş yavaş renk değişimi devam eder. Bu da hipofiz hormonunun yardımıyla olur. Eğer bir *Phoxinus*'un hipofiz bezi çıkarılırsa hızlı renk değiştirme yeteneği yitirilmez; fakat bu sefer de yeni kazandığı rengi uzun süre koruyamaz. Çünkü bunun için hipofiz bezinin işlev görmesi gereklidir. Eğer bir *Phoxinus*'un hem hipofiz bezi hem de renk değiştirmede işlev gören sinirleri çıkarılırsa, hayvan renk değiştirme yeteneğini tümüyle yitirir.

18.2.5. MASKELENME VE MEVSİMSEL UYUMLAR

Ortalama uyumun diğer bir şekli maskelenmek suretiyle meydana gelebilir. Bir hayvan içinde bulunduğu ortamın cansız ve bitkisel maddeleriyle kendini sararak gizlenmiş olur (Şekil 18.18).



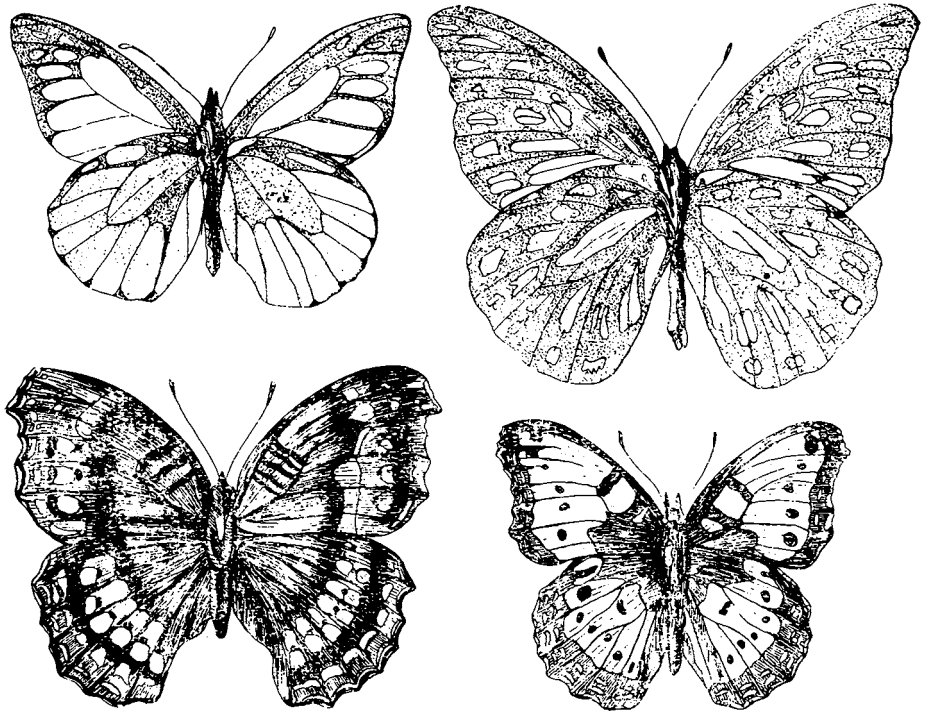
Şekil 18.18 :

Chrysopa larvası,
öldürdüğü yaprak bitlerini kendi üzerine yapıştırır
(Hesse-Doflein'dan).

Kalıtsal olarak geçen refleks ve içgüdüler (refleks zincirleri)'den başka, bir canlının ortama uyumunda, o canlının yaşadığı zaman kazandığı koşullandırılmış refleksler ve hayvanın öğrenme yeteneği de büyük bir rol oynar. Sınıflandırmada, gelişmiş organizmalar olarak tanımladığımız kuş ve memelilerde, yavrunun ana ve babadan veya yalnız anadan, oynama isteğine dayalı olarak öğreneceği bir eğitilme dönemi vardır. Sosyal yaşayan böceklerde de öğrenmeyle eğitim olduğuna ilişkin birçok gözlemler vardır.

Belirli uyarılar, özellikle uzun zaman etkin olurlarsa, birçok durumda hayvanın yapısına da yansırlar. Organizmanın esnekliği (plastisitesi) ortamdaki değişikliklere belirli ölçüde uyum yapmasını sağlar ve bu etkiler canlının gelişiminin ne kadar erken evrelerinde olursa normal tipten sapma o kadar kuvvetli olur. Örneğin genç yaştan itibaren odunculuk yapan insanların kol kasının gelişmesi gibi.

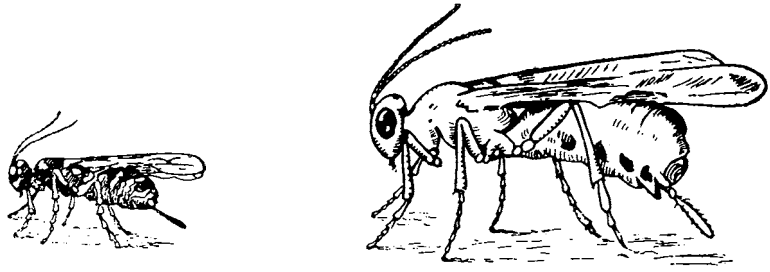
Değişik iklim koşulları altında gelişen aynı türe bağlı bireyler arasında da büyük farklar meydana gelir. Bu farkları her zaman doğrudan doğruya ortama uyum olarak kabul etmek mümkün değildir. Bazı kelebekler bir sene içerisinde iki döl verirler. Bunlardan birisi kış aylarını pup halinde geçirir. O halde birkaç ay devam eden ve ötekine göre çok uzun olan bir gelişim süresi vardır. Diğerleri yaz başlarında gelişir ve



Şekil 18.19: Kelebeklerde mevsim dimorfizmi. Üstte: *Prioneris* (Hindistan'da yaşar); aynı türün kurak mevsimdeki şekli solda, yağmurlu mevsimdeki şekli sağda (alttan görünüşü). Altta: *Pieris:* aynı türün yağmurlu mevsimdeki şekli solda ve kurak mevsimdeki şekli sağda (üstten görünüş) (Hesse-Doflein'dan).

gelişim süresi kısadır. Avrupa kelebeklerinden *Araschnia lavana*'da bu iki döl birbirinden ilk bakışta iki ayrı tür olarak tanımlanacak kadar farklıdır. Kışı geçiren döl koyu renklidir ve üstündeki desenleri o kadar değişiktir ki, ilk bakışta sıcaklık derecesine bağlı olarak aynı genotipin gelişme ve farklılaşmasının bu kadar farklı olacağını anlamak çok zordur. *Araschnia lavana*'nın yaz ve kış formları arasında geçit formları elde etmek mümkündür. Sıcak bölgelerde aynı kelebek türlerinin bir senede birbirini izleyen, yağmurlu veya çok kuru havada gelişen döllerinin de birbirinden, buna benzer farkları olduğu bilinmektedir (Şekil 18.19).

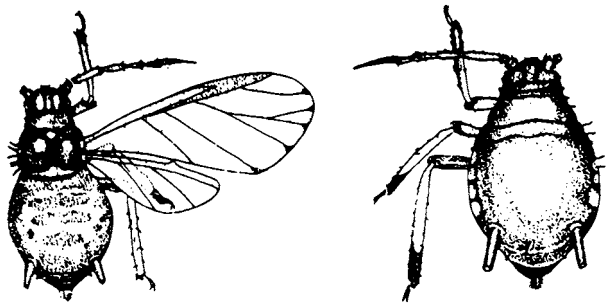
Aynı ana ve babadan alınan, yani mümkün olduğu kadar aynı genotipte olan yavru fareler değişik ortamlarda yetiştirilirse, örneğin, bir kısmı soğukta bir kısmı sıcakta tutulursa, sıcakta büyüyenlerin daha büyük kulaklı ve uzun kuyruklu oldukları görülür. Bir kere oluşan bu yapısal özellikler, ortam değişse dahi aynen kalır. Üyelerin yüzeyinin büyültülüp küçültülmesi tamamen yapısal bir uyumdur ve ısı yitirilmesiyle ilgilidir (evrimde bazı ekolojik genelleştirmelere bkz.!). *Habrobracon* denen parazit bir arının rengi yetiştirildiği ortamın sıcaklığıyla değişmektedir (Şekil 17.2); keza vücut büyüklüğünde de önemli farklar görülür (Şekil 18.20). Kural olarak soğuk iklimlerde yüzey/hacim oranını küçültmek ve dolayısıyla ısıyı korumak için vücut büyür; güneyde, sıcak bölgelerde ısıyı yitirmek için bu oran büyültülür (Şekil 14.57) ve vücut oransal olarak küçülür (evrimdeki ekolojik genelleştirmelere bkz.!).



Şekil 18.20: *Hymenopter*'den, *Habrobracon*un iki modifikat şekli. Soldaki soğukta; sağdaki sıcakta yetiştirilmiştir (Baur'dan).

Birçok bitki üzerinde yaşayan değişik yaprak bitleri *(Aphidae)* genel olarak iki ayrı modifikasyon şekli (modifikat) gösterir. Bu iki modifikat bireylerin uyum değerlerinin kesin olarak birbirinden farklı olması şart değilmiş gibi görünmektedir. İki modifikattan birisi, partenogenez ile çoğalır, bulunduğu bitkiden ayrılmaz ve çok defa yeşil renkli olan hayvanlardır (Şekil 18.21). İkinci modifikatlar ise kanatsız dölden partenogenez ile meydana geldiği için genotip bakımından tamamen aynıdır; fakat kanatlı ve siyah pigmentlidirler. Kanatlı yaprak bitleri bir başka bitki üzerinde partenogenez yoluyla aynı türün çoğalmasını sağlar. Birey için iki modifikasyonun uyum değeri aynı görünmektedir. Her ikisinden de partenogenezle çoğalabilmektedir. Uygun sıcaklık ve ışıkta bitkiler de iyi gelişeceği için kanatsız bireyler sabit kalmayı tercih edeceklerdir. Fakat sıcaklık ve ışık azalınca besin de azalabileceği için, kanatlı formlar ortaya çıkmaktadır. Bu şekilde yayılım sağlanmış olacaktır. Bu durumda

bireysel bakımdan değil de soyun devamı bakımından iki modifikatın olması önem taşımaktadır.



Şekil 18.21 : Yaprak bitlerinin iki modifikatı, solda kanatlı, sağda kanatsız bireyler (Imms'den).

Yaşam koşulları bir biyotopta ritmik olarak değişirse, biyosonözün değişik türdeki hayvanları, amaçlarına uygun; fakat farklı şekilde tepki gösterirler. Gece ve gündüz arasındaki değişiklikler hayvanların başka başka tepki göstermesine neden olur. Bir türün faal oluşu sıcaklık derecesine ve havanın nemine bağlıdır. Kara kurbağaları kuraklıktan korktukları için gündüz yuvalarında (veya kovuklarda) saklı kalırlar. Yağmurlu ve nemin yüksek olduğu havalarda, gündüz de dışarıya çıkarak avlanırlar. Buna karşın kurumaya oldukça dayanıklı sürüngenler, güneş altında çok faaldirler. Sıcaklık ve nemin, diğer koşullarla beraber, canlılar üzerinde farklı farklı etkilere neden olması gece ve gündüz faunasının doğmasını sağlamıştır. Gündüz sıcaklık ve ısının değişmesi, bu iki faunanın birbirine karışmasını sağlayabilir. Fakat, mevsimler içinde farklı optimum sıcaklık sapmaları türün işlevlerinin büyük ölçüde değişmesine neden olur. Tohum toplayan karıncalardan *Messor* ilkbaharda, sabahın ilk saatlerinde yuva dışında çalışmaz. Yaza doğru çalışma saati erkene alınır ve yazın en sıcak aylarında, öğle vakti (sıcağın en fazla olduğu saatlerde) çalışmadan serin yerlere çekilirler.

18.2.6. MEVSİMLERE GÖRE ÇOĞALMADA UYUM

Mevsimlerin değişikliği bir biyotopun faunası üzerinde çok büyük etki yapar. Çok yıllık hayvanlar, elverişsiz yaşam koşullarının hüküm sürdüğü kış aylarını metabolizma faaliyetini azaltarak, daha çok derin oyuk ve inlerde uykuya (kış uykusu) benzer bir durumda geçirirler. Uygun olmayan mevsimlerin uyku halinde geçirilmesi yalnız değişken sıcaklıklı (soğukkanlı) hayvanlara (omurgasızlar, balıklar, amfibiler ve sürüngenler) özgü olmayıp birçok memeli hayvan da kış uykusuna yatar (yarasalar, ayılar, birçok küçük kemiriciler vs.).

Kuşlarda gerçek anlamda kış uykusu olmamakla beraber (Amerika gece kırlangıcı, *Phalaenoptilus nutlallii* hariç, bu türde kış uykusu vardır) bazı kuşlar (örneğin Apodiformes, Caprimulgiformes, az miktarda da ötücü kuşlardan : kırlangıç, baştankara ve baykuş veya guguk kuşları) düşük sıcaklığa uyum olsun diye vücut sıcaklıkla-

rını 5 - 17°C'ye kadar düşürebilmekte ve hareket edemeden birçok fizyolojik olayın en düşük düzeyde olduğu bir dönem yaşayabilmektedirler.

Memelilerde mevsimlere göre çoğalmada yarasa ve karacadaki uyum ilginçtir: Karacada kızışma ve çiftleşme temmuz-ağustosta olur; bu dönemde beslenme koşulları normal olarak optimaldir. Karacanın embriyonal gelişimi 5 ay sürdüğünden yavruların aralık ayında yani kışın ortasında doğurulması gerekmektedir. Ama döllenmiş yumurta, önce aralık ayına kadar bir embriyonal dinlenme dönemi geçirir. Bu dönemde büyüme durmuştur. Böylece hayvan doğum tarihini mayıs ayı sonuna kaydırarak türün devamı için bir uyum yapmış olur. Yarasalarda çiftleşme sonbaharda olur. Bu dönemde dişide döllenme olgunluğunda olan hiçbir yumurta mevcut değildir. Döllenme olsa ve yavru doğurulsa bile kışı atlatması mümkün değildir. Bu durumda, spermler kış süresince dişi bireyin eşeysel organlarında bekler, döllenme ve gebelik ancak ilkbaharda sözkonusu olur. İki örnekte de hayvanlar kışın elverişsiz koşullarından korunmak için farklı uyumlar göstermekte ve böylece soylarının devamı mümkün olmaktadır.

Bir sene veya daha az yaşayan hayvanlar, mevsimlerin değişen koşullarına değişik şekillerde uyum yaparlar. Böceklerin büyük bir kısmı senede bir döl verir **(Univoltin)**. Bunlardan birçoğu senenin ancak bir kısmında uygun ortam bulur. Örneğin kışın beslenmeleri için gerekli bitki bulunmaz. Böyle hallerde belirli bitkiler ile geçinen larvaların, bu bitkilerin gelişme zamanında meydana getirilmeleri gerekir. Yaşamaya uygun olmayan senenin diğer zamanları (çoğunluk kış) değişik şekillerde, özellikle pup halinde geçirilir. Bu halde metabolizmaları çok düşmüştür; fakat "Anabiyoz" dakinin tersine vücutlarındaki su miktarını düşürmeden yaşamlarını devam ettirirler.

Eğer kelebek senede bir döl veriyorsa, kışa doğru, bitkinin, yanı besinin kaybolmaya başladığı zaman, tırtıllar pup haline geçer ve kışı bu durumda geçirirler. Bu olayda diyapoz, yani dinlenme evresi ile pup evresi aynı zamana rastlar. Kışı krizalit olarak geçiren bir kelebek, ilkbaharda krizalit beşiğini terkedip bir zaman sonra yumurtalarını, daha sonra tırtıllarının besini olacak bitkiler üzerine bırakır. Bu yumurtalardan kısa bir süre sonra tırtıllar çıkar.

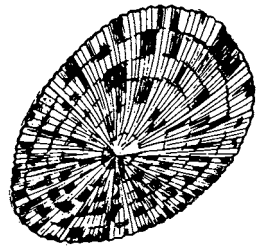
Diğer durumlarda, yani yazın sonunda başlayan pup evresinde gelişme süresi çok kısadır. Sonbaharda çıkan kelebek diyapoz haline geçer. Bazı kelebek türleri yumurtalarını bıraktıktan sonra aynı sonbahar içinde ölür. Bu yumurtalar kışı diyapoz halinde geçirirler. Kışı, belirli bir tırtıl evresinde diyapoz halinde geçiren kelebekler de vardır. Hemimetabol böceklerin univoltin (senede bir döl) olanları arasında kışı, yumurta, belirli bir larva evresi halinde ya da ergin olarak geçirenler bilinmektedir.

Diyapozun durdurulması, yani aktif metabolizmanın birdenbire başlaması dönüşsüzdür. Kışı geçiren yumurtada gelişme bir kere başlayınca artık embriyo yeniden herhangi bir gelişme evresinde diyapoz durumuna geçemez. Bu durumda hayvanın yaşadığı biyotopta genç larva için gerekli besin bitkisinin yetişmeğe başladığı zamanla diyapozun durdurulması arasında duyarlı bir uygunluğun bulunması gerekli-

dir. Bu da belirli bir sıcaklık miktarının etkisinden sonra, diyapozun kaldırılmasıyla sağlanır. Senede bir döl veren böceklerde diyapoz, hayvanın içinde yaşadığı iklim koşullarına tıpatıp uygundur. Eğer böyle bir tür, iklim koşulları değişik olan çok geniş bir bölge üzerinde başka başka yerlerde yayılmış ise, her iklim bölgesinde yaşayan bireyin gelişme hızı, oradaki özel iklim koşullarına kalıtsal bir şekilde uymuştur. Böylece her bölgenin kendine özgü ırkları vardır. Süngerörücüsü, *Lymantria dispar,* denen kelebekte bu durum çok iyi görülür. Bu tür kuzey, orta ve güney Avrupa'da yayılmıştır. Bundan başka Sibirya'da ve doğu Asya'da (Kore, Mançurya ve Japonya'da) da bulunmaktadır. *Lymantria* erginleri yaz başında yaşar. Yumurtalarını köpük (sünger) gibi bir ağ içerisine bırakır; yumurtalarda küçük tırtıllar görülür. Fakat bu tırtıllar aynı sene içerisinde yumurta kabuğundan çıkmazlar. Diyapoza benzer bir durumda gelecek senenin ilkbaharına kadar yumurta kabuğunun içinde kalırlar. Yumurta kabuğunun içindeki bu bekleyişe "İ n k u b a s y o n" zamanı denir. Değişik iklimlerde yaşayan ırkların inkubasyon süresi kalıtım ile ortama uyacak şekilde saptanmıştır. Bu nedenle kuzeyde yaşayan ırklarda, sıcaklık az olduğu için, inkubasyon süresi kısa; güneyde yaşayanlarda, sıcaklık yeterli olduğu için, daha uzundur. Ortama uyumun preadaptasyon ile meydana geldiği düşünülmektedir. Bazı zarkanatlı (Diprionidae) türlerinde ise kışlayan krizalitlerin ancak bir bölümü bir sonraki ilkbaharda erginleşerek beşiği terkeder. Diğer bir kısmı ise ikinci ilkbaharda erginleşir ve üreme faaliyetine katılır. Burada türün devamını sağlamak üzere kalıtsal bir uyum sözkonusudur. Yani çeşitli etmenler nedeni ile ilk önce çıkan bireyler ortadan kaldırılsa bile, onların yerini alacak ve böylece türün devamını sağlayacak yedek bireyler bir sonraki yıl faaliyete geçeceklerdir.

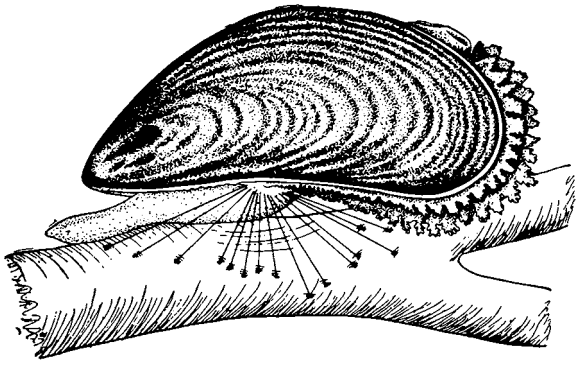
18.2.7. BİYOTOPA UYUM

Biyotop kelimesiyle belirli bir kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliğiyle komşu bölgeden ayrılan bir alanı göstermiştik. Doğal olarak hiçbir hayvan her biyotopta yaşayacak kadar ekolojik toleransa sahip değildir. En geniş toleransı olanlar (euryök) dahi üç yaşam bölgesinden, deniz, kara ve tatlısudan ancak birisinde bulunur. Üç yaşam bölgesinden ikisinde yaşayanların sayısı oldukça azdır (deniz kuşları, değişimlerini suda tamamlayan böcek ve amfibiler; denizde beslenen, tatlısuda üreyenler ya da tersi olan hayvanlar gibi). Ayrıca her yaşam bölgesindeki koşullar da aynı değildir.

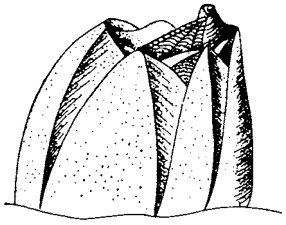


Şekil 18.22 : *Patella* (sesil bir kabuklu) (Kosswig'den).

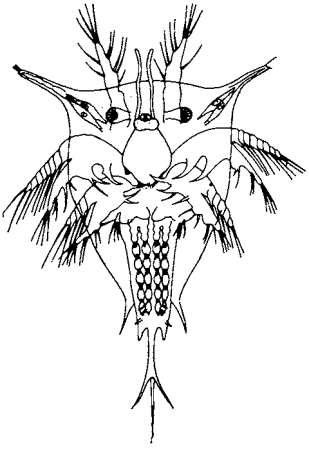
Örneğin açık denizde yaşayanlar ile kıyıda yaşayanlar yapısal olarak değişikliğe uğramışlardır. Açık denizlerde yaşayanlar yüzeylerini büyültürken, kıyıda yaşayanlar tutunma organlarını geliştirmişlerdir. Bu şekilde sınıflandırmada farklı yerlerde bulunan birçok organizma, bazı yapısal birlikler oluştururlar. Örneğin bir salyangoz *(Patella),* vantuz şekline dönüşmüş ayağıyla (Şekil 18.22); bir midye *(Mytilus),* bir bez tarafından salgılanan ve suda sertleşen bir salgı ile (Şekil 18.23); istiridye *(Ostrea),* kabuklarının yuvarlak olanı ile (Şekil 17.5); bir yengeç *(Balanus),* salgı salgılayan bir beze sahip birinci anteniyle yapışır (Şekil 18.24 ve 18.25) ve tüm yaşamları boyunca yerlerini değiştirmezler.



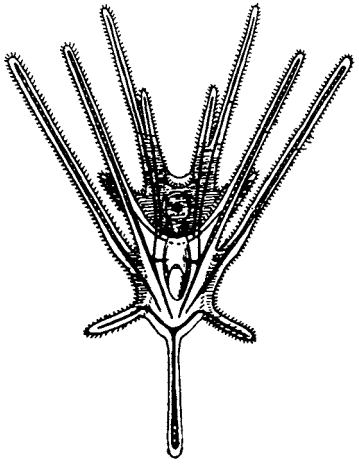
Şekil 18.23 : Midye *(Mytilus)* (Stempell'den).



Şekil 18.24 :
Balanus (sesil bir kabuklu)
(Zigler-Bressler'den).



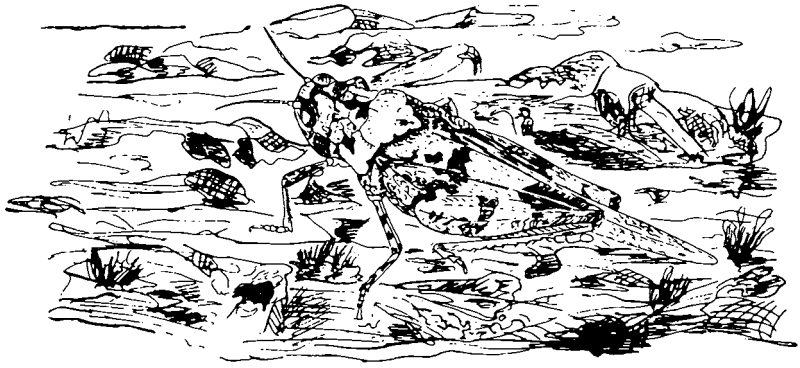
Şekil 18.25 :
Balanus'un nauplius larvası
(Korschelt-Heider'den).



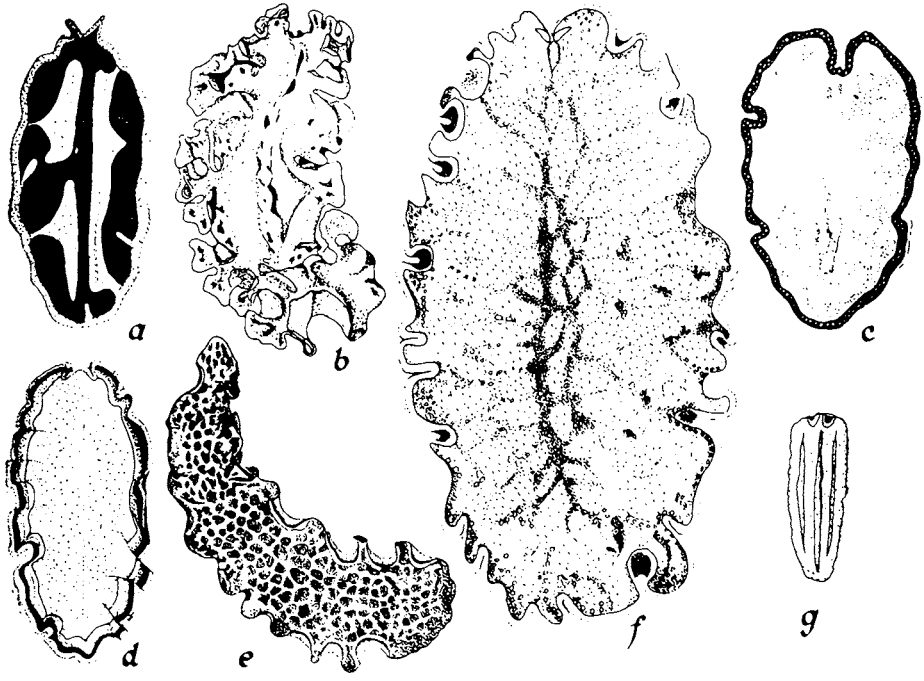
Şekil 18.26 :
Spatangus (denizkestanesi)'un pluteus larvası
(Stempell'den).

Böylece her biyotopta bir takım değişik türün, o biyotopa özel bir şekilde uyduklarını görüyoruz. Bu türler diğer biyotoplarda yaşayamadıkları için ekolojik toleransları dar olarak (stenoik) kabul edilir. Sabit yaşayan birçok hayvan yayılımla-

rını, serbestçe hareket edebilen larvalarıyla (Şekil 18.25), örneğin denizkestanesi pluteus larvasıyla sağlar (Şekil 18.26).



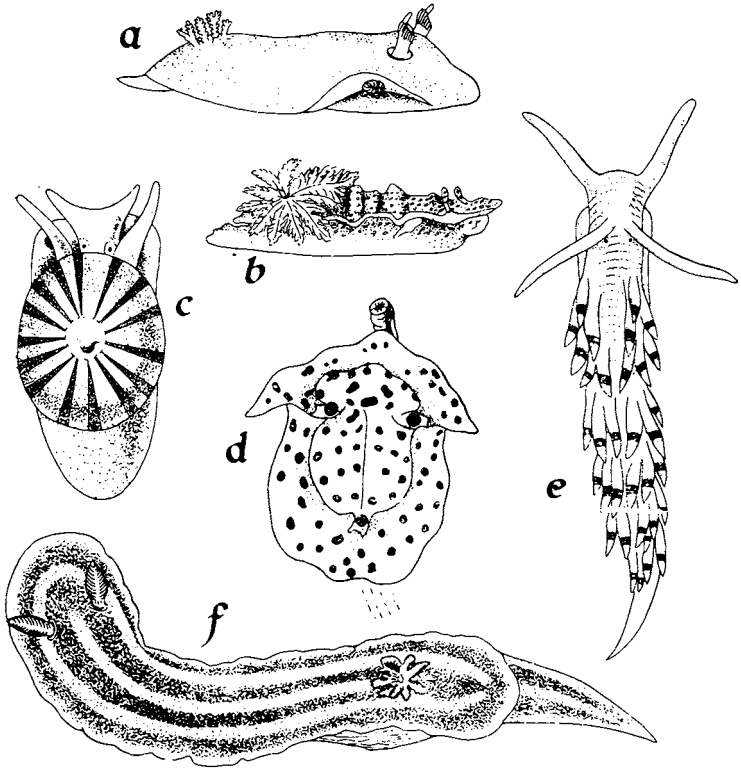
Şekil 18.27 : *Oedipoda*'da (çekirge) homokromi (Chopard'dan).



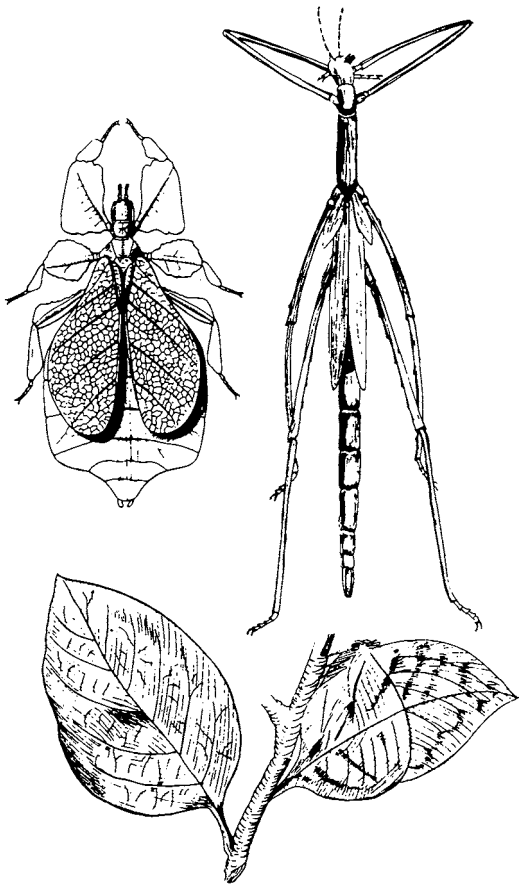
Şekil 18.28 : *Polycladidae* familyasına ait bazı türler. a) *Pseudoceros* sp. I; sarı üzerinde siyah lekeli, kenarları kırmızı renklidir, b) *Ps.* sp. II; kahverengi, siyah lekelidir, c) *Ps. miniatus;* tuğla kırmızısı, kenarları siyah, beyaz lekeli, d) *Ps.* sp. III; pembe, sarı, siyah, kırmızı beyaz renklidir, e) *Discoplana,* kahverengi siyah lekeli, kenarları beyaz çizgili, f) *Pseudocerus* sp. IV; esmerimtrak, siyah beyaz benekli, kenarları açık mavi, g) *Proceros concinus,* mavi, sarı şeritlidir (Bronn'dan).

18.2.8. BİYOTOPA RENKLE UYUM

Belirli biyotoplarda yaşayan canlılar dikkati çekecek kadar o ortamın özel koşullarına uyum yapmıştır. Örneğin stepte yaşayan hayvanlar kışın soğuğuna, yazın kuraklığına uyum yapacak değişikliklere sahip olurken, o ortamın renklerine de uyum yaparlar. Step çekirgeleri (Şekil 18.27), peygamberdeveleri *(Mantodea)* step toprağına çok iyi uyum yapmışlardır. Kural olarak korunmasız bölgelerde bulunan canlılar renk uyumunu daha iyi sağlamışlardır. Buna karşın birçok kaçma ve kurtulma olanağı olan orman canlılarında renklenme çok daha parlaktır. Zengin ortamlarda, örneğin sıcak denizlerin resiflerinde çok değişik ve çok canlı renklerle süslenmiş canlı türleri yaşamaktadır. Bu renklenmelerin, her bireyin kendi türünü bulmaya yardım ettiği ve değişik renkli resiflere de bir uyum olduğu söylenebilir. Fakat resiflerin küçük mağaralarında yaşayan kör çıplak salyangozlar *(Opisthobranchia)*, Turbellaria *(Polyclad)*, denizyıldızları ve yılanyıldızlarının da bu renklenmeye uyduğu görülmektedir (Şekil 18.28 ve 18.29).



Şekil 18.29 : *Opisthobranchia* (kabuksuz salyongozlar)'dan bazı türler : a) *Rostanga pulchra;* tuğla kırmızısı, b) *Miamira nobilis;* yeşil kırmızı benekli, yan tarafı beyaz şeritli, c) *Tylodina citrina;* limon sarısı (kabuk kalıntısı radiyer kahverengi çizgili), d) *Pleurobranchaea luniceps;* açık menekşe renk üzerinde siyah lekeli, e) *Cratena coerulea;* koyu sarı, çıkıntıların uçları mavi kırmızı çizgili, f) *Glossodoris porterae;* mavi, yanlardaki şeritler portakal renginde, ortadaki açık mavi (Bronn'dan).



Şekil 18.30: Bitki organlarını taklit eden böcekler. Üst solda *Phyllium,* sağda *Polophus,* altta *Kallima* (Hanstein'dan).

Yeşil çayırlarda yaşayan böceklerin bir kısmı (çekirge, peygamberdevesi, yaprak bitleri vs.) yeşil renklidir. Çayırlarda yaşayan böceklerin yeşil rengi, klorofilli bitkileri yemelerinden dolayı oluşmaz. Yeşil renkli böceklerde genel olarak bir mavi ve bir de sarı renk maddesi vardır. Bunların karışması yeşil rengi verir. Bütün renk maddelerinin kökenini bitkiler oluşturduğu için, mağaralarda parçalanmış bitki artıklarıyla beslenen birçok canlı az renkli veya renksizdir (karanlığa uyumun yanısıra). Bununla beraber, kutuplardaki beyaz renklilik doğrudan doğruya ortama bir uyumdur.

18.2.9. TAKLİT

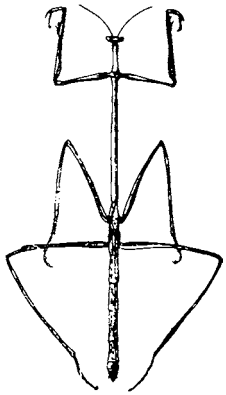
Birçok durumda (ister renk değişsin, isterse tüm yaşamı boyunca sabit kalsın) ortama uyum, canlı ve cansız nesnelerin taklitidir. Yeşil renkli hayvanlar az çok yaprağa benzer bir şekli taklit ederler, örneğin, *Phyllium* ve diğer düzkanatlılarda olduğu gibi (Şekil 18.30, 31 ve 32). Çeşitli tropik *Mantid*'lerin çiçeğe; çalı çekirgelerinden *Phasmidae*'nin çalı ve sapa benzediği bilinmektedir. Sarı ve yeşille renk olarak taklit



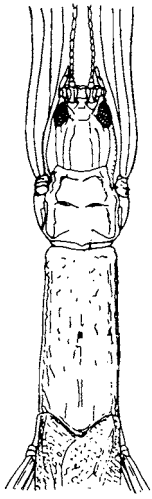
Şekil 18.31 : Ağaç yaprakları arasına uyum yapmış iki *Phyllium* bireyi (Şekil 18.32 ile karşılaştırınız) (Kosswig'den).



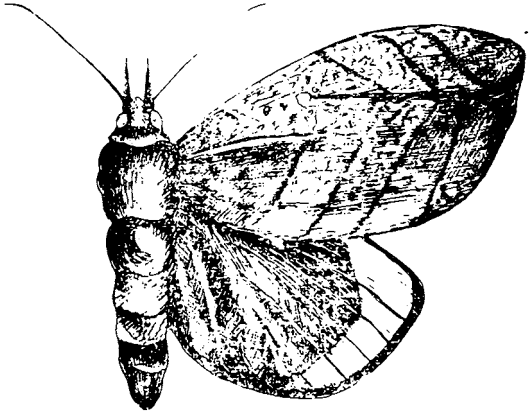
Şekil 18.32 : Ağaç yapraklarına uyum yapmış iki *Phyllium* bireyi (Şekil 18.31 ile karşılaştırınız) (Kosswig'den).



Şekil 18.33 :
Sap şeklinde olan yırtıcı çalıçekirgesi *Leptocola giraffa* (Chopard'dan).



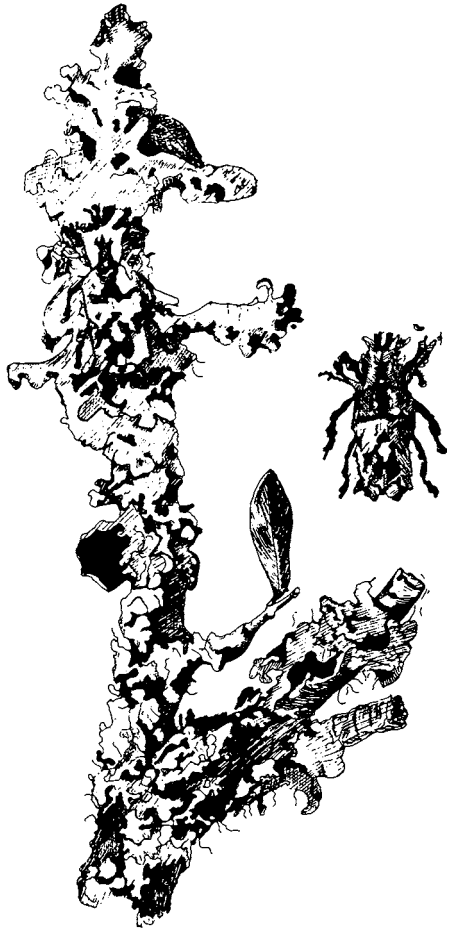
Şekil 18.34 :
Phasmid'lerde koadaptasyon : Baş, bacaklardaki çukurların içine alınabilir (Kosswig'den).



Şekil 18.35 : *Phyllodes* (kelebek). Dinlenme halinde iken lekelenmiş ve kurumuş bir yaprak şeklinde olan üst kanadının ön yarısıyla vücudunu örter (Hanstein'dan).

ettiği gibi, tehlike sırasında korunma durumu alarak şekil olarak da taklit eder (Şekil 18.30, 31 ve 32). Sapa tamamen benzeyiş, normal olarak açık duran (Şekil 18.33) ayakların başa iyice yapışmaları ile sağlanır. Bu sırada baş, ayakların yan tarafında bulunan çukurlar içine girer (Şekil 18.34). Bu çukurların, hayvanın bu şekli alması için meydana geldiği düşünülebilir. Bir hayvanın belirli vücut parçalarının bu tarzda kilit ve anahtar gibi uyum şekline "K o a d a p t a s y o n" denir. Birçok kelebeğin (özellikle gündüz kelebeklerinin) kanatlarının altı, ağaç kabuklarının veya taşların renklerine, desenlerine benzer şekildedir. Çünkü bunlar dinlendiklerinde kanatlarını kapattıkları için altları gözükür. Şekilleri de yaprağa benzeyebilir. Bazı kelebeklerin

de ön kanatlarının üstü (genellikle gece kelebekleri) bu desenleri ve renklenmeleri gösterir. Çünkü gece kelebekleri dinlenme sırasında kanatlarını açık tutar (Şekil 18.35). Bir kınkanatlı cinsi *(Lithinus)* renk ve ayaklarının buruşuk görünümü bakımından üzerinde yaşadığı likeni taklit etmiştir (Şekil 18.36).



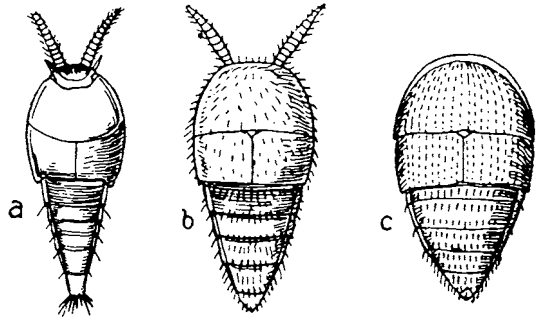
Şekil 18.36:
Lithinus (kınkanatlı), likenli bir dal üzerinde dururken (Hesse-Doflein'dan).

18.2.10. MİMİKRİ

Koruyucu benzerliğin diğer bir şekli "*Mimetismus*"dur. Aynı bölgede yaşayan ve koruyucu silahlarıyla ya da zehiriyle kendisini koruyan bir ya da birkaç türü, ya da av olarak kullandığı hayvanın şeklini taklit etme ve ona, o türün bir bireyi izlenimini vererek yaklaşabilme mimikrinin tanımını oluşturur.

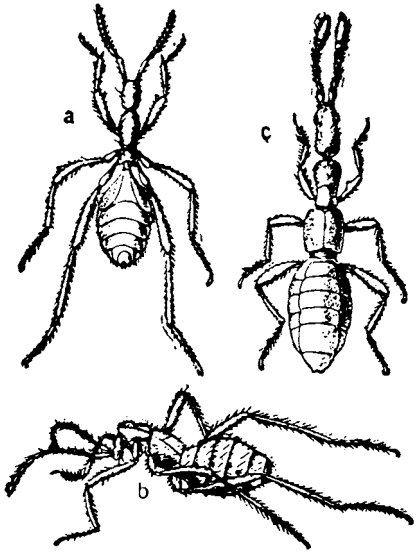
18.2.10.1. *Karınca Misafirleri*

Mimikrinin bu şekli özellikle karıncalarla beraber yaşayan hayvanlarda oluşmuştur (Şekil 18.37 ve 18.38). Karıncaların şeklini taklit ederek yuvada kalmayı başa-



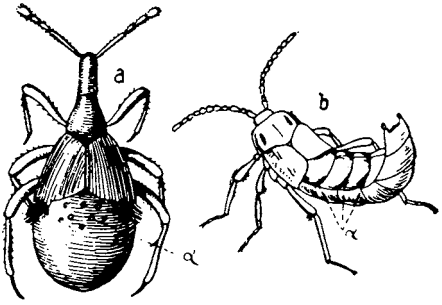
Şekil 18.37 : Doğu Hindistan'daki termit yuvalarında bulunan ve onlarla bir arada yaşayan üç böcek türü, a) *Doryloxenus transfuga,* b) *Discoxenus lepisma,* c) *Termitodiscus heimi*, çok fazla büyültülmüş (Hanstein'dan).

rırlar. Özellikle karınca düşmanları bu benzerliği daha da geliştirmişlerdir. Karıncalarla ortak yaşayanlarda bu benzerlik değişik derecelerdedir. Bazı hallerde benzerlik yoktur; fakat konuk çıkardığı özel salgılarla karıncaları sarhoş ederek onlar tarafından beslenmelerini sağlar (Şekil 18.39). Sıcak memleketlerde karıncalarla beraber yaşayan bir örümcek türü, onları taklit etmiştir. Bilindiği gibi örümcekler 4; böcekler 3 çift bacaklıdır. Bu nedenle bu örümcekler 3 çift ayağını kullanır (Şekil 18.38). Öndeki çiftini de sağa sola sallayarak ve yürümede kullanmayarak bir anten izlenimi verir. Körkarıncalarla yaşayan kınkanatlılar sadece şekil bakımından onları taklit ederler, renk bakımından değil. Karıncalar içerdikleri formik asit ve etraflarını saran kalın kitin zırhları nedeniyle birçok hayvan tarafından yenmez. Bu nedenle bazı böcekler de (örneğin çekirge larvaları) karıncaları taklit ederek düşmanlarından korunmaya çalışırlar (Şekil 18.40). Bu benzeme bazen şekil bakımındarı olmaz, hayvanın karıncaya benzeyen kısımları karınca gibi renklenir, diğer kısımları beyaz renkte kalır ve böylece dış görünüşüyle ilk görünüşte karıncaymış izlenimini verir (Şekil 18.40 ve 18.41).



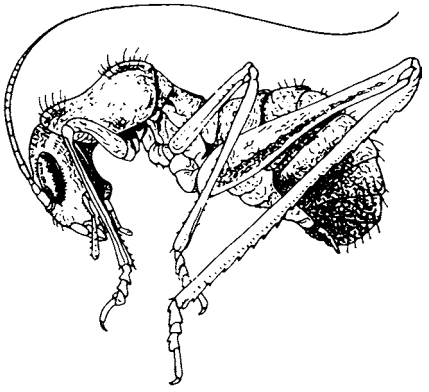
Şekil 18.38

Dorylid (kör bir karınca cinsi)'lerin sürülerinde yaşayan ve vücut şekillerini onlara benzeten üç böcek türü, a) *Mimeciton pulex,* b) *Ecitomorpha simulans,* c) *Dorylostethus wasmanni* (Buchner'den).



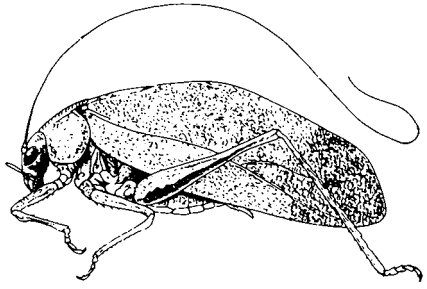
Şekil 18.39

Karınca yuvalarında yaşayan ve onlara sarhoş edici maddeler salgılayan iki böcek türü, a) *Clavier testaceus,* b) *Lomechusa strumosa.* X) Karıncaların yaladığı, dibinde bezler bulunan kıl demetleri (Hanstein'dan).



Şekil 18.40 :

Eurycorypha (çekirge) larvasının bir karıncayı taklidi (Chopard'dan).



Şekil 18.41 :

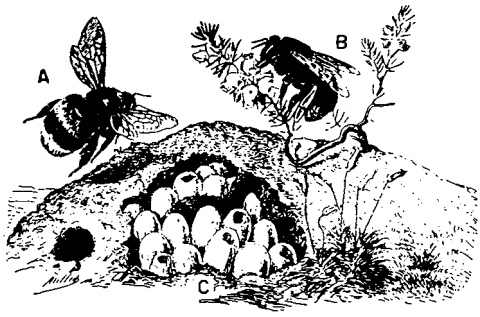
Eurycorypha (çekirge), ergin halde yeşil bir yaprağı taklit eder (Chopard'dan).

18.2.10.2. *Yabancı Ot Tohumlarındaki Mimikri*

Hububat tarlalarında yaşayan birçok yabani ot tohumunun fosilleri bugünkünden çok farklıdır. On iki bin seneden beri yapılan tohum elemelerinde, tarım bitkilerini taklit edenler elekten geçmiş ve taklit edemeyenler elenerek atılmıştır. Bu nedenle devamlı bir seçim sonucu bu süre içerisinde yabani otlar bulundukları tarım bitkisinin tohumunu taklit edecek şekilde seçime uğratılmışlardır.

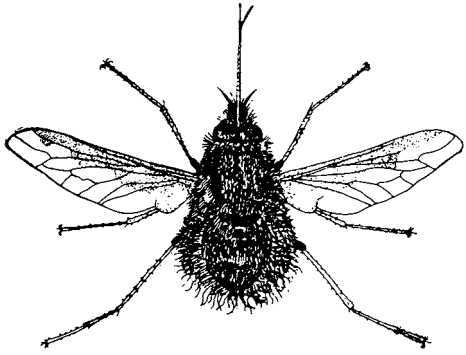
18.2.10.3. *Sinek - Arı Arasındaki Mimikri (I)*

Vespa (eşekarısı) ve *Bombus* (pizoz) gibi zehirli büyük zarkanatlılar *(Hymenoptera)* birçok zararsız böcek tarafından renk, şekil ve hareket bakımından taklit edilir. *Bombus*'un kuluçka paraziti olan akrabası *Psithirus*'un *Bombus*'a benzeyişi mimikri

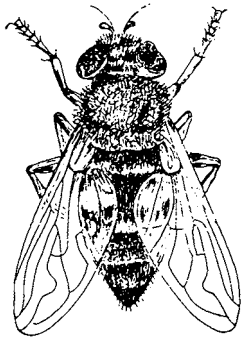


Şekil 18.42 : *Bombus* (B) kuluçka paraziti *Psithirus* (A) ile birlikte (her ikisi de arıdır), (C) Parazit larvaların yaşadıkları *Bombus*'un yuvasındaki besin kümeleri (Joubin'den).

olarak düşünülebildiği gibi akrabalık dolayısıyla meydana gelmiş olacağı da düşünülebilir (Şekil 18.42). Sineklerin *(Diptera)* bir familyasının tümü *(Bombyliidae)* çok tüylü oluşları, siyah, esmer ve kırmızı renkleri ve bu renklerin vücut üzerinde sıralanışı ile yabani arılara benzerler (Şekil 18.43). *Bombyliid*'ler *Bombus* yumurtalarında parazit oldukları için *Bombus*'a benzemelerinin *Bombus*'u yanıltmak için olduğu ileri sürülebilir. Fakat bu benzemenin kendini korumak için bir taklit olduğu da düşünülebilir. Çünkü *Bombus*'lar zehirli iğnelere sahiptir ve bu nedenle düşmanları yok denecek kadar azdır.



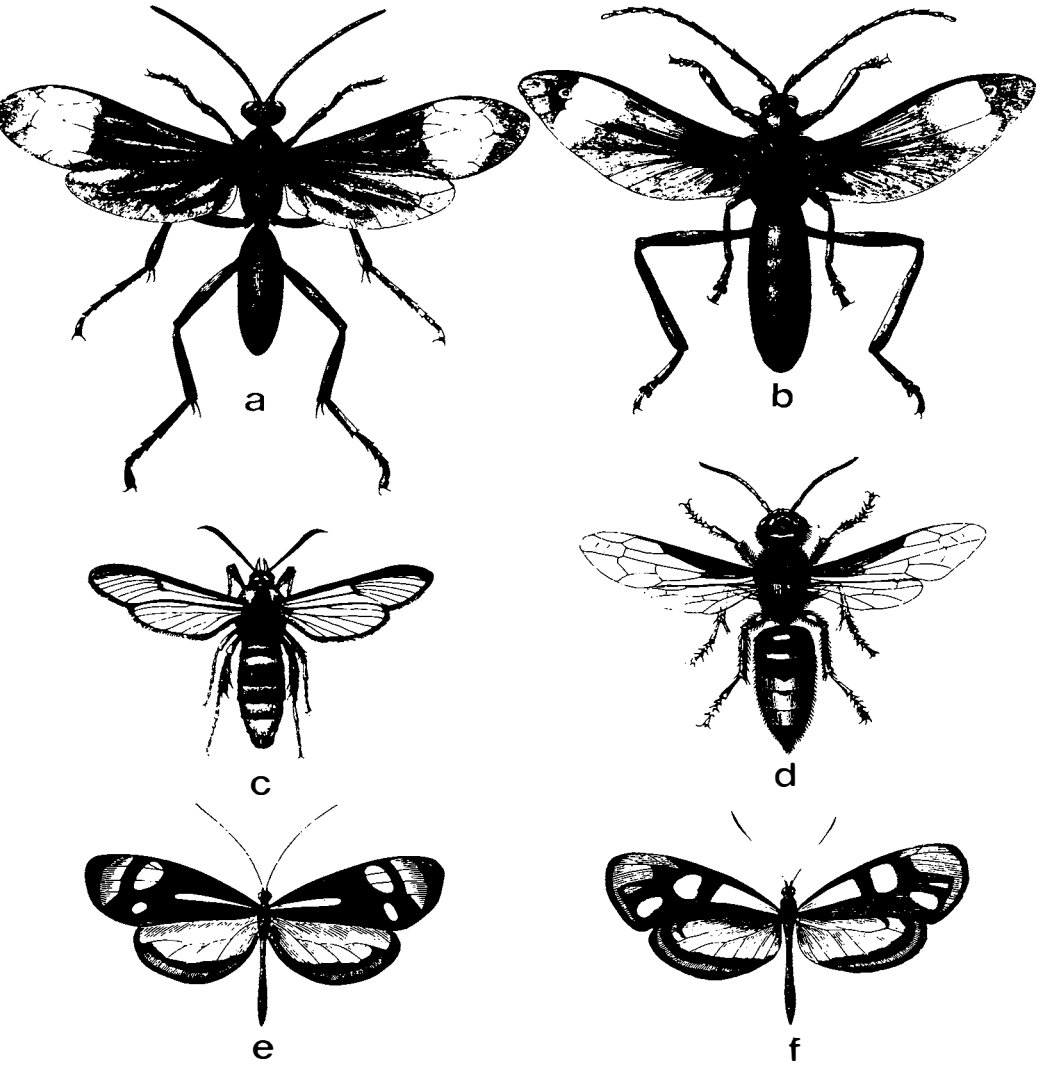
Şekil 18.43 :
Yaban arılarını taklit eden sinek *(Dipter)*'lerden *Bombylius* (Imms'den).



Şekil 18.44 :
Arıları taklit eden sinek *(Dipter)*'lerden *Eristalis* (Leunis'den).

18.2.10.4. *Sinek - Arı Arasındaki Mimikri (II)*

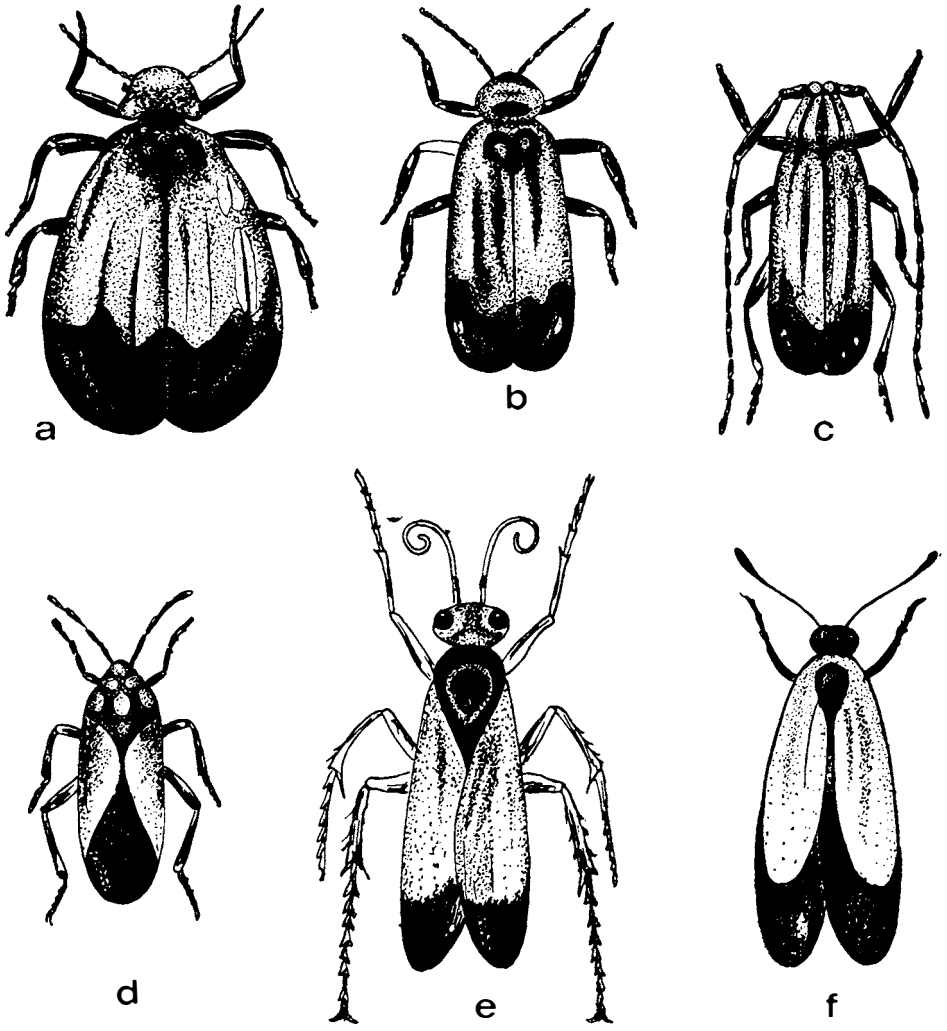
Diğer sinek familyaları da arılara ve eşekarılarına vücut şekli ve deseni bakımından benzerlik gösterebilirler (*Eristalidae* ve *Syrphidae*) (Şekil 18.44 ve 19.10). Keza diğer böceklerin de arıları taklit ettiği görülür (Şekil 18.45). Bu taklit arıların zehirli iğnesinin olmasından dolayı daha güvencede olmalarıyla ilgilidir. Çünkü düşmanlar taklit eden bu hayvanları arı sanıp avlamaktan kaçınacaklardır.



Şekil 18.45 : Sokucu bir yaban arısının *(Mygnimia = a)* yapı ve renk bakımından bir kınkanatlı *(Coloborhombus = b)* tarafından taklit edilmesi (Hesse-Doflein'dan). Bir sineğin *(Trochilium = c)* bir arıyı *(Vespa = d);* zehirsiz bir kelebeğin *(Dismorphia = e)* zehirli bir kelebeği *(Ithomia = f)* taklit etmesi (Jacobi'den).

18.2.10.5. *Sinek - Arı Arasındaki Mimikri (III)*

Yırtıcı sinekler *(Asilidae)* eşekarılarını en ince ayrıntısına kadar taklit ederler. Hem taklit eden hem de taklit edilen aynı ortamda yaşadığı için burada hakiki mimikri sözkonusudur. Hatta mimetik *Asilid*'ler kendi akrabalarından ziyade, desen ve şekil olarak eşekarılarına benzerler. Gerçek mimikri aynı yerde yaşayan farklı hayvan gruplarının birbirini taklit etmesidir (Şekil 18.46). Güney Afrika'da bu şekilde mimetik bir zinciri görmek olasıdır. Öyleki kelebekler, yarımkanatlılar ve kınkanatlılar birbirlerine benzemektedir (Şekil 18.46).

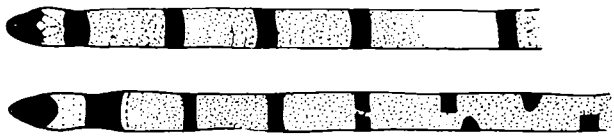


Şekil 18.46 : Aynı bölgelerde yaşayan ve alt ortada gösterilen yaban arısını *(Pompilus)* taklit eden üç kınkanatlı (üst sıra), bir yarımkanatlı (alt sol) ve bir kelebek (alt sağ). Üstteki kınkanatlılar : Sol : Erkek *Lycus,* orta : Dişi *Lycus,* Sağ : *Amphidesmus,* alt sol : Lygaeus, alt sağ: *Neurosymploca.* Hepsinin rengi sarımtrak kahverengi zemin üzerinde siyah benekli veya noktalıdır.

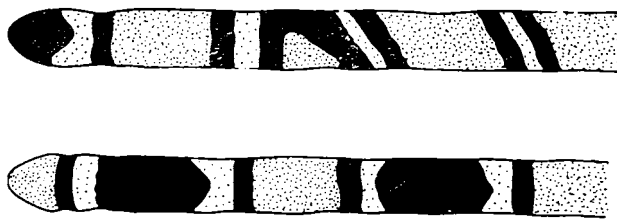
18.2.10.6. *Yılanlarda Mimikri*

Mimikrinin çok özel bir şekli bazı yılan türleride görülür. Yılanlar arasında zehirli bazı türler göze çarpacak şekilde renklidir. Bunların kırmızı renkli vücutlarında siyah şeritler bulunur. Yukarıda da değindiğimiz gibi korunmuş bir tür, düşmanlarına gerekli uyarıyı yapmak için göze batacak renklerle süslenmektedir (Şekil 18.47). Fakat böyle renkli ve zehirli bir yılan türünün yaşadığı bölgede renklerini ve desenlerini çok iyi taklit eden ve zehirsiz olan başka yılanların da bulundğu görülmektedir

(Şekil 18.47 ve 18.48). Zehirsiz olan tür bu benzerlik ile korunmuş olmaktadır. Fakat bu zehirsiz formları taklit eden ve yine zehirli olanlarla aynı biyotopta yaşayan zehirli formlar da vardır. Bunlar da belki zehirsiz olanların taklitlerinden yararlanmaktadır. Çünkü düşman bir defa bu taklit edenlerin zehirsiz olduğunu anlarsa, onları avlamaya çalışır. Bunu değerlendiren zehirli formlar da bu düşmanları avlarlar. Yani burada iki taklit sözkonusudur.



Şekil 18.47: Zehirsiz yılanın zehirli yılanı taklidi: Üstte; *Elaps,* zehirli. Altta: *Streptophorus,* zehirsiz. Renkleri: Pembe, siyah çizgili, başta sarı çizgi var (Kosswig'den).



Şekil 18.48: Zehirsiz yılanın zehirli yılanı taklidi. *Elaps,* zehirli. Altta: *Coronella,* zehirsiz (Kosswig'den).

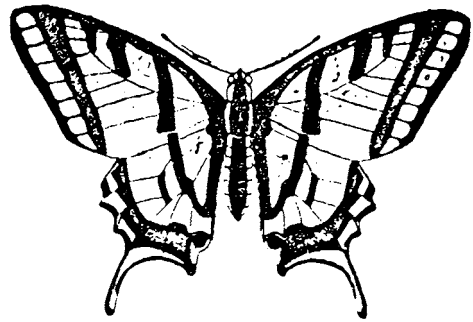
18.2.10.7 *Kelebeklerde Mimikri (I)*

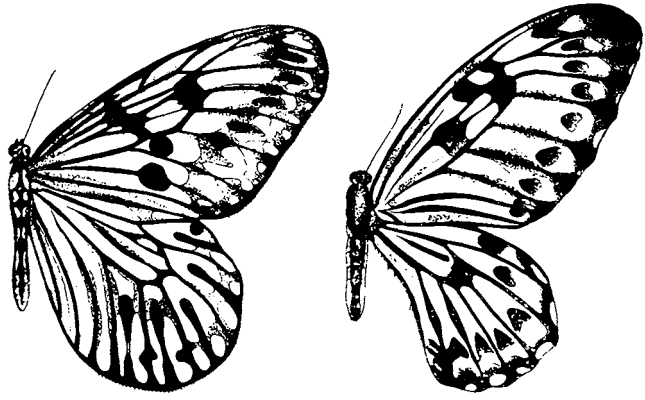
Gündüz kelebeklerinin bazı formları fena kokulu ve tatsız oldukları için böcekle geçinen hayvanlar tarafından yenmezler. Deneyler yavru kuşun bu böcekleri bir defa yedikten sonra bir daha denemeye kalkışmadığını göstermektedir. Dolayısıyla birçok kelebek türü bu sefer zehirli veya tatsız olan bu kelebek türlerini taklit etmiştir. Fakat gerçek mimikrinin olabilmesi için şu koşulların olması gerekmektedir: 1. Model (taklit edilecek) ve taklitçi (mimik) aynı biyotopta yaşamalıdır, 2. Model lezzetsiz veya zehirli olmalıdır, 3. Modellerin sayısı taklitçilerden fazla olmalıdır. Eğer taklitçilerin sayısı modellerin sayısından fazla olursa, mimikri işe yaramaz. Çünkü düşmanları bir defa tesadüfen öğrenirlerse ki taklitçilerin sayısı daha fazladır, o zaman her ikisine de saldırmaya başlarlar.

18.2.10.8. *Kelebeklerde Mimikri (II)*

Lahana kelebeğinin bağlı olduğu *Pieridae* familyasının genel rengi beyazdır. Güney Amerika'da yaşayan ve zehirli *Ithomiidae* familyasını taklit eden bazı *Pierid*'ler ise model familyanın siyah, kırmızı ve sarıdan oluşmuş renk ve desenlerini taklit ederler. Eğer bir bölgede belirli bir A türünü taklit eden bir mimikin yayılış alanı modelin yayılış alanından daha geniş ise, modelin yayılış alanının dışında taklitçi tür başka bir şekil gösterebildiği gibi, başka bir bölgede de, başka bir zehirli B türünü taklit edebi-

Şekil 18.49 :
Papilio machaon (Kosswig'den).



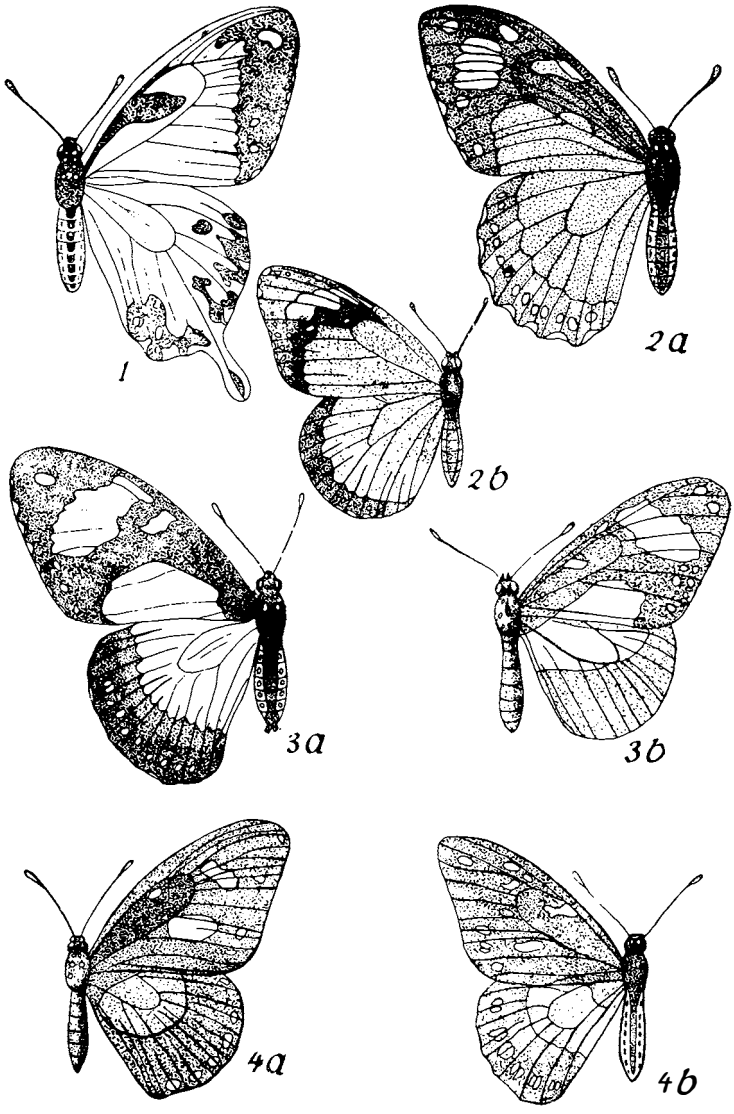


Şekil 18.50 : Solda zehirli model : *Hestia,* sağda : Taklitçi *Papilio idaloides* (Hesse-Doflein'dan).

lir. Tüm bunlar taklitçi türün, bu şekilde, taklit edebilme yeteneğini her defasında kullanabildiği fikrini kuvvetlendirmektedir. Yalnız bu düşünceden ayrılabilen gözlemler de vardır. Örneğin, gündüz kelebekleri arasındaki taklitçilik genellikle dişiler tarafından yapılır; erkekleri ise bağlı bulunduğu grubun renk ve desenlerini korurlar. Örneğin *Papilionidae* familyasına bağlı *Papilio merope*'nin erkekleri Türkiye'de de yaşayan kuyruklu *Papilio machaon* ve *P.podalirus*'u andırır (Şekil 18.49 ve 50). Dişileri ise yayıldıkları alandaki modellere göre çok değişik renklenme ve şekillere sahip olurlar. Hatta bunların aynı erkeklerle birleştikleri gözlenmesiydi her biri farklı tür olarak tanımlanabilirdi (Şekil 18.51). Dişilerin yumurta bıraktığı için daha çok korunmaya gereksinmesi olduğu düşünülebilir. Fakat bir yere konan kelebek, kanatlarını kapadığı için bu mimik renklerden yararlanamaz. Bazı bölgelerde de mimikri yapan dişilerin yanısıra mimikri yapmayan dişiler de görülür; bunlar beraberce aynı ortamda yaşayabilirler (Şekil 18.52).

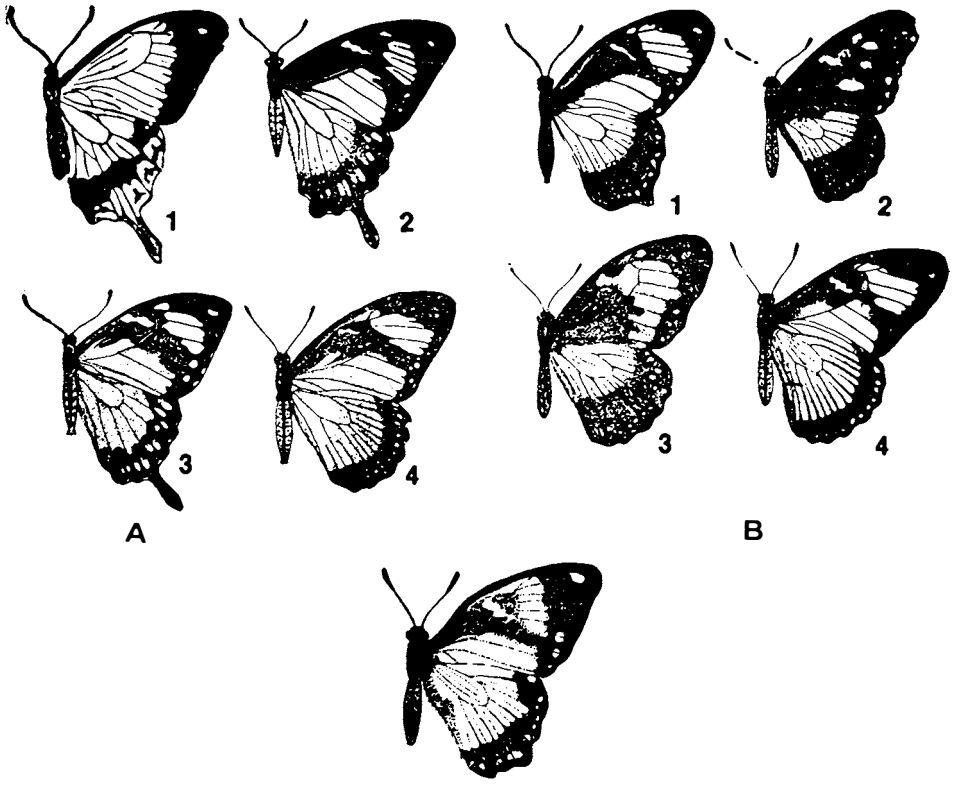
18.2.10.9. *Işık Çıkarmada Taklit*

Bazı kınkanatlılar *(Lampyridae)* ışık çıkarırlar. Abdomenin sonundan çıkarılan bu soğukışığın (lusiferinin, lusiferaz enzimi ile oksitlenmesi sonucunda) rengi (yeşil, sarı, mavi ve beyaz olabilir) ve saniyedeki yanıp sönme ritmi (bazıları iki uzun bir kısa; bazıları bir uzun, iki kısa; bazıları üç uzun vs.) türlere özgü değişiklikler gösterir (Şekil

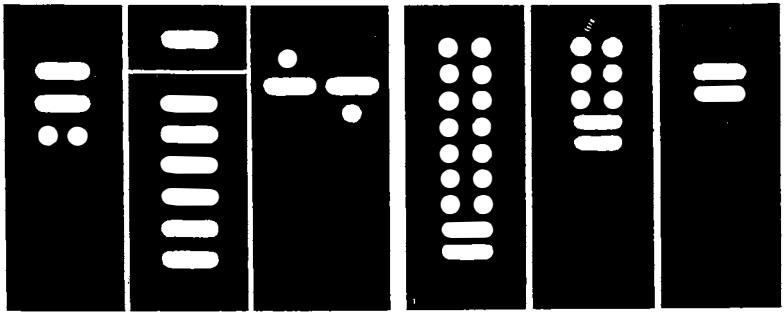


Şekil 18.51 : *Papilio merope*'nin erkeği (1) ve dişisi. 2a'daki dişisi, 2b numaralı *Danais chrysippus* dişisini; 3a'daki dişisi, 3b numaralı *Amauris niavius* dişisini; 4a'daki dişisi ise 4b numaralı *Amauris echeria* dişisini taklit eder (Hanstein'dan).

18.53). Bu hayvanlarla beslenen diğer bazı kınkanatlı türleri kendi bağlı bulundukları grupta ışık çıkarma yeteneği olmamasına karşın, ışık çıkarırlar ve bu ışığın ritmini avlayacakları böceklerin ritmine göre her defasında değiştirebilirler. Örneğin bir ateş-böceği türü saniyede iki uzun iki kısa ışık veriyorsa, onu gözleyen avcısı da iki uzun iki kısa ışık sinyali vererek avı kendine çeker veya onu kuşkulandırmadan yaklaşarak avlar.



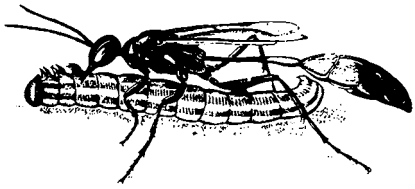
Şekil 18.52 : *Papilio dardanus.* A1. Erkek, A2. *Antinorii niavioides* dişisi, A3. *Ruspinae* dişisi; A4. *Trophonissa* dişisi; B1. *Hipocoon* dişisi, B2. *Cenea* dişisi, B3. *Planemoides* dişisi, B4. *Dionysus* dişisi, C. *Trimeni* dişisi. Erkekler taklitçi olmayıp birbirine benzedikleri halde, dişileri her bölgeye özgü olup, bu bölgenin zehirli bir başka kelebek türünü taklit ederler (Goldschmidt'den).



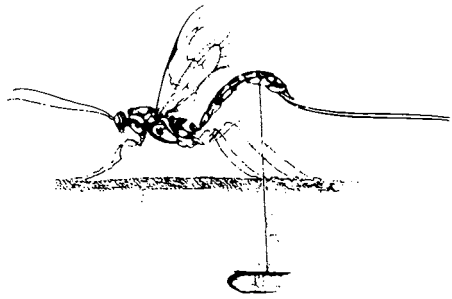
Şekil 18.53 : İki ateşböceği türünün çıkardıkları ışığın ritminin şematik olarak gösterilmesi. Çizgiler uzun periyotla; yuvarlaklar ise kısa periyotla verilen ışığı simgelemektedir. Sol tarafta *Lampyris noctiluca*'nın, sağ tarafta ise *Phausis splendidula*'nın sinyalleri gösterilmektedir (Wickler'den).

18.2.10.10. *Yumurta Parazitleri*

Birçok böcek türünün larvası, diğer böceklerin larvalarında parazit olarak yaşar. Örneğin bazı parazit arılar *(Hymenoptera)* yumurtalarını; larvalarını canlı olarak doğuran *Tachinid*'ler de (bir sinek familyası) larvalarını tırtılların üzerine veya içine bırakır (Şekil 18.54). Bazıları da, örneğin, *Rissa persuasoria*'da olduğu gibi uzun yumurtlama borularını odunların içinde yaşayan kurtçuklara batırır (Şekil 18.55). Odunun dış tarafından tırtılın nerede olduğunu nasıl bulduğu hâlâ çözülememiştir.



Şekil 18.54
Ammophila sp. (parazit arı)'i yumurtasını bırakacağı bir larvayı yuvasına taşımaya çalışmakta (Jacobs ve Renner'den).



Şekil 18.55
Rhyssa persuasoria, (parazit arı)'nın odun içerisindeki kurtçuğa yumurtasını bırakması. Yumurta borusu aşağı yukarı 30 mm.'dir (Jacobs ve Renner'den).

Omurgalı hayvanlardan yalnız bazı kuşlarda (guguk = *Cuculus canorus)* kuluçka parazitliği vardır. Diğer kuşlarda en azından kuluçka ve yavrularını besleme zamanında bir aile yaşamı görüldüğü halde, guguklarda bu yoktur. Erkek ve dişiler zaman zaman beraber olsalar da yuva yapma ve kuluçkaya yatma içgüdüleri zayıftır. Çiftleşen bir guguk dişisi yumurtlamak için böcekçil küçük bir ötücü kuşun yuvasına gider ve orada yumurtlar. Bazen yumurtasını toprağa bırakır ve sonra gagasıyla yuvaya taşır. Guguklar, yumurtalarını, henüz yumurta sayısı tamamlanmamış ve kuluçkaya yatmamış olan diğer kuşların yuvalarına bırakırlar. Arasıra asıl yuva sahibinin yumurtalarını da dışarıya atarlar. Gugukların gelişmeleri yuva kardeşlerinkinden daha hızlı olur. Yumurtadan çıkan genç guguklar özel bir içgüdü ile yuvadaki yabancı maddeleri, eğer yoksa, yuva kardeşlerini (asıl yuvanın sahiplerini veya yumurtalarını) dışarı atarlar. Böylece yuvada yalnız guguk yavruları kalır ve bunlar yabancı ana baba tarafından beslenir. Çünkü kuşlarda yavruya bakma içgüdüsü o kadar fazladır ki, yuvada ağzını açan her yavruya durmaksızın yem taşırlar. Buna karşılık yuvadan atılan yavrularıyla ilgilenmezler. İşin en ilginç yönü, guguk kuşları hangi yuvaya yumurta bırakacak ise, o kuşun yumurtasını renk bakımından taklit eder. Bu şekilde yuva sahibi kuş, yabancı yumurtayı kendisininkinden ayıramaz. Büyük bir olasılıkla belirli guguk ırkları, belirli kuşların yuvasında kuluçka parazitliği yapmaktadır. Buna göre ne kadar yuva sahibi kuş türü varsa, o kadar da guguk ırkı olması gerekir. Bu ırklar ancak yumurta renkleriyle birbirinden ayrılır.

VI. KISIM

EVRİMİ SAĞLAYAN DÜZENEKLER

19. BÖLÜM : DOĞAL SEÇME

20. BÖLÜM : EŞEYLE İLGİLİ SEÇME ve ÜREMEYE UYUM

21. BÖLÜM : ÜREMEDE YALITIM (İZOLASYON) ve TÜRLERİN KÖKENİ

22. BÖLÜM : EVRİMDE ŞANSIN ÖNEMİ (GENETİK SÜRÜKLENME)

19. BÖLÜM

DOĞAL SEÇME

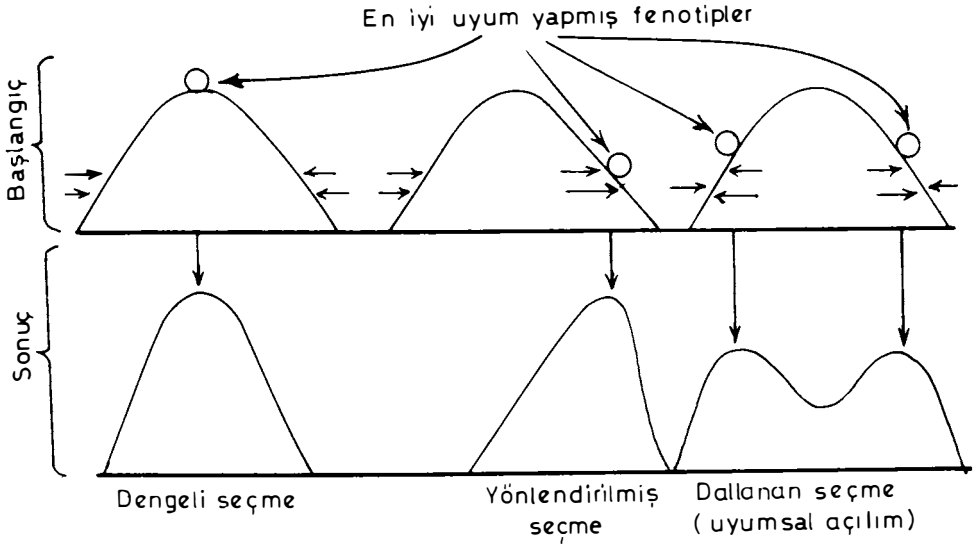
DARWIN, evrimde en önemli gücün **"Doğal Seçme"** olduğunu ileriye sürmüştür. **"Var Olmak İçin Savaşım"** ve **"En İyi Uyum Yapan Hayatta Kalır"** cümlecikleri DARWIN Ekolünün anahtarıdır. Bu, ilk anda fiziksel olarak güçlü olanın zayıfa üstün olduğunu savunur gibi görünürse de gerçek anlamda öyle değildir. Güç, birçok yerde üstün olmak için gerekli olabilir; fakat her zaman yeterli değildir. Çok keskin algılama organlarına sahip bir canlının, yaklaşmakta olan tehlikeyi veya avcısını hissedebilmesi, fiziki gücünden daha önemlidir. Aynı şekilde avına kurnazlıkla yaklaşan bir canlı, aynı avı fiziki gücüyle elde eden bir rakibinden daha üstün durumdadır. Keza bulunduğu çevreye uyum yapmış olanlar da düşmanlarından daha kolay gizlenirler ve kurtulurlar.

Hayatta kalma, yalnız başına evrimsel olarak birşey ifade etmez. Eğer taşıdığı genleri dölleri aracılığıyla gelecekteki gen havuzuna iletiyorsa anlamlıdır. Çünkü iki farklı bireyin gen bileşimi evrimsel açıdan önem taşır. Bu açıklamanın ışığı altında, doğal seçmeyi, kalıtsal olarak farklı populasyonların farklı üremesi şeklinde tanımlayabiliriz. Bir erkek hayvan kusursuz bir fiziksel yapıya sahip olabilir. Fakat, eğer kısır olursa ya da çiftleşme için yeterli olmazsa, ölümüyle birlikte taşıdığı genler de ortadan kalkar. Güçlü ve sağlıklı bir dişi, yavrularına bakma içgüdüsünden yoksun olursa ya da verimliliği düşük olursa, populasyonda önemli bir değişiklik meydana getirmez. Doğal seçme çevre koşullarına bağımlı olarak farklı şekillerde meydana gelebilir.

19.1. YÖNLENDİRİLEN SEÇME

Doğal seçmenin en iyi bilinen şeklidir. Özel bir çevreye sürekli uyum yapmak suretiyle belirli bir yönlendirilme ortaya çıkar. Çoğunluk büyük bir çevre değişimi ile meydana gelir (Şekil 19.1). Eğer nemli bir çevre giderek kuraklaşırsa, doğal seçmenin olumlu etkisi en az su kullanan düzeneğe sahip canlılar yönünde olur. Özel bir populasyondaki canlılardan pek az bir kısmı, üreyi yoğun hale getiren böbrekleri oluşturan genlere sahipse, bu tip canlılar suyu daha az yitirecekleri için diğerlerine karşı bir üstünlük kazanmış olurlar. Daha doğrusu boşaltım organlarındaki seçme bu yöne doğru olacağından ve en az suyla en çok artık madde atan düzeneğin böbrek olmasından dolayı, bu yöne doğru bir seçim, böbreğin ortaya çıkmasına neden olur. Birçok çöl faresi su içmediği gibi, sadece kuru maddelerle de beslenir. Fakat böbrek-

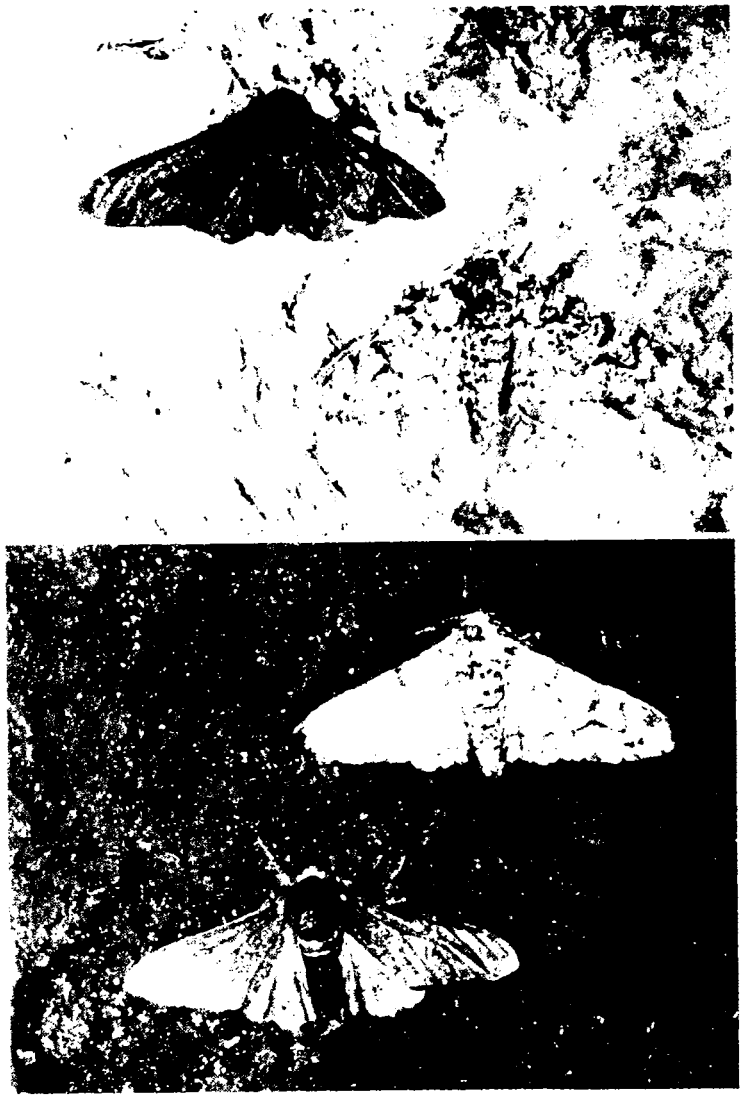
leri, üreyi, insana göre dört defa daha yoğunlaştırdığı için, metabolik olarak meydana getirilen sudan en artırımlı şekilde yararlanır. Nitekim su buharlaşmasını önleyen post ve deri yapısı, keza kumda yürümek için gelişen geniş yüzeyli ayak tabanları da bu doğal seçmenin bir sonucudur.



Şekil 19.1: Doğal seçme, etkisini üç farklı şekilde ortaya çıkarır: Uygun olan fenotipin kararlı kalmasını; daha az uyumlunun belirli bir yöne doğru seçilmesini; eğer ortama uyum bakımından birden farklı fenotip başarı sağlamışsa iki ya da daha fazla yönde bir uyumsal açılımın meydana gelmesini sağlar.

Sıcak çevreden soğuk çevrelere doğru göç eden canlılarda, soğuğa karşı korunmuş olanlar yönünde seçme ortaya çıkacaktır. Soğuk bölgelerde, örneğin kutuplarda yaşayan canlılarda kalın bir post, deri altında birikmiş yağ tabakası, onları soğuktan korur ve vücut sıcaklığının sabit kalmasını sağlar. Bu, yönlendirilmiş bir seçmenin sonucunda ortaya çıkar. Yani bu özellikleri meydana getiren genlere sahip canlılar, bu ortamda yaşamlarını sürdürdükleri sürece, çevrenin devamlı etkisi sonucunda, bu yöndeki bir etkinleşme ve gelişme sürekli desteklenir.

Bu yönlendirilmiş seçime çağımızdaki en çarpıcı örnek, Oxford Üniversitesinden FORD ve KETTLEWELL adlı iki araştırıcının gösterdiği koruma renklerinin evrimidir. İngiltere'nin çok sayıda fabrika bacası bulunan bölgelerinde yaşayan bir çeşit kelebeğin diğer bölgelerdekine göre daha koyu renkli olduğunu bulmuşlardır. Bu bölgelerden daha önce toplanan (sanayileşme çağından önce) örneklerin açık renkli olduğu kolleksiyonlardan bilinmektedir. Açık renkli olanlar, sanayi bölgelerinin dışında, ağaçların gövdelerinde bulunan beyaz veya açık renkli likenlerin üzerinde yaşadıkları için çevreye iyi bir uyum yapmışlar ve bunları avlayan kuşların bakışlarından kurtulmuşlardır. Sanayileşmiş bölgelerde, bacalardan çıkan kurum bu likenleri koyulaştırdığı için beyaz renkli kelebekler belirgin olarak görünmeye başlamışlardır. Buna karşın, koyu renkliler daha iyi uyum yapmışlardır (Şekil 19.2). Kuşlar, beyaz renkli olanları avladıkları için, koyu renkli olanlar yaşam üstünlüğü kazanmaya başlamış ve bun-

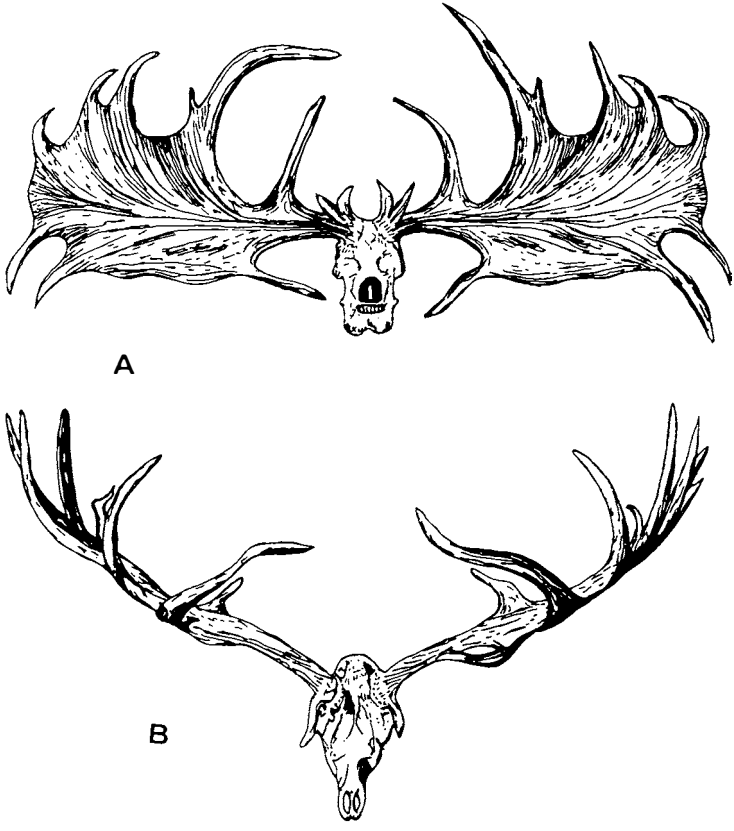


Şekil 19.2: Beyaz renkli kelebekler norı al ve yaygın formlardır. Benzer renkteki likenlerle örtülü ağaçların üzerinde yaşarlar. Çevre kirlenmesiyle zemin koyulaşınca koyu renkli kelebekler yaygın hale geçmeye başlar (Stebbins'den).

ların içerdikleri genotip, populasyonda artmaya başlamıştır. Bugün İngiltere'de hava kirliliği temizlenmiş olan bölgelerde beyaz formların tekrar başat duruma geçtiği görülmektedir.

"Orthogenezis" yönlendirilmiş doğal seçmeye verilen isimdir. Bu kuram, belirli doğal güçlerin, bir süreç içerisinde etki ederek uyum yapanların nasıl saklandığını ve o koşullara uyum yapmayanların ise nasıl ayıklandığını açıklar. Atın evrimi buna çok iyi bir örnektir (atın evrimine bkz.! Bölüm 23). Fosiller, küçük boyda ve

birçok parmakla yere değen (basan) bir atadan, tek bir parmakla yere değen (basan) iri vücutlu bir canlıya kadar değişimini çok iyi bir şekilde gösterir. Bundan aşağı yukarı 60 milyon yıl önce Senozoyik'in, Eosen periyodunda bugünkü atların atası, ev kedisi büyüklüğünde, ön bacağında dört, arka bacağında işlev gören üç parmaklı bir ataya sahipti. Bu ilk cinse *Eohippus* diyoruz; birkaç ara cinsten sonra, bundan 30 milyon yıl önce Oligosen'de *Mesohippus* cinsini meydana getirmiştir. Bu cins aşağı yukarı çoban köpeği büyüklüğündeydi ve ön ve arka bacakta işlev gören üç parmak vardı. Fakat ortadaki parmak yanlardakinden daha büyüktü. Miyosen'deki cinsler aşağı yukarı koyun büyüklüğündeydi ve yalnız bir parmak yere değiyordu, diğer ikisi iyi görünmesine karşın işlev görmüyordu. Pliosen'deki cinsler bir poni atına (bir dana büyüklüğündeki İskoç atı) benziyordu ve bugünkü atın tüm yapılarına sahipti. O günden bugüne kadar olan değişiklik, vücudun irileşmesidir ve sonuçta bugünkü at cinsini, yani *Equus*'u meydana getirmiştir. Fakat bulunan fosillerin bir arada değerlendirilmesi ile gerçekte atların evriminde birçok yan dallanmanın meydana geldiği ortaya çıkmıştır. Fakat bu yan dallar zamanla ortadan kalkmıştır. Bu dalların içerisinde bugünkü atlara yönelmiş olan dal, belki de en iyi uyum yapmış dal olduğu için bugünkü atların atasını meydana getirmiştir.



Şekil 19.3: İrlanda geyiğinin *(Megaloceros giganteus)* erkeği. A) Baş kaldırıldığında önden görünüşü, B) Baş aşağı indirildiğinde önden görünüşü.

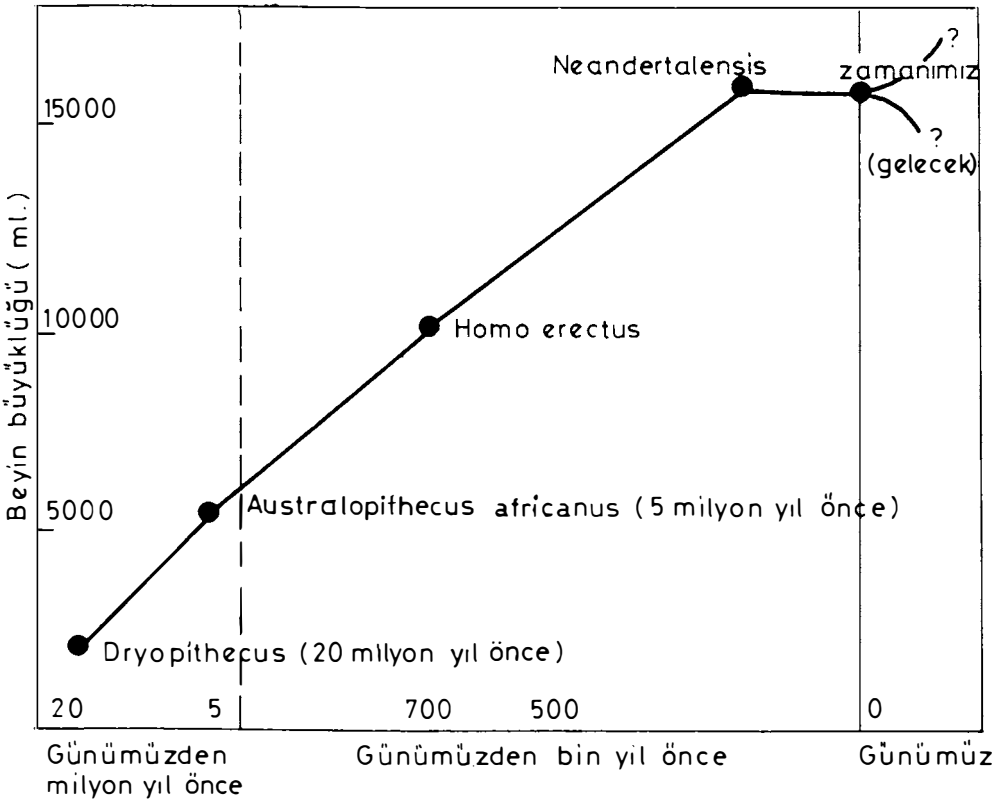
Birçok durumda, gelişmenin avantajlı noktadan da ileriye gittiğini gösteren bazı kanıtlar vardır. İrlanda geyiği, *Megaloceros,* buna çok tipik bir örnektir (Şekil 19.3). Bu geyik Pliyosen'den Pleistosen'e kadar Avrupa'nın büyük bir kısmında yayılmıştı. Bu zaman süreci içerisinde vücudu devamlı irileşti; fakat erkeğin boynuzları vücuduna oranla o kadar hızlı büyüdü ki bir zaman sonra taşınamaz ve hareket edilemez duruma geldiği için soyu ortadan kalktı. Genlerin yapısı ve mutasyonların amaçsız oluştuklarının anlaşılması üzerine orthogenezisin bir açıklaması olmadığı ortaya çıktı. GEORGE SİMPSON, büyük boynuzun, ancak gençlerin tercih edilmesi halinde, erkeklerde gelişebileceğini varsaydı. Gençler küçük boynuzlara sahip olduklarından daha çevik ve dolayısıyla dişilerle çiftleşme bakımından daha başarılıdırlar. Buna karşın yaşlı erkekler ağaçlık bölgelerde kendilerini kurtaramazlar. Büyük boynuzlar, çiftleşme mevsimlerinde erkeklerin savaş silahı olarak kullanılır, diğer zamanlarda herhangi bir yararı yoktur. SIMPSON'a göre vücut büyüdüğünde, kemiklerin büyüme hızı, vücudun büyüme hızından daha hızlı olmaktadır. Bu nedenle İrlanda geyiğinin vücudu büyürken boynuzları daha hızlı büyümüştür.

Kama dişli kaplan, *Smilodon,* orthogenezise iyi bir örnek olarak kullanılır. Bu kaplanın üst kesici dişleri ağız kapandığı zaman alt çeneyi aşacak derecede büyümüştü (Şekil 14.31). Beslenmesi büyük güçlüklerle gerçekleştiğinden, bir zaman sonra dölünün tükenmesine neden oldu. Bu kurama göre, dişler, başlangıçta bulunduğu canlıya yarar sağlayan büyük formlar şeklinde gelişmeye başlamıştı; fakat bir kere bu doğrultuda gelişmeye başlayınca, zararlı olacak dereceye gelinceye kadar gelişimine devam etmiştir. Başlangıçta avının boynunu etkin bir şekilde delen diş, sonraları ağzın iş göremez hale geçmesine neden olmuştur.

Hominid'lerin beyninin büyümesi de orthogenezise örnek olarak gösterilebilir. Beyin, zekanın merkezi olduğundan diğer fiziki özelliklere göre canlının daha iyi uyum yapmasını sağlayabilir. Dolayısıyla bu yöndeki gelişim hızla devam etmiştir. Belki bir gün bu gelişim insanları ortadan kaldıracak dereceye varacaktı. Bebeğin beyni ananın doğum kanalından geçemeyecek kadar büyüdüğünde, hem ananın hem de çocuğun ölümüne neden olacaktı. Bu nedenle beynin gelişimi belirli bir dengeye ulaşmış görünmektedir (Şekil 19.4). Büyüklük yerine korteksdeki katlanmalarla gelişimini devam ettirmektedir. Çünkü bizim beynimiz ile Cro-Magnon veya Neandertal insanınki arasında büyüklük bakımından fazla fark yoktur.

Belirli bir özellik için pozitif seleksiyon (olumlu seçme) baskısı olmadığında, yönlendirilmiş evrimin sürdüğünü gösteren kanıtımız yoktur. Birçok durumda pozitif ve negatif (olumlu ve olumsuz) seleksiyon (seçme) güçleri aynı zamanda etkilerini gösterirler. Yönlendirilmiş evrimin devam edebilmesi için pozitif seleksiyon baskısının da etkisini bu süreç içerisinde devam ettirmesi gereklidir.

Biz, yapay seçme ile, yönlendirilmiş evrimi, yarar noktasının ötesinde de devam ettirebiliriz. Evcil hayvanların çoğu bir veya birkaç özellik bakımından o şekilde seçime uğratılmıştır ki, bizim için değer taşıyan yanları geliştirilmiş; ama, buna karşılık doğada serbest yaşam gücünü büyük ölçüde yitirmiştir. Örneğin eti ve sütü



Şekil 19.4: İnsan toplumlarında yaşam mücadelesi için fiziksel güçten çok, zekayı oluşturan beyin gelişmişliğinin doğal seçmede olumlu yönde etkisi vardır. Fakat bir zaman sonra, doğum sırasında, ananın doğum kanalından geçemeyecek kadar büyük beyinli, dolayısıyla büyük başlı çocukların oluşması ters bir seçme olayını ortaya çıkarmıştır.

için beslenen ineklerin çoğu, örneğin Hollanda inekleri, doğada yalnız yaşama güçlerini tamamen yitirmişlerdir. Hatta bir veteriner olmadan doğuramazlar da. Et ve süt için beslenen ineklerin çoğu özel gıda, örneğin hububatlı besinleri yemek zorundadırlar. Daneli besinlerin tüketimi çoğaldıkça, bu tip evcil hayvanların yetiştirilmesi de güçleşmektedir. Bu nedenle eskiye dönüş, yani doğal koşullar altında kendini çoğaltabilen ve büyüyebilen hayvanları kullanma eğilimi artmaktadır. Örneğin, uzun boynuzlu Teksas inekleri, sadece, bir zamanlar korunmaya alınmasından ve antik özelliğinden dolayı saklanmasına karşın, bugün düşük kaliteli besinlerden et elde etmek için geniş ölçüde kullanılmaya başlanmıştır. Bizim ülkemizde de bulunan yerli evcil hayvanların bir stok olarak saklanması, gelecekteki dayanıklı ve verimli hayvanların yetiştirilmesi bakımından çok önemlidir.

Sürekli seçme suretiyle bir köpek kadar büyüklükte at yetiştirilmiştir. Birçok kültür bitkisi bazı özellikler bakımından o denli seçime uğramıştır ki yabanıl olarak yetişmesi artık olanaksızdır. Fakat bitkilerde de üstün ırklar elde etmek için ya da üstün ırkları yaygınlaştırabilmek için eski ve yabanıl formların ortadan kalkmasına

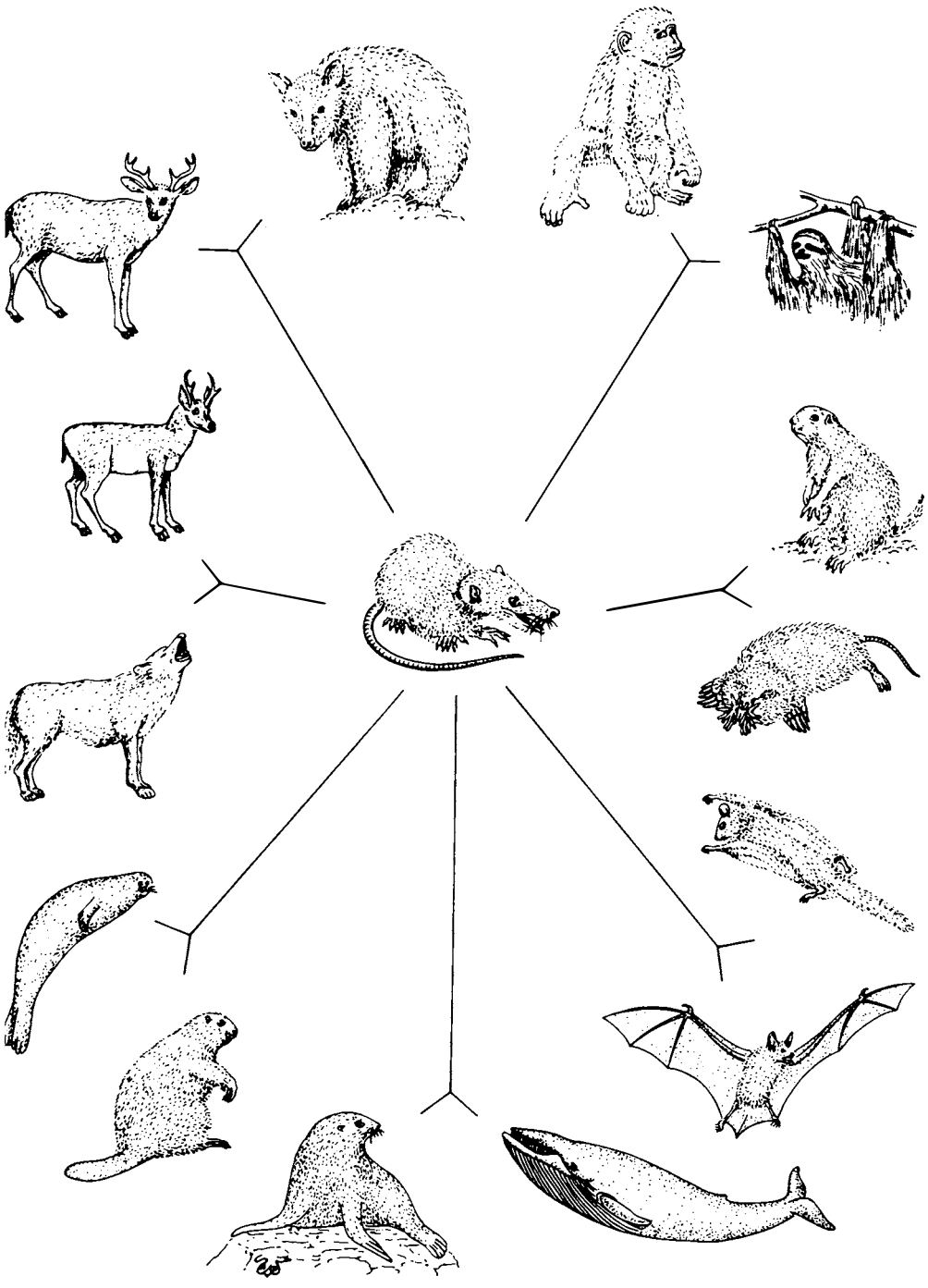
hiçbir zaman izin vermemeliyiz. Çünkü yeni formlarda bozulum oranı daha hızlı olduğu için, genlerin tekrar düzeltilmesi eski formlarla çaprazlamak suretiyle yapılmaktadır. Örneğin yeni yeni geliştirdiğimiz buğday, pirinç ve diğer tahıl ırkları, eski varyetelerin saklanması ve kullanılmasıyla elde edilmiştir. Özellikle seçilen bu yeni formlar ya üreme yeteneğinde değillerdir ya da zamanla üreme veya çimlenme yeteneklerini yitirmektedirler. Tekrar bu formları işler (ürer) hale getirmek için yabanıl formlarla çaprazlamak gerekir. Fakat, özellikle tahıl devriminden dolayı bu yabanıl ırkların soyu tükenmiştir veya tehlike içerisindedir. Yabanıl formlar kural olarak bulunduğu bölgeye en iyi uyum yapanlardır. Ticari önemi olmasa dahi bu stokların belirli bölgelerde saklanması geleceğin yeni ırklarını üretme bakımından evrimsel öneme sahiptir. Bu eski ırklardan genlerin toplanması suretiyle verimi yüksek ve hastalığa dayanıklı ırklar elde edilebilir. Tarım bitkilerinin ıslahı ile ilgili daha geniş bilgi Bölüm 15'de verilmiştir.

19.2. DENGELENMİŞ SEÇME

Eğer bir populasyon uzun zamandan beri dengeye kavuşmuş bir çevrede bulunuyorsa, doğal seçme, çok etkili ve devamlı bir gen havuzunun oluşmasına neden olur. Bu şekildeki dengelenmiş bir seçme, var olan gen havuzunu korur ve meydana gelecek sapmaları ortadan kaldırır. *Opossum* (keseli ayı) 60 milyon yıldan beri pek az değişikliğe uğramıştır. Bu, çok başarılı bir gen havuzunun bulunduğunu ve aynı kaldığını işaret eder. *Opossum*'un ataları, yapraklarını döken ormanlarda, bugünkü formunu alıncaya kadar oldukça hızlı bir gelişim göstermiştir. Diğer memelilerden çok daha aptal ve ağır hareketli olmasına karşın, düşmanlarına karşı çok başarılı bir ölü taklidi yaptığı için dikkati üzerine çekmez. Ayrıca yüksek üreme yeteneğinde olması da populasyon büyüklüğünün aynı kalmasını sağlar. Başarılı uyumlarından bir tanesi de her çeşit besinle, böcek, tohum, kök, yaprak veya organik kökenli herhangi bir maddeyle beslenebilmesidir. Besin çeşidinden bir ya da birkaçı yok olduğu veya azaldığı zaman büyük zarar görmez.

BUMPUS tarafından İngiltere'de yapılan bir çalışma, ev serçelerinin kar fırtınalarından etkilendiğini ve bir kısmının öldüğünü göstermiştir. Hayatta kalanların vücut ağırlıklarının kanatlarının uzunluğuna olan oranları belirli bir derecede idi. Yani vücut ağırlığının kanat uzunluğuna oranı belirli bir derecede olanlar yönünde seçme vardı; bu normdan sapanlar eleniyordu. Bu seçme, serçelerin belirli bir büyüklükte kalmasını sağlamıştı.

Dengelenmiş seçimin diğer bir örneği insan yavrusunun ağırlığıdır. 1000 - 3500 gr. ağırlığında doğan bebeklerin, 3500 - 5500 gr. ağırlığında doğan çocuklara göre yaşama şansı daha azdır. Vücut küçük olduğu için bu sonuca şaşmamak gerekir. Fakat 5500 gr.'dan daha ağır doğan çocukların yaşama şansı da 3500 - 5500 gr. doğanlardan daha azdır. Dengelenmiş seçim, burada, çocuğun belirli bir büyüklükte kalmasını sağlamaktadır. Belki, bu, ananın korunmasını da öngörmektedir.



Şekil 19.5: Uyumsal açılım. Tüm memeli hayvanlar ortadaki atadan köken almışlardır. Her biri farklı ortama uyacak şekilde değişmiştir (V.- W.- Barnes'den).

19.3. DALLANAN SEÇME (UYUMSAL AÇILIM)

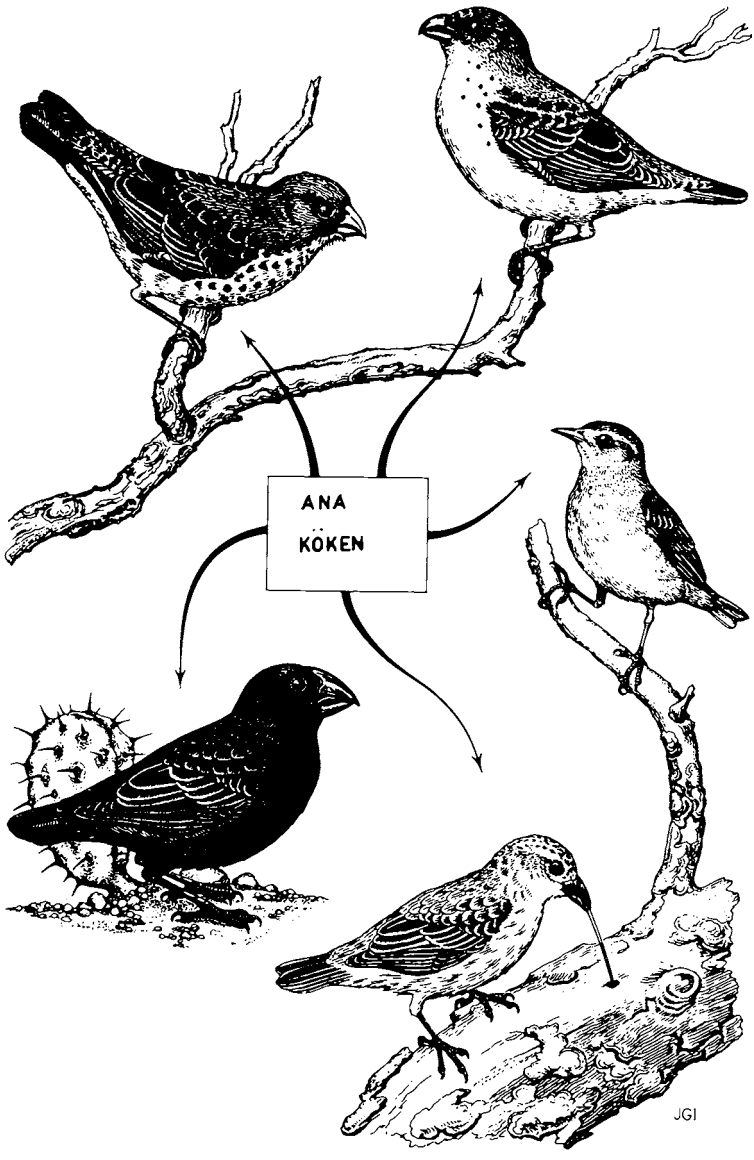
Dengeli seçimin tersi bir durumu açıklar. Kantitatif özellikleri değişik olan grupların her biri ayrı ayrı korunabilir ve aynı kökten gelen iki ya da daha fazla ırk meydana gelebilir (aynı bölgede). Bu, çoğunlukla populasyon içerisinde benzer özellikleri gösteren bireylerin çiftleşmek için birbirlerini tercih etmelerinden dolayı ortaya çıkar. Bunun yanısıra bir canlı grubu, fiziksel ve kimyasal koşulları farklı olan yeni ortamlara yayılıp oralarda yaşama şansını bulursa, uyumsal açılım meydana gelir. Besin ve yer için yarışma dolayısıyla her canlı grubunda yayılma ve ulaşabildiği kadarıyla yeni ortamları işgal etme eğilimi vardır. Aynı kökenden gelmiş bir hayvan grubunun farklı ortamlara dağılarak meydana getirdiği çeşitlenmeye "Uyumsal Açılım" denir. Bu, canlıların yeni besin kaynakları bulması ve düşmanlarından kaçması bakımından önemlidir (Şekil 19.5).

DARWIN'in işaret ettiği Galapagos İspinoz kuşları bu tip bir seleksiyonla meydana gelmiştir (Şekil 19.6). Bu kuşların atası, güney Amerika'dan bu adalara ulaştıktan sonra, volkanik patlamalar olmuş ve her adanın kuşu kendine özgü bir şekilde değişime uğramaya başlamıştır. Bu, her kuş çeşidinin o adanın özelliklerine uyum yapmasına kadar gelişmiş ve sonuçta birbirinden farklılaşmıştır. Bazıları sadece toprak üstü kuşudur, bazıları tohumla, bazıları böcekle geçinir. Dolayısıyla şekil ve gaga büyüklüğü bakımından farklılıklar gösterir.

Bir çevre içerisinde canlıların dengede yaşadığı özel ortamlar bulunur. Bu ortamlara ekolojik nişler denir. Kural olarak gereksinmeleri aynı olan iki farklı tür, aynı zamanda, aynı nişi işgal edemezler. Bir tanesi daha etkin ise diğerini dışarıya kovar. Eğer herhangi bir niş boşsa bazı canlılar çeşitlenmek suretiyle yeni ortama uyum yapar ya da dışarıdan göçle gelen canlılar tarafından işgal edilir. Rakip olmadığı için uyum başarıyla yürütülebilir. Eğer bir ortamda aynı zamanda iki niş boş ise o zaman dallanan seçme ile aynı türün çeşitlenerek iki nişi de işgal etmesi sağlanır.

Mezozoyik sürüngenleri birçok cinse dallanarak uçan türleri *(Pterosaurus)*, sucul türleri *(Ichthyosaurus)*, otçul türleri, etçil türleri ve arboreal formları meydana getirmiştir. Sürüngenler yok olmaya başlarken boşalttıkları nişleri memeli hayvanlar doldurmaya başlamıştır. Belki de memeliler sürüngenleri bu nişlerden sürmüşlerdir. Böcek yiyen, beş parmaklı, kısa bacaklı, tabanlarına basarak yürüyen, ilkel bir memeliden, bugünkü plazentalı hayvanlar türemiştir (Şekil 19.5). Köpek ve geyik karada yaşar; yaşamak için koşmak zorundadırlar. Sincaplar ve primatların büyük bir kısmı ağaçlarda yaşarlar; tutunmak ve sıçramak zorundadırlar. Yarasalar uçucudur. Kunduz ve ayıbalıkları, suya bağımlı olarak yaşarlar. Balina, yunus ve denizöküzleri tamamen sucul yaşama uymuşlardır. Köstebek ve körfare kazıcıdır; dişlerinin sayısı, şekli; bacaklarının uzunluğu ve kemik sayısı; kaslarının sayısı ve bağlanma yerleri; kürkün kalınlığı ve rengi uyumsal açılıma tipik örnektir.

Avustralya'da keseli memelilerden daha gelişmiş bir grup yoktur. Çünkü bu kıta ana kıtadan ayrıldığı zaman ancak bu grup gelişmişti (jeolojik kanıtlara bkz.I) Keseli memeliler Avustralya'da birçok ekolojik nişi işgal ederek dallanmaya uğramıştır.

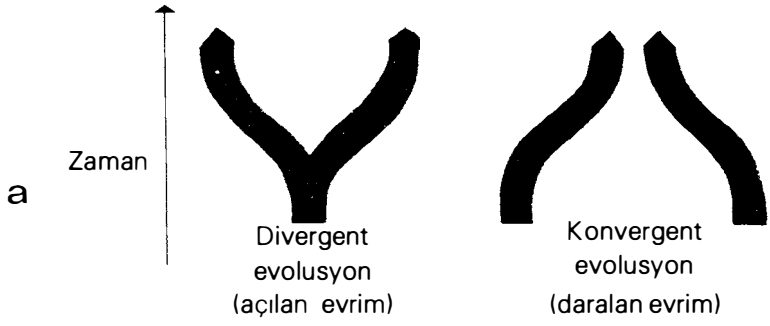


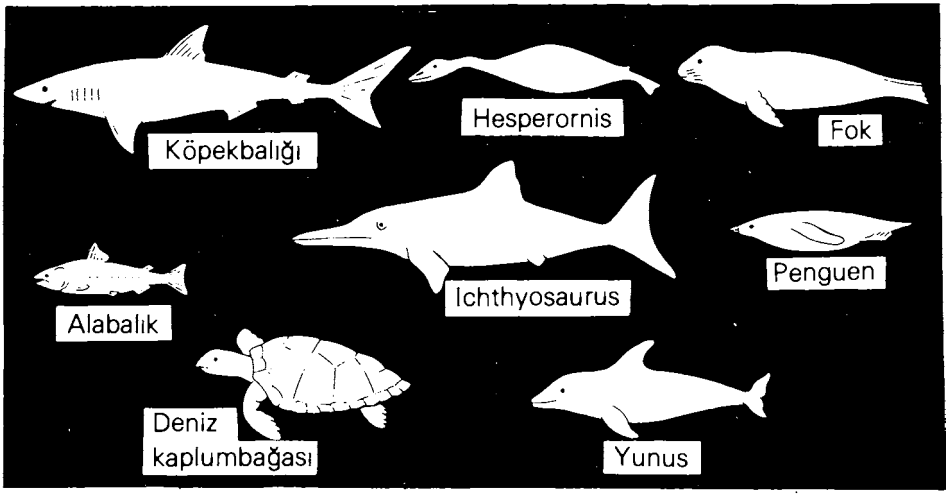
Şekil 19.6: Galapagos adalarında aynı kökenden gelen ispinoz kuşlarının yaşadığı ortama göre farklılaşarak türleşmesi (Stebbins'den).

Dünyadaki çayırlı her bölge, temel olarak otçul hayvanları, onların üzerinde beslenen ve çoğalmalarını bir çeşit kontrol altında tutan etçil hayvanları ve her ikisinin de üzerinde beslenen leşçil canlıları içerir. Afrika'daki antilop ve çift tırnaklı hayvanlar, onlarla beslenen aslan, leopar, çakal gibi memeliler ve akbaba gibi leşçil kuşlar buna tipik örnektir.

Tek bir kökten gelen canlı grubu çeşitli çevre koşullarına uyum yaparak dallanıyorsa buna "D i v e r g e n t = A ç ı l a n - E v r i m" denir (Şekil 19.5). Bunun

tersi ise iki ya da daha fazla canlı grubunun, benzer ortamlara uyum yapmak için benzer yapıları kazanmalarıdır. Bu tip evrime de "K o n v e r g e n t = D a r a l a n - E v r i m" denir (Şekil 19.7). Uçan sürüngenlerin, uçan memelilerin; kuşların ve böceklerin kanat şekli kazanmaları gibi. Yunusbalıklarının, soyu kalmamış *Ichthyosaurus*'ların, kemikli ve kıkırdaklı balıkların hepsi hidrodinamik (su direncini azaltacak) yapıya , sırt yüzgecine, kuyruk yüzgecine, kürek şeklinde ön ve zayıf bir arka bacağa sahip olmalarıyla birbirlerine büyük bir benzerlik gösterirler. Kazıcı hayvanlar da ön bacaklarının kazmaya uyum yapmasıyla ortak bir yapı kazanmışlardır. Mürekkepbalıklarının, balıkların ve memelilerin göz yapısı köken bakımından birbirinden farklı olmasına karşın aynı işlevi görürken kazandıkları şekil benzerliği bakımından daralan evrime tipik bir örnek oluştururlar.





Şekil 19.7: Divergent (açılan) ve konvergent (daralan) evrim.

a) Divergent ve konvergent evrimin zamana göre konumu.

b) Konvergent evrim. Tüm suda yaşayan canlılar, uzak akrabalıklarına karşın şaşılacak derecede şekil olarak birbirine benzer.

19.4. DOĞAL SEÇMEDE ÖNEMİ DAHA AZ OLAN GÜÇLER

Doğal seçme, üreme ve yaşamada değişiklik meydana getiren tüm güçlerin toplamıdır. Bu güçlerin bir kısmı açıkça görülmez; belirli araştırmaların sonucunda anlaşılabilir. Biz bu gizli güçlerin bazılarını ve işleyişlerini kısaca görelim.

19.4.1. HETEROZİGOTLAR YARARINA SEÇİM (Dengelenmiş Polimorfizm)

Bazı genler homozigot olarak bulunduklarında çok zararlı olmalarına karşın, oransal olarak populasyonda miktarları fazla olabilir. Bu ilginç durum, heterozigotların üstünlüğü açıklandıktan sonra anlaşılmıştır. Bazı durumlarda, canlılar, zararlı özellik meydana getiren bir geni ve onun alleli olan normal bir geni beraberce taşıdığında, yaşama savaşında homozigot normal genleri taşıyan canlılardan daha üstün olabilirler.

19.4.1.1. *Sirkesineğinde Dengelenmiş Polimorfizm*

Bu ilke meyvesineklerinde gösterilmiştir. Abanoz renk (siyah) çekinik, bunun alleli olan açık gri renk başat olarak kalıtılır. Heterozigotlar gri renklidirler ve homozigot gri renkli olanlara karşı bazı üstünlükleri vardır. Pek az bir yabanıl gri meyvesineği (=sirkesineği) birçok birey içeren abanoz renkli bir kültür içerisine bırakıldığında (5:95 oranında), gri bireyler doğal seçme ile tutulduğundan, gri rengi meydana getiren genlerin sıklığı populasyonda artar ve 20 döl sonra bu oran 72:28 gibi olur. Bu, abanoz renklilerin doğal seçmede dezavantaja sahip olduğunu gösterir. Belki vücut rengi dezavantaj değildir ama, abanoz rengini meydana getiren gen yaşam savaşında şansı azaltan pleiotropik bir etkiye sahiptir. Eğer bu doğruysa, o zaman, abanoz rengi meydana getiren genler populasyonda, yok oluncaya kadar azalmak durumundadır. Fakat durumun böyle olmadığı, populasyonun % 15'i abanoz renkli olduğunda kararlı bir dengenin oluştuğu saptanmıştır. Bu denge en az 60 döl kadar izlenmiştir. Burada iki zıt güç etkilidir. Bir tanesi genler homozigot olduğu zaman (abanoz rengi bakımından) aleyhte, diğeri heterozigot olduğu zaman lehte seçim yapar. Heterozigotlar bazı yaşam üstünlükleri taşıdıkları için seçilirler ve dolayısıyla abanoz genler de bu şekilde saklanmış olur. Bu ilkeye "D e n g e l e n m i ş P o l i m o r f i z m" denir. Bu konuyu daha anlaşılır hale getirmek için tipik bir örnek daha verelim.

19.4.1.2. *Orak Hücreli Anemide Dengelenmiş Polimorfizm*

Böyle bir denge, bir gen homozigot olduğu zaman öldürücü olduğunda da oluşabilir. "O r a k H ü c r e l i A n e m i" buna örnektir. Bu gen homozigot olduğu zaman çok ağır bir anemi meydana gelir ve birey çok defa üreme yaşına ulaşmadan ölür. Yakın zamana kadar bu kalıtsal bozukluğa sahip bireyler doğumdan birkaç yıl sonra ölüyorlardı. Son zamanlarda özel muamele ile yaşam süreleri uzatılmaktadır. Bu gene karşı bu denli negatif (olumsuz) bir seçme olmasına karşın, bazı populas-

yonlarda bu genin frekansı % 40'ın altına düşmez. Bu frekansta anemi geni taşıyan bir populasyonda çocukların % 16'sı homozigot anemik olarak doğar. Heterozigot bireyler malaryaya karşı dayanıklı oldukları için bu gen ortadan kalkmaz. Anemi geni (S) normal hemoglobinin (A) bir çeşidi olan S hemoglobinini meydana getirir (10. Bölüme Şekil 10.25'e bkz.!). Heterozigot bireyler bir miktar S hemoglobini taşıdıkları için malaryaya karşı dayanıklıdırlar; bununla beraber öldürücü olmayan bir anemi rahatsızlığına da sahiptirler. Malarya parazitleri hemoglobin S içeren alyuvarlar içerisine girmezler; dolayısıyla hemoglobin A'ya karşı bir üstünlükleri vardır. İki zıt güç aynı zamanda, belirli bir denge içerisinde işlev görür. Biri homozigot anemik genler için, diğeri malaryaya dayanıklı olmayan homozigot normal genler için aleyhte işlev görür. Bu nedenle malaryanın yaygın olduğu bölgelerde, özellikle Afrika'da, bu genler bakımından belirli bir denge vardır (24.2.4'e bkz.!).

Afrika'da yapılan çalışmalarda bu genin frekansı ile malarya arasında olumlu bir ilişki bulunmuştur. Malaryanın yok edildiği bölgelerde ve Amerika'ya göç eden zencilerde, S genini koruyan faktör ortadan kalktığı için, frekansta azalma görülmüş ve bu oran % 10'a düşmüştür. Beyazlarda bu oran o kadar düşüktür ki, kural olarak anemili bir çocuğun doğması düşünülemez ve şimdiye kadar da saptanmamıştır. Çünkü bu bölgelerde heterozigotlar için yararlı bir seçme baskısı yoktur.

19.4.1.3. *Melez Üstünlüğü*

Zararlı özellik gösteren genlerin populasyonlarda gereken miktardan daha sık bulunması —bugün birçoğunu bilmediğimiz— heterozigot halde, bulunduğu canlıya yarar sağlamasındandır. Yapay seçme ile zararlı özellikleri ortadan kaldırırken, heterozigot bireylerin ortaya çıkmasını da azaltmış oluruz. Bu durum çok defa vitalitenin azalmasına neden olur. I.M. LERNER, tavuklarda çarpık parmak olarak bilinen çekinik özellikler üzerinde denemeler yapmıştır. Çarpık veya kıvrık parmak, yürümede tavuğa büyük güçlükler çıkarmaktadır. Birçok tavuk yetiştiricisi bu hoş olmayan bozukluğu stok çaprazlamaları ile ortadan kaldırmıştır. Fakat kıvrık parmak geni ortadan kaldırıldığında, stoğun vitalitesinin düştüğü gözlenmiştir. Bu, bu genin homozigot halde zararlı, heterozigot halde yararlı olduğunu kanıtlar.

Birçok hayvan grubunda heterozigotluk daha iyi bir uyum yapılmasını sağlar. Biz her zaman bu heterozigotluğun neden yararlı olduğunu anlayamayız. Özünde, heterozigotluk, bir çeşit 'H e t e r o z i s' veya 'H i b r i t G ü c ü' dür. Katır, at ile eşek arasında bir melezdir. Hem attan hem de eşekten daha güçlü ve dayanıklıdır. Bugün kültür bitkisi olarak kullanılan, özellikle tahıl ırkları, bu melezlenmenin bir ürünüdür. Birçok sebze ve çiçek türü de bu melezlemenin sonucunda elde edilmiştir; satıldıklarında etiketlerinin üzerinde **'Hibrit Tohum'** diye yazılır. Tüm bu hayvan ve bitkiler birçok gen bakımından, saf kökenlerine göre, heterozigot şekilde bulunurlar.

"**Üstün Başatlık**" heteroziste bir faktör olarak ileriye sürülmüştür. Birçok gen normal gelişimde dominant (başat)'tır. Başatlığın evriminde, bir gen, normal bir fenotip için gerekli olan maddeyi en iyi oranda (optimal) üretebilme yeteneğini

kazandığı zaman diğer tüm genlere, mutant allelerin etkisine göre üstünlük sağlar. Bazı durumlarda, iki başat gen bir arada bulunursa, meydana getirdikleri ürünler bir canlıya gerekli olandan daha fazla olabilir ve aşırı bir yüklenme sonucu zararlı etkiler ortaya çıkar. İşte iki başat genin lethal olması bu nedene dayanabilir. Tek başat gen daha uygun miktarda madde üretimini sağladığı için, heterozigot hali üstün duruma geçer. Hatta çekinik genlerin homozigot olduğu zaman da zararlı etkilerin ortaya çıktığı durumlar vardır. Fakat heterozigot olduklarında daha üstün bireylerin ortaya çıkmasını sağlayanlar olduğu için, bu tip çekinik genler populasyonlardan tamamen yok olmazlar; belirli bir oran içerisinde bulunurlar. Daha geniş bilgi için insan populasyonlarını inceleyen bölüme bakınız (Bölüm 24'e bkz.).

19.4.2. UYUM YETENEĞİ OLMAYAN ÖZELLİKLER YARARINA SEÇİM

Bazı türlerdeki özelliklerin, homozigot ve heterozigot halde yarar sağlamadıkları ve bazı durumlarda da zararlı olduğu gözlenmesine karşın, frekansları populasyonlarda oldukça yüksektir. Bu, en iyi uyum yapan hayatta kalır ilkesine ters düşer. Fakat, bu durumun, kabul edilebilir bir açıklaması olmalıdır. Bu şekildeki genler pleiotropik etkiye sahip olmalıdır. Bir tarafta görünebilir bir zarar meydana getirirken, diğer taraftan açıkça görülemeyen yararlar sağlamaktadır. Zararlılık ve yararlığın toplam değeri doğal seçmeyi verir; bu da o genin populasyonda belirli bir denge oluşturmasına neden olur.

Birçok yabani soğan ve onunla ilgili ırkları kırmızı ya da kurmay kırmızısı renginde yumruya sahiptir. Hatta bazı kültür soğanları da tamamen kırmızı renklidir. Fakat ticari soğanda sarı ve beyaz renk tutulduğu için, seçim bu yönde olmuştur ve kırmızı gen elenmeye çalışılmıştır. Yalnız sofralarda süs olsun diye bazı kırmızı soğanların ekimi yapılmıştır. Soğanlar, fungisid (mantara karşı kullanılan ilaçlar) kullanılmadan yetiştirildiğinde, kırmızı soğanların beyaz ve sarı soğanlara göre çok daha dayanıklı olduğu görülür. Soğana kırmızı rengi veren madde fungisid yapısında olduğu için bitkiyi mantar hastalıklarından korur. Bu ise görünmez bir üstünlüktür.

Bazen yararlı bir gen aynı kromozom üzerinde zararlı bir gene çok yakın olarak bulunur ve her iki gen beraberce kalıtılma özelliği gösterirler. Eğer yararlı genin etkisi toplam değer bakımından zararlı genden daha fazla ise, yani bireye sağladığı yarar öbür genin zararından fazla ise, zararlı gen de bu şekilde kalıtılma olanağını bulur. Bu şekilde uyum yeteneği olmayan özellikler de populasyonlarda saklanmış olur. Krossing-over aynı kromozom üzerindeki genleri birbirinden ayırabilir. Fakat iki gen birbirine çok yakın ise krossing-over meydana gelme şansı çok az olur. Böyle bir bağlantı Birmingham Üniversitesinde KENNETH MATHER tarafından meyvesineklerinde gösterilmiştir. KENNETH, sineğin 4. ve 5. karın segmentlerinin üzerinde ortalama 36 kadar kılın olduğunu göstermiştir. Seçme ile kıl sayısı iki misli olan ırklar elde etmiştir. Kıl sayısı poligenik bir kalıtım olduğu için seçmeyle bu sayının yükseltilmesi mümkün olmuştur. Fazla kıllı bireyler daha az verimli idiler ve vitaliteleri daha düşüktü. Kıllılığı meydana getiren genler zararlı gen veya genlere çok yakın bulunuyordu. Kıl sayısının

değişimiyle birlikte vücuttaki pigmentasyon, göz şekli, dişideki resaptakulum seminisin sayısı değişmekteydi. Seçme durdurulduğu zaman kıl sayısı tekrar normal sayısı olan 36'ya düşüyor ve diğer özellikleri de normale dönüyordu. Aynı populasyonda daha sonra yapılan seçmelerle, çok kıllılığın verimi ve vitaliteyi düşürmediği bir ırk elde edildi. Bu, çok kıllılık ile zararlı genleri birbirinden ayıran bir krossing-overin oluşmasıyla mümkün olmuştu.

Büyük bir olasılıkla populasyon meydana gelirken uyumsal olmayan bu tip genlerin kromozom üzerindeki dağılımı, populasyonlarda gen frekanslarının yüksek olmasını sağlamıştır. Bu, genetik sürüklenmenin bir çeşididir ve "Kalıp İlkesi" olarak bilinir (Bölüm 22'de daha geniş olarak verilmiştir). Eşeysel seçme de belirli özelliklerin kalıtılmasını sağlar. Örneğin birçok kuşta uyum bakımından bir yarar sağlamamasına karşın renkli ve uzun tüylerin bulunması buna örnektir. Bu, başarılı bir çiftleşmeye uyumdur; fakat birey için zararlı da olabilir. Bu konu bölüm 20'de ayrıntılı olarak tartışılacaktır.

19.4.3. PREADAPTASYON (ÖNUYUM)

Bir türün soyunu devam ettirebilmesi için, değişen çevre koşullarına sürekli uyum yapabilme yeteneğinde olması gereklidir. İlk canlılığın ortaya çıkmasından sonra geçen bu denli uzun bir süre içerisinde birçok canlının ortaya çıkıp daha sonra ortadan kalkmasının nedeni, değişen çevre koşullarına uyum yapamamasından dolayıdır. Çünkü uyumsal yeteneğe sahip mutasyonların oluşma şansı çok azdır. Bu nedenle bir canlının çevre değişikliklerine uyma hızı düşüktür. Önuyum bu konuda belirli bir açıklama getirebilir. Yani çevre koşulları değiştiği zaman canlı bu değişime parelel olarak veya onun etkisinde değişmez; değişiklik meydana geldiği zaman canlıda bu değişikliğe uyum yaptıracak özellikler daha önceden oluşmuştur. Daha önceki konularda da işlediğimiz gibi tüm türler bulunduğu ortama uyumu sağlamayan mutant genleri de biriktirir ve gerektiğinde bunları kullanır. Bu tip genlerin ne zararı ne de yararı olmadığı için herhangi bir seçme düzeneği elemeye neden olmaz ve belki döller boyunca herhangi bir işlevi olmadan kalıtılır. Çevre değiştiğinde bu genlerin bazıları yarar sağlayacak özelliklere sahip olursa, o zaman o genin yararına seçme başlar. Sonuç olarak populasyonlar taşıdıkları bu nötral genlerin miktarı oranında değişen çevre koşullarına hızlı uyum yapma şansına sahiptirler. Bu stok olmaksızın canlıların yaşamlarını sürdürmeleri çok zor olacaktı. Çünkü canlı yeni ortama uyum yapacak mutasyonların oluşmasını bekleyecek kadar zamana sahip olmayabilir. O zaman jeolojik devirlerde olduğu gibi yok olur.

Bu konuyu biraz daha açıklamak için bakterilerden örnek verelim. 1930 yılında gonorrhea (belsoğukluğu hastalığı) hastalığına karşı sulfamit denen harika bir ilaç bulunmuştu. Bu ilaç kullanıldığı zaman birkaç gün içerisinde hastalık tümüyle temizleniyordu. Fakat pek az durumda, birkaç gün içerisinde bu ilaca karşı dirençlilik kazanıldığı görüldü. Tam bir muamele dahi başarılı olmuyordu. Bu ilacın yoğun olarak kullanılmasından birkaç yıl sonra gitgide bu ilaca karşı dirençlilik çoğaldı ve bir zaman

sonra da etkisini tümüyle yitirdi. Başlangıçta populasyon içerisindeki pek az bireyde bulunan bazı enzimler sülfamidi zararsız bir maddeye çevirme yeteneğine sahipti. Bu ilacın olmadığı ortamlarda, bu enzimi meydana getiren genler zararlı ve yararlı olmadığı için populasyon içerisinde şansa bağlı olarak bazı bireyler arasında dağılmıştı ve döller boyunca değişmeden kalıtılıyordu. Fakat sülfamitli bir ortama konulunca bu sefer bu genlerden bazıları, yani parçalayıcı enzimi meydana getirenler, ancak, yaşama şansını buluyorlardı; diğerleri parçalanıyorlardı. İşte bu enzimi taşıyanlar bir "P r e a d a p t a s y o n a = Ö n u y u m"a sahiptiler. Seçme, bu genlerin populasyonda frekansının artmasına neden oldu ve tam dayanıklı populasyonlar ortaya çıktı. Büyük bir şans eseri bu sırada penisilin bulundu ve uzun bir süre belsoğukluğunun tahribatını önledi. Fakat aynı mekanizma bu sefer de penisilin için işlediğinden, zamanımızda artık dayanıklı ırklar elde edilmeye başlanmıştır.

Bakterilerin uyum yaptıkları ilaçların yerine devamlı yenilerini bulmak zorundayız. Bu nedenle her gün piyasaya yeni antibiyotikler çıkarılmaktadır. Bazı durumlarda karışık antibiyotiklerin verilmesi de bu nedenledir. Çünkü bir antibiyotik türüne dayanıklı olan bir bakteri, diğer birine olmayabilir ve bu nedenle dayanıklı türler oluşmadan tümüyle ortadan kaldırılabilir. Fakat kural olarak bu yöntem de tam başarılı olamamıştır. Bu nedenle biraz evrim ve biyoloji bilgisi olan herkes, antibiyotiklere karşı daha dikkatlidir. Küçük enfeksiyonlarda antibiyotik kullanmaktan kaçınmak, kullandığımız zaman da tam dozunu vermek zorundayız. Çünkü az miktarda verilen antibiyotik dayanıklı ırkların ortaya çıkmasına neden olacaktır. Ayakta kalanlar öyle bir gen kombinasyonu meydana getirirler ki ileride verilecek yüksek dozdaki antibiyotikler de artık etki gösteremez.

Streptomisin çok etkili bir antibiyotik olmasına karşın, LEDERBERGin yaptığı deneyde olduğu gibi az dozlarda verildiğinde mikroorganizmaların pek azı dirençlilik kazanır. Kurtulanların içinden bazıları da daha yüksek yoğunluktaki ortamlara dirençlilik gösterir ve bu deneme belirli bir süre devam ettiğinde bir zaman sonra tam doza dirençli ırklar elde edilmiş olur. Bu dirençliliğin adım adım olması poligenik kalıtımın bir sonucudur. Her defasında belirli genlerin kombinasyonları bu dirençliliği sağlar; eski ve yeni mutasyonlar bu arada kullanılır.

Önuyum, böceklerde, DDT geniş ölçüde kullanılmaya başlandığı zaman da gözlenmiştir. Sığırları ve atları rahatsız eden sineklere karşı kullanılan sulandırılmış DDT bir zaman sonra onlarda dirençli ırkların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu yeni ırklar, DDT'yi zararlı olmayan diğer bileşiklere çevirebilen enzimleri kazanmışlardır. DDT'nin belirli bir süre kullanıldığı çevrelerde her çeşit böceğin dirençli formlarının ortaya çıktığı gözlenmiştir. Evrimin ana gücü, canlılığın sürdürülmesi için sonsuz bir çabayla sürekli olarak işbaşındadır. Doğal seçme, uygun gen kombinasyonlarıyla canlıya bu yetkinliği vermiştir.

Üretim artıklarımızın devamlı olarak çevremizi kirletmesine ve zehirlemesine ancak bu düzenekle karşı konulabilir. Örneğin hava kirlenmesine karşı doğal seçme ile bazı bireylerin uyum yapması sonucu dirençli bir populasyonun oluşma olasılığı

vardır. Nitekim bazı bireylerin bu kirlenmeye karşı daha dirençli olduğu gözlenmektedir.

19.4.4. RENK UYUMU (KAMUFLAJ) İLE YAŞAM ÜSTÜNLÜĞÜ SAĞLAMA

Hayvanlar, genellikle doğal çevrelerine benzer şekilde renklenmişlerdir. Bu, onlara düşmanlarından korunmak ve gizlenmek için büyük yarar sağlar. Bazılarına ise, özellikle avcılıkla geçinenlere, avlarına hissettirmeden yaklaşmasını sağlar. Canlı, bu uyumun başarısı oranında, yaşam savaşında üstünlük kazanır. Bu şekildeki kamuflajın nasıl oluştuğunu anlamak oldukça kolaydır.

En güzel örneklerini böceklerde görmekteyiz. Eğer bir böcek beslendiği bitkinin veya üzerinde yaşadığı toprağın tam zıttı bir renklenmeye sahip olursa, düşmanları, özellikle kuşlar tarafından kolaylıkla seçileceklerdir. Birçok böcek bu bakımdan bulunduğu yere (Şekil 18.27) ve üzerinde yaşadığı bitkiye renk ve daha sonra göreceğimiz gibi şekil bakımından (Şekil 18.30-36) mükemmel uyumlar yaparlar. Hatta çok dikkatli bakmadığımız zaman doğadan ayıramaycağımız birçok canlı türü bilinmektedir. Renk bakımından çevreye, özellikle cansız ortama uyum yapmaya "H o m o k r o m i" denir (Şekil 18.14). Buradaki seçme, renk meydana getiren genler doğrultusundadır. İngiltere'deki sanayi atıklarına uyum yapan kelebekler buna tipik örnektir (Şekil 19.2).

Balıklar, çoğunluk koruyucu renklere sahiptir. Sırt tarafları kural olarak koyu, karın tarafları açık renklidir. Bu şekilde yukarıdan bakıldığında koyu renkli zemin rengine, alttan bakıldığı zaman da açık renkli yüzey rengine uyum yapmış gibi görünürler. Bazı balıklarda, örneğin dilbalıkları ve kalkanbalıklarında olduğu gibi yanları üzerinde yüzenlerde, bu renklenme duruş şekline göre uyum yapmıştır. Alta gelen yanı açık, üste gelen yanı koyu renklidir. Tropiklerde, özellikle mercanlarda yaşayan balık ve diğer canlılar, akvaryuma konduğu zaman çok çarpıcı renklerde görülürler. Yaşadıkları ortamda da parlak renkli olmalarına karşın, çevresindeki mercanlar, süngerler ve bitkiler de parlak olduğu için göze çarpmazlar. Yukarıda anlatılan hayvanlarda renk kural olarak bir defa oluşur (gelişimlerinin ilk evrelerinde) ve pek değiştirilmez.

Bazı hayvanlarda çevrenin renklerine göre kendi rengini değiştirme yeteneği vardır. Bukalemun en tanınmış örnektir. Birkaç saniye içerisinde yeşilden griye, griden kahverengine değişebilir. Ahtapotlar da çok süratli olarak renk değiştirebilirler. Dilbalıkları sadece rengini değiştirmekle yetinmezler, keza zeminin üzerindeki desenleri de taklit ederler (Şekil 18.14). Bu değişiklikler deride bulunan kontraktil 'K r o m a t o f o r' lar ile başarılır (Şekil 18.16). Tamamen genişledikleri zaman deriye belirli bir rengi verirler; tamamen kasıldıkları zaman da derinin alt tabakalarında bulunan renkleri gösterirler. Ayrıca bu genişleme ve büzülmeye göre de siyahın tonları ayarlanmış olur.

Kamuflaj, özellikle kuşlarda önemlidir. Yuva yapıp kuluçkaya oturan bir dişinin düşmanlarından korunması gereklidir. Özellikle yuvasını toprak üzerinde yapanlar için bu çok önemlidir. Yuvada yalnız dişiler kuluçkaya yatıyorsa, o türün erkekleri

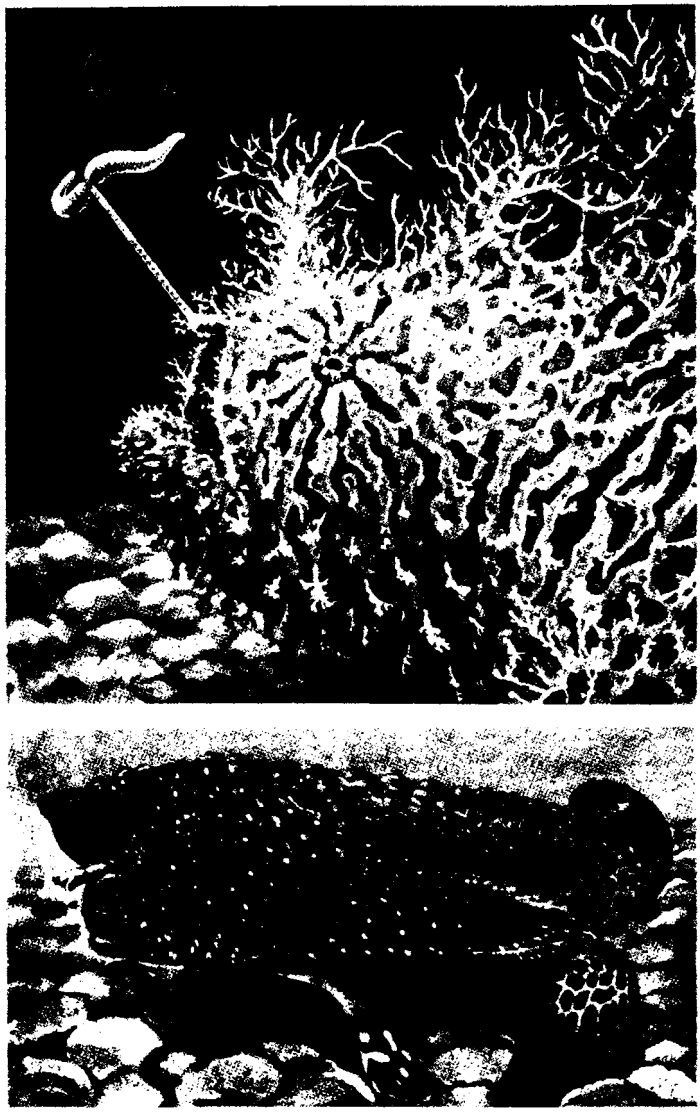
kural olarak çok daha renklidir. Hem erkek hem dişi yatınca her ikisi de koruyucu renklerle bezenmiştir. Pek az durumda da yalnız erkek kuluçkaya yatar; bu türlerde erkekler koruyucu renklerle süslenmiştir. Buna karşın dişileri kuluçka süresince parlak renklidir. Sahil kuşları denen bir kuş çeşidi buna tipik örnektir.

Korunma renkleri, görme ile av yapan hayvanların avını oluşturan canlılarda çok gelişmiştir. Balıklar ve kuşlar bu çeşit avcılardır. Kuşlar, özellikle koku alma yeteneklerini büyük ölçüde yitirmişlerdir; buna karşın görme duyuları hayvanlar arasında en gelişmiş olanıdır. Avcıların görme keskinliği ile avların korunma renkleri böylece bir denge meydana getirir. Balıklarda koklama duyusu çok gelişmiştir; hatta bir köpekbalığı bir damla kanın su içerisindeki çok çok düşük derişimlerini dahi algılayabilir; bununla beraber çok yakın mesafelerdeki avlar için görme duyusu kullanılır.



Şekil 19.8:
Ağzının yanındaki uzantılarla bir solucan taklidi yapmak suretiyle diğer balıkları tuzağa düşüren iki balık.
Üstte: *Macroclemys temminckii;* altta *Chaca chaca* (Wickler'den).

Koklama duyusu birçok memelide iyi gelişmiştir. Bu nedenle avla beslenen hayvanlar rüzgarı karşılarına alarak avlarına yaklaşmaya çalışırlar. Böylece kendi kokularının avlarına gitmesini önlemiş olurlar. Özellikle aslan ve kaplan bu yöntemi en iyi şekilde kullanır. Otçul hayvanların yavruları, yırtıcılar için tercih edilen avlardır. Çünkü hızlı koşamazlar. Bu nedenle yavrular ana ve babalar tarafından korunduğu gibi, sürüler içerisinde de en emin yerlerde saklanırlar. Ayrıca birçok hayvanın yavrusu, erginde olmayan gizleyici benekli desenlere sahiptir. Keza avcıların dikkatini çekecek, erginlere özgü kokulardan da yoksundurlar. Bu nedenle dağ aslanları, genç yavrular hareketsiz kaldığı sürece, birkaç metreden dahi (bu hayvanların kokusunu alıp) yerini bulamazlar. Halbuki erginleri birkaç yüz metreden dahi kokularıyla bulabi-



Şekil 19.9:
Yosun taklidi yapan ve yem şeklindeki bir uzantısıyla balıkları tuzağa çeken *Phrynelox scaber* (üstte) ve yine uzantıları ile dipteki yengeçleri çeken *Ogocophalus* (altta) adlı iki balık türü (Wickler'den).

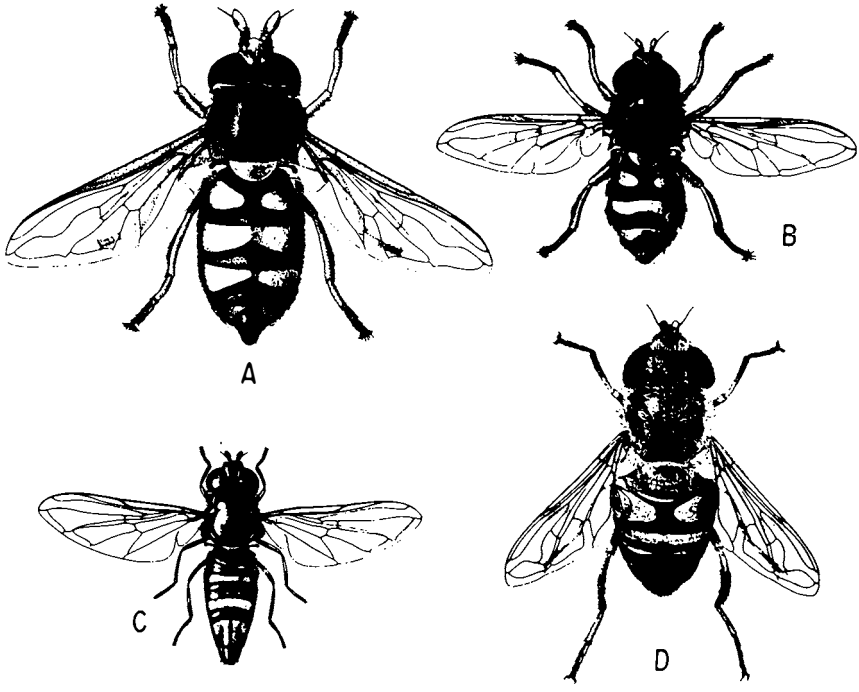
lirler. Geyikler için bu koku büyük öneme sahiptir. Çünkü kızana gelme mevsimlerinde birbirlerini çekerek bir araya toplanmaları sağlanır. Karşı eşeyi çekmek için kullanılan bu koku, aynı zamanda düşmanlarını da uyarır. Böceklerde kokuyla karşı cinslerini uyarma çok daha etkindir. Bazı kelebek ve kınkanatlılarda dişi, bu kokuyla erkek tarafından 8 km. kadar uzaktan bulunabilir.

Bazen bu renklenme kamuflaj için olmayabilir. Hatta renklerin belirgin olması yaşam için zorunludur. Örneğin oltalıbalıklar çok iyi gizlenirler; fakat parlak kırmızı renkli dilleri açık ağızlarının içinde bir solucan gibi hareket ettirilerek küçük balıkları tuzağa çekmeye yarar. Ağzın içine giren küçük balıklar yutulur (Şekil 19.8), keza yosunbalıkları da bu avlanmayı başarılı şekilde yürütebilirler (Şekil 19.9).

19.4.5. UYARI RENKLERİ VE KORUYUCU TAKLİT (MİMİKRİ)

Belirgin ve parlak renklenmeler, eğer hayvan koruyucu zehire veya silaha sahipse, düşmanlarını uyarma için ödev görür. Kokarca gibi hayvanlar geniş kuyrukları üzerinde çok belirgin siyah ve beyaz lekeler taşırlar. Bir düşman yaklaştığı zaman bu kuyruk kaldırılarak titreştirilir ve düşman uyarılır. Fakat ayı yavruları gibi, bu ikazdan haberi olmayan yırtıcılar, bir defa yaklaşıp kokarcayı yemeye çalışırlarsa, fışkırtılan pis gaz gözlerini ve burnunu yakar; bu deneyimden sonra bir daha da kokarcalara yaklaşmazlar.

Arı ve eşekarıları zehirli iğnelerini belirten sarı ve siyah bantlara sahiptirler. Kuş ve kurbağalar bir defa bu hayvanları yutarlarsa ve bu arada böcek tarafından ağızları



Şekil 19.10: Eşekarılarını taklit eden bazı sinek türleri (Syrphidae). A) *Didea fuscipes*, B) *Syrphus torvus*, C) *Allograpta obliqua*, D) *Eristalis tenax* (Donald ve Barror'dan).

sokulursa bir daha bu renklerle bezenmiş böcekleri yutmazlar (Şekil 19.10). Birçok zehirsiz hayvan korunmak için bu renkleri taklit eder (daha geniş bilgi için adaptasyon kısmına bkz.! 18.2.10.4) (Şekil 19.10).

Birçok kelebek acı bitkilerle beslendiği için tatsız veya kötü tatlıdır. Bir defa bu kelebeği yiyen kuşlar bir daha onları avlamazlar. Tatları kötü olmayan bir sürü kelebek de bu hayvanları taklit ederek avlanmaktan kurtulur (Şekil 18.50-52).

Mimikri, büyük bir olasılıkla polimorfizm yeteneği fazla olan böceklerde bulunur. Mutasyonlarla, korunmuş hayvanlara benzer renkler ve şekiller meydana getirenlerin sayısı populasyonlarda gittikçe artma eğilimi gösterir. Belki başlangıçta bu benzerlik pek azdır. Fakat zamanla ayıklanmak suretiyle benzerlik artar. Benzerliğin derecesine göre korunma başarıları da artmış olur. Dolayısıyla doğal ayıklanma bu yönde etkisini gösterir. Gözlemler bu taklit mekanizmasının belirli derecelerde olduğunu göstermiştir. Taklidin başarılı olabilmesi için ortamda taklit edilenlerin sayısının, taklit edenlerden fazla olması gerekir (daha geniş bilgi ve mimikriye örnekler için uyum-adaptasyon kısmına bkz.! Bölüm 15).

19.4.6. NESİL TÜKENMESİ

Bugün dünya üzerinde yaşayan canlıların sayısı geçmişte dölü tükenenlerle karşılaştırılınca çok az kalır. Sürüngenlerin birçoğunun geçmişten zamanımıza gelinceye kadar azaldığını ve sonuçta birçoğunun tamamen ortadan kalktığını biliyoruz. Bir türün tüm olarak (değişmeden) ortadan kalkması, onun gelecek döllerinin de yok olmasına neden olur. Bunun yanısıra birçok tür diğer türlere gelişerek ortadan kalkar. Fakat dölleri yaşamaya devam eder. Nitekim fosillerin birçoğu bugünkü canlıların atalarını oluşturur. Bu değişim sırasında meydana gelen yeni tür, atalarından o kadar farklı olur ki, artık ayrı sistematik kategoriler içerisinde incelenir. Atın evriminde bu değişim sonucunda ortadan kalkan cinsleri biliyoruz. Sonuç olarak bugünkü at oluşmuştur. Fakat bugünkü at hiçbir zaman geçmişteki atalarının sistematik taksonları içerisinde incelenemez. Bir değişimin son ürünüdür.

Birçok türün ortadan kalkmasına ve geleceğinin tehlikeye düşmesine neden kuşkusuz insanın kendisidir. İnsan o kadar baskın ve o denli çevreyi değiştirme gücüne sahiptir ki, birçok tür artık yaşam ortamı bulamaz. Hint Okyanusu'ndaki Mauritius adasında, bir zamanlar, Dodo kuşu çok yaygındı. Bu kuş, büyük, uçma yeteneği olmayan ve oransal olarak üreme gücü az olan bir kuştu (Şekil 19.11). Dişiler her sene ancak bir yumurta bırakıyorlardı; bununla beraber populasyon büyüklüğü sabit kalıyordu; çünkü düşmanları yok gibiydi. Bu nedenle düşmanlardan korunma içgüdüsü ve yapıları da gelişmemişti. İngiliz denizcileri bu adaya çıkınca biraz aptalca ve komik yapılı olan bu hayvanları etleri için ve çok defa spor olsun diye sorumsuzca öldürmeye başladılar. Daha sonra koloni kuruldu, getirilen köpek ve evcil hayvanlar ile Dodo kuşunun soyu kazındı. 1681 tarihinden itibaren yaşayan tek bir Dodo kuşuna rastlanamadı. Bu, aşağı yukarı adanın keşfinden 100 sene sonra ki manzaraydı.



Şekil 19.11 : Maskaren adalarında yaşamış uçamayan iri cüsseli güvercinler, 1. *Didus ineptus,* 2. *Pezophaps solitarius* (de Buffon'dan).

1791 yılında Rus balinacıları Aleution adasına çıkınca, oranın denizinekleri ile örtülü olduğunu gördüler. Eti ve kürkü için geniş ölçüde avlanan bu hayvanlar, 25 yıl sonra tamamen ortadan kalktı. Hiçbir evrimsel güç bu kadar kısa süre içerisinde bir canlıya düşmanlarına karşı korunma yetkinliğini kazandıramaz.

Amerika'nın keşfinden sonra birçok tür Avrupalılar tarafından ortadan kaldırıldı. Örneğin son gezgin (haberci) güvercin 1914 yılında Cincinnati hayvanat bahçesinde öldü. Bizonlar ise ancak birkaç milli parkta korunmaya alınmıştır.

Dünyadaki kara parçaları ve adaların tümü bulunduktan sonra birçok hayvanın dölü tükendi ve birçoğunun da geleceği tehlike içindedir. Besin için avlanma, yaşam

alanlarını tarım bitkileri lehine küçültme, kullanılan birçok biyositin (zirai ilaç gibi) zararlı etkisi vs. önümüzdeki yüzyılın başlarında hayvanların, özellikle omurgalı hayvanların 1/3'üne yakın bir kısmını tamamen ortadan kaldırmış ya da çok azaltmış olacaktır.

Ülkemizde de birçok yerli canlı türü (bitki ve hayvan) ya tamamen ortadan kalkmıştır (Anadolu aslanı ve panteri gibi) ya da yok denecek kadar azalmıştır (dağ koyunu, dağ keçisi, sülün, turna ve son zamanlarda birkaç çift kaldığı bildirilen ve dünyada yalnız güney doğu Anadolu'daki Birecik şehrimizde kuluçkaya yatan kelaynak kuşu bunlara tipik örneklerdir).

Jeolojik devirlerde çevresine uyum yapamadığından ya da kendinden çok daha üstün savaşım gücü olan canlıların gelişmesinden dolayı ortadan kalkan birçok canlı türünü bugün korumamız olanaksızdır; fakat milyarlarca yılın görkemli bir ürünü olan bugünkü canlı türlerini korumamız, kuşkusuz, insanların en büyük görevidir. Çünkü kitabımızın başında da açıkladığımız gibi, istenen nitelikte bir canlının geliştirilmesi kelimenin tam anlamıyla olanaksızdır. Bir canlı türü, kuşkusuz evrende ancak bir defa ortaya çıkar, ikinci defa yaratılma olanağı yoktur. Biz ise bir daha elde edemeyeceğimiz değerleri korumakla yükümlüyüz; bu, evrensel bir sorumluluktur.

19.5. DAVRANIŞLARIN EVRİMİ

Öğrenme, insan davranışlarında çok önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle davranışlarımızın büyük bir kısmını diğer hayvanlarla, özellikle insana yakın hayvanların davranış özellikleriyle birleştirebiliriz. Kış için ceviz, fındık vs. gibi tohumları yazdan depo eden sincap, özünde yaptığı işin sonucunu düşünmez. Bu kalıtsal bir davranıştır. Eğer yuva ya da kafes, her mevsim, yeterince besinle doldurulsa, hatta yaşamlarının ilk evrelerinde sıvı besinlerle beslenmiş olsalar dahi bu besinleri taşıma içgüdüsü devam eder. Evrimsel gelişim süreci içerisinde bu hayvanlardan bazıları kalıtsal olarak tohum taşıma dürtüsünü kazanmışlardır ve bu bireyler uygun olmayan mevsimlerde diğerlerine göre yaşama şanslarını artırdıkları için, bir zaman sonra da hakim duruma geçmişlerdir.

Tüm hayvanların ve insanların davranışında belirli bir evrimsel köken vardır. İlkin hücreden bugüne kadar gelişen tüm canlılarda şöyle ya da böyle atalarından alınmış bir davranış şekli vardır. Çevreye uyum yapılırken, bu davranışlar da uygun şekilde değişmelere uğramıştır. Hayvanlardaki en eski davranış şekli besin maddeleri için yaptıkları savaştır. Bu, ilkin hücrelerden insana kadar tüm canlıları içine alan bir davranış ortaklığıdır. Çünkü ilk canlıların gösterdikleri en eski ve ana davranış bu idi. Yaşamını sürdürme ve soyunu devam ettirme dürtüsü belki bu davranıştan daha yenidir. Özünde hayvanların gösterdikleri davranışların tümünü ya da bir kısmını burada irdelememiz olanaksızdır. Fakat tüm davranışların bir kökeni ve bir nedeni olduğu da hatırdan çıkarılmamalıdır. Davranışlar canlıların birçoğunda, belirli bir kalıtsal düzenlemenin etkisi altında ortaya çıkmış ve bir çeşit içgüdü olarak dölden döle aktarılmıştır. Bu, bir canlının tüm iç fiziksel ve kimyasal özelliklerinin, çevre

koşulları ile olan ortak bileşkesi şeklinde ortaya çıkmıştır. Yalnız organizasyon (gelişmişlik) ilerlerken, bellek ve zekanın gelişmişliği oranında birçok öğrenilmiş davranışlar da buna eklenmeye başlamıştır. Sosyal yaşayan canlıların büyük bir kısmında bu öğrenilmiş davranışları gözlemek olasıdır. Bunların en tipik örnekleri insanlardadır. Bireysel deneyimler zamanla tüm toplumun ortak davranışı olmaya başlar.

Bir zamanlar dört ayaklı gezen insan atalarının dişileri, eşeysel olgunluğa ulaştığını bildirmek için, cinsiyet organlarının etrafında meydana gelen kırmızı renklenmeyi erkeklerine gösteriyorlardı (!). Erkek bu renklenmeye bakarak bir dişinin ovulasyonunu (yumurta meydana getirme zamanını) anlayabiliyordu. Fakaz zamanla ayağa kalkan insanın dişisi bu renklenmeleri erkeğe gösteremeyince, bu sefer ergenliğe ulaştığını belirtecek dudak ve yüz boyalarını; bir zamanlar çıkardığı eşeysel feromenleri ya da salgıları yitirince de parfümü kullanmaya başladı ve bunlar toplumun ortak malı olarak dölden döle aktarıldı. Nitekim meme etrafındaki siyah renklenme ve memelerin irileşmesi erkeğe verilen bir sinyalin ifadesidir.

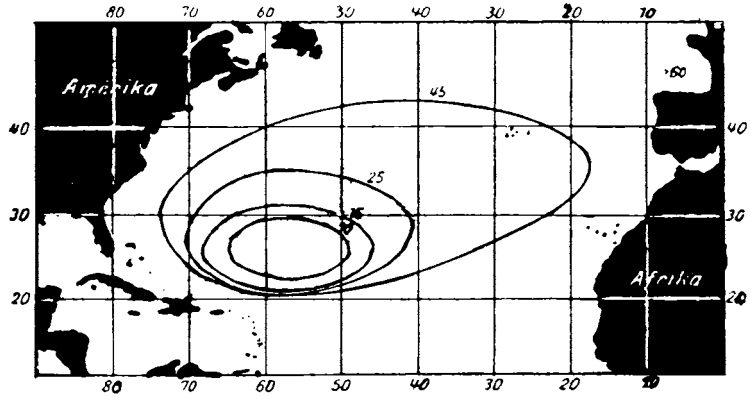
Bireysel yaşamdan toplumsal yaşama geçerken acıları, sevinçleri, şaşkınlığı ifade edecek ortak bir iletişimin kurulması gerekliydi. Başlangıçta konuşma ve dil hakimiyeti gelişmediğinden, bu anlatım mimik (yüz hareketleri) ve gestiklerle (vücut ve üye hareketleri) yapıldı ve bunun sonucu olarak da ortak bir lisan olan gülme, ağlama, şaşkınlık vs. gibi davranış şekilleri ortaya çıktı. Kadının belirli periyotlarla adet görmesi, onun o devrelerde zayıf duruma geçmesine neden olmuştur. Bu zayıf olduğu evrede yok olmamak için korunmaya gerek duydu ve erkeğin desteğinde evlilik kurumu ortaya çıktı. İnsanı yücelten ve güçlü kılan özellik, kazanılmış bilgi ve deneyimlerin daha sonraki döllere öğretme şeklinde (kalıtsal değil) aktarılmasıdır. Bu başlık altında tüm evrim incelenebilir. Fakat biz ancak birkaç basit örnek vermekle yetineceğiz.

19.5.1. GÖÇ VE YUVA YAPIMI

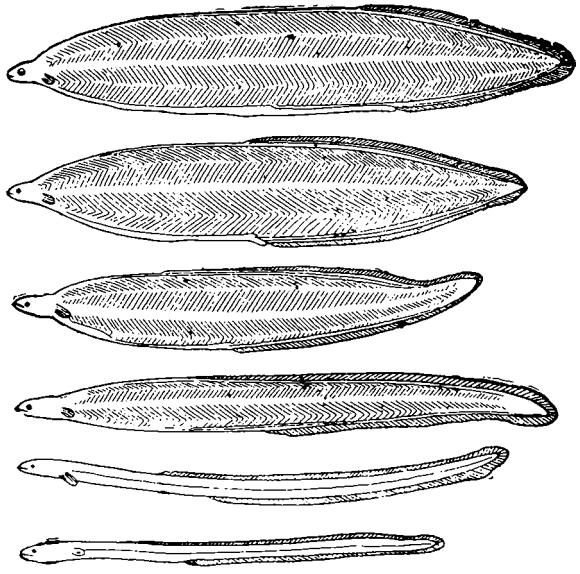
Uygun olmayan koşullarda zamanın geçirilmesi uyum (adaptasyon) kısmında geniş olarak incelenmiştir (Bölüm 18'e bkz.!). Bazı hayvanlarda kötü çevre koşulları göçle geçiştirilmeye çalışılır. Kuzey Avrupa'daki lemming denen küçük kemiricilerin besin koşulları yüzünden belirli zamanlarda göç ettiği bilinmektedir.

19.5.1.1. *Yılanbalıklarında Göç*

Hayvanlardaki göçün en karmaşığını yılanbalıklarında *(Anguilla vulgaris)* görmekteyiz (Şekil 19.12). Avrupa tatlısularında yaşayan yılanbalıkları, eşeysel bezleri olgunlaşmamış dişilerdir. Bu hayvanlar 6-8 sene tatlısularda kaldıktan sonra denize göç ederler ve nehirlerin denize döküldüğü yerde bulunan erkekleriyle birleşirler. Bu sırada hayvanların gözleri büyür, başları sivrileşir ve renkleri koyulaşır. Bundan sonra yılanbalıkları Atlas Okyanusu'nu geçerek Meksika körfezine gelirler (Şekil 19.12). Bu körfezin 1000 metre derininde, bu hayvanların yumurtalarına ve *Leptocephalus* denen küçük larvalarına rastlanır (Şekil 19.13). *Leptocephalus*'lar üç sene içerisinde



Şekil 19.12: *Anguilla vulgaris* (yılanbalığı) larvalarının Atlas Okyanusu'ndaki yayılma alanları, daireler aynı büyüklükteki larvaların bulunduğu yerleri gösteriyor (Kosswig'den).



Şekil 19.13: Yılanbalığı larvalarının, genç bir yılanbalığına gelişinceye kadar geçirdikleri evreler (Hesse-Doflein'den).

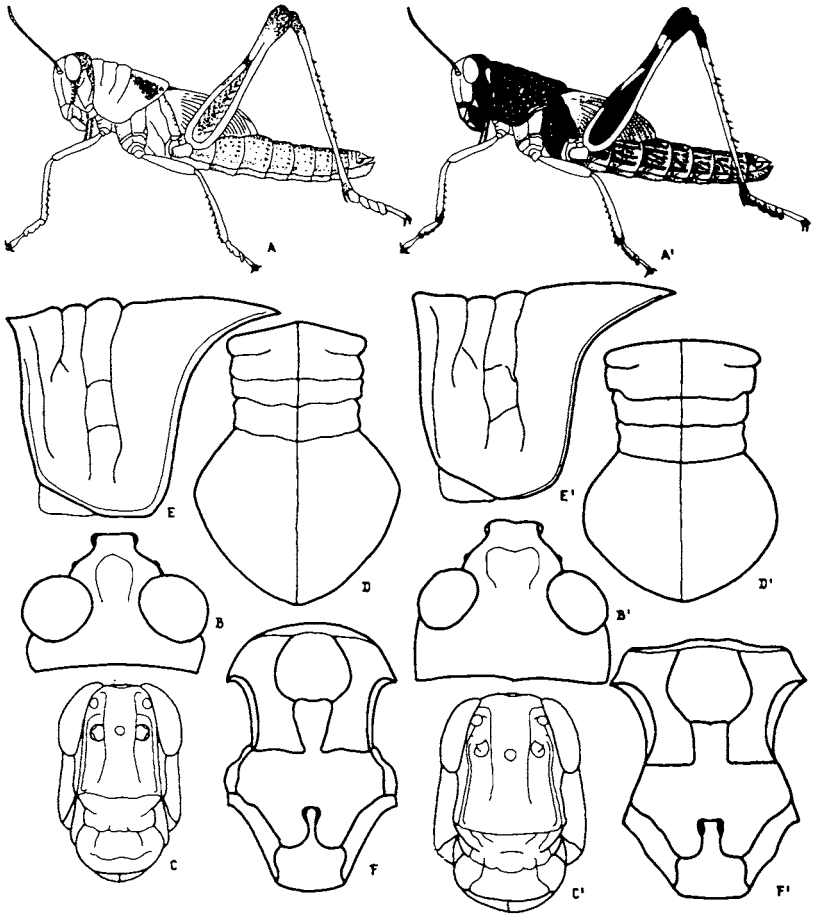
Avrupa kıyılarına göç ederler. Dördüncü senede bu larvaların dişileri tatlısuya geçerler. Meksika körfezine giden ergin yılanbalıkları da büyük bir olasılıkla orada ölürler. Ama, kesinlikle geriye dönmezler. Avrupa yılanbalıklarının yavruları doğuya, Amerika yılanbalıklarının yavruları da batıya göç eder. Her yavru ana ve babasının bulunduğu dereye ve hatta deredeki belirli bir bölgeye ulaşmak için büyük bir çaba harcar. Hatta nehir üzerinde bazı engeller olsa dahi. Yollarını, giderken suyun belirli kimyasal yapısını şifreleyip yavrularına vermesiyle ve yavruların da geri gelirken bu bileşimdeki suyu arayarak, bir çeşit şifreyi çözmekle buldukları varsayılmaktadır.

19.5.1.2. *Alabalıklarda Göç*

Alabalıkların *(Salmo)* bir kısmı yumurtlamak için oksijeni bol ve soğuk derelere gelirler. Çıkan yavrular beslenmek için tekrar denize dönerler. Her yavru, denizde belirli bir büyüklüğe ulaştıktan sonra yumurtlamak için doğduğu dere ve nehire (2-3 sene sonra) geri döner.

19.5.1.3. *Çekirgelerde Göç*

Mısır ve Filistin'in güney kısmı merkez olmak üzere, zaman zaman ülkemizin Erzincan ve Kayseri bölgelerine kadar olan kısım *Schistocerca migratoria* dediğimiz çöl çekirgesinin istilasına uğrar. Diğer birçok çekirgede de görüldüğü gibi bu çekirge türünün iki modifikatı vardır. Her iki modifikat da birbirinden morfolojik olarak kolay-



Şekil 19.14 : *Schistocerca gregaria* (çölçekirgesi)'da fazların morfolojik ayrımı.
A — F = Soliter, A' — F' = Göç fazı, A ve A' = Larva, B ve B' = Başın üstten görünüşü, C ve C' = Başın önden görünüşü, D ve D' = Pronotum (üstten), E ve E' = Pronotumun yandan görünüşü, F ve F' = Meso-ve metasternum (Weber'den).

ca ayrılır ve bu farklılık büyük bir olasılıkla çevre koşullarıyla saptanır. Birinci modifikat **"Soliter Evre"**, yani kalıcı evredir; renkleri yeşildir, sürü yapma eğilimleri yoktur, tek tek yaşarlar (Şekil 19.14). İkinci modifikat **"Gregar Evre"**dir. Renk sarı, pempemsidir ve sürü yapma, göç etme eğilimleri vardır. Çöl çekirgesinin asıl vatanı Sudan'dır. Göçün nedeni ve yönü konusunda oldukça bilgimiz vardır. Sudan'da yaz yağmurlarının başlangıcında, Porsudan ve Neced'de yağışlı olan kış aylarında, Mısır, Filistin ve Anadolu'da yağışın bol olduğu kış sonu aylarında görülür. Çünkü yumurtasının açılması için % 100 neme ve 30°C'lik sıcağa gereksinmesi vardır. Bu sürülerin kuzeye yönelmesinin diğer bir nedeni de esen rüzgarların bu göçü kolaylaştırmasıdır.

19.5.1.4. *Kuş Göçleri*

Birçok canlıda yöresel göçler görülmekle beraber; en çok dikkati çeken göçler kuş göçleridir. Dane ve balıklarla beslenen kuşların bir kısmı veya çoğunluğu yerel göç yaparlar. Bunlar en fazla küçük çapta göç yaparlar (yalıçapkını ve karabatak gibi). Böceklerle ve kış uykusuna yatan hayvanlarla beslenen kuşların çoğu uzun mesafelere göç ederler. Örneğin leyleklerin güney Afrika'ya, çaylakların Mısır'a gitmesi gibi. Buna benzer göçler her zaman ılıman ve soğuk iklimlerde meydana gelir. En büyük göçleri deniz kırlangıçları *(Sterna paradisea)* yapar. Bunlar kuzey kutbunda "gece yarısı güneşi" sırasında kuluçkaya yatarlar ve daha sonra Antartika'ya göç ederler. Orada da gece yarısı güneşinde kışlarlar. Kuzeydeki leyleklerin bir kısmı Anadolu üzerinden, bir kısmı da Cebelitarık üzerinden Afrika'ya göç ederler. Yaşlıları gençlerine yolları öğretir.

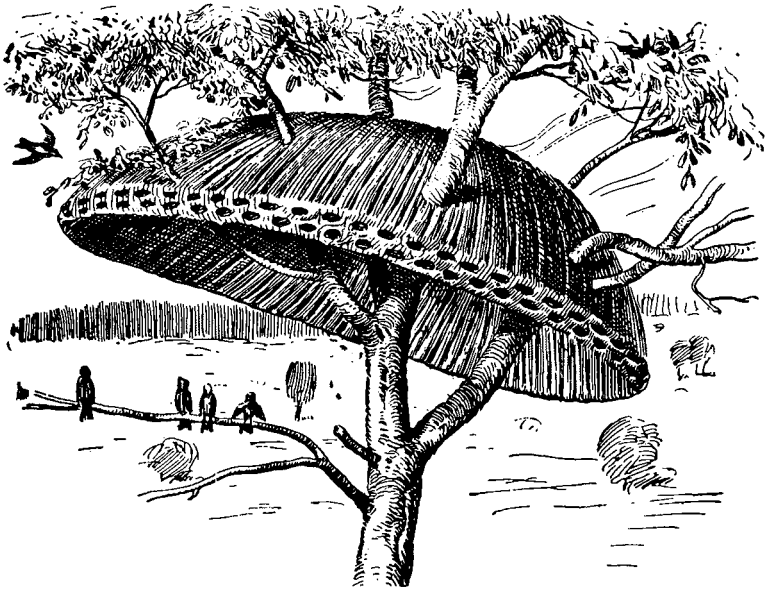
Havada göç sürüleri gördüğümüz zaman, bu hayvanların kışın gelmekte olan soğuğundan kaçtığını düşünürüz. Birçok deneme, bunun bilinçli olmadığını, gün uzunluğuna bağlı olarak meydana gelen bir hormonal dengenin sonucu olarak ortaya çıkan içgüdü olduğunu göstermiştir. Kuzeydeki uzun günlerde, yapay olarak az ışık verildiğinde, göç içgüdüsü ortaya çıkar. Sürüden ayrılan tek bir yavru birey bu içgüdü ile güneye göç eder; fakat doğru yolu bulamaz, örneğin İtalya'ya ulaşır. Halbuki normal olarak leyleklerin göçleri bu yolu izlemez (Şekil 19.15). Güneyde de gün uzunluğu kuzeye göç etme içgüdüsünü doğurur. Alınan ışığın miktarına göre epifiz bezinden çıkarılan hormonun göç içgüdüsünü başlattığı zannedilmektedir.

Kışın güneye göç etme canlıya biyolojik yarar sağlar. Fakat yeterince besinin olduğu zamanlarda, güneyden kuzeye göç etmenin anlamı nedir? Bu da beslenme süresinden dolayıdır. Çünkü yaz aylarında, kuzeyde beslenme süresi, ışığa bağlı olduğu için daha uzundur ve bu nedenle tercih edilir. Ayrıca çok daha kuzeye gidenler, ortağı az besin kaynağı ve yavrularının gelişimi için daha emin bir ortam bulurlar.

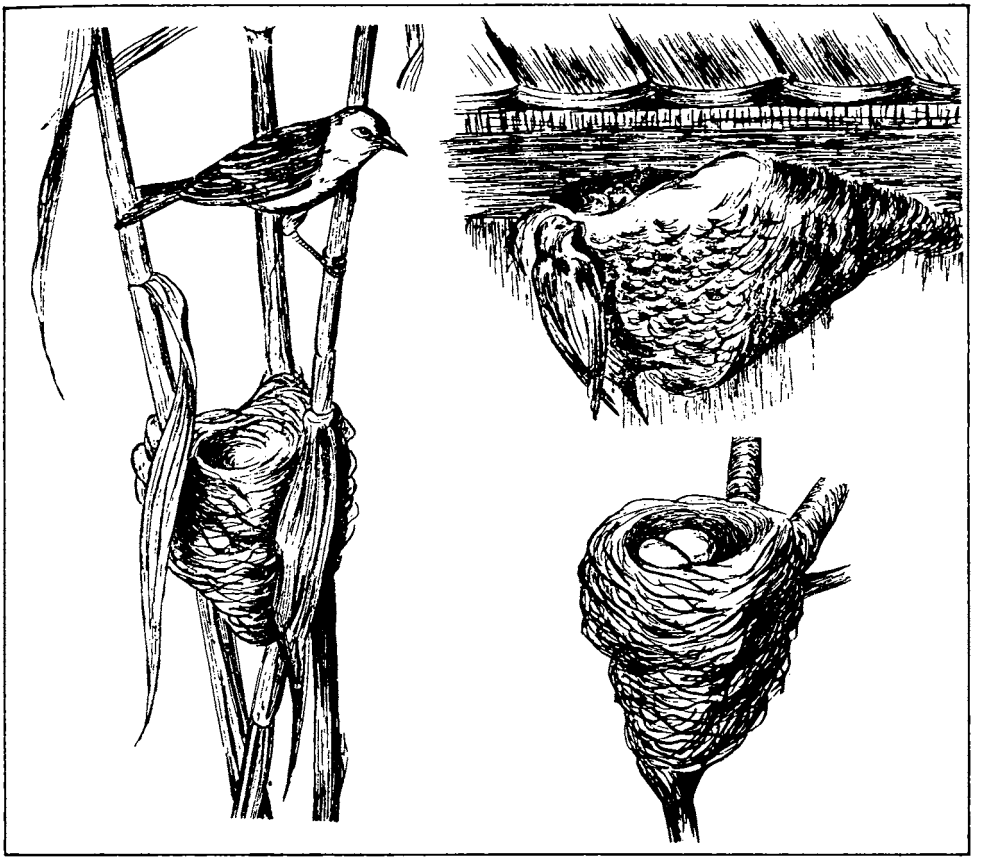
Göçün evrimsel süreç içerisinde, kalıtsal olarak nasıl bir tepkimeler zinciri halinde ortaya çıktığını açıklamak oldukça zordur. Yeterince verileŋ bir zaman içerisinde, yeterli sayıdaki bireyde ve kalıtsal varyasyonların birikiminde ortaya çıkan böyle bir göç içgüdüsünün, daha doğrusu tepkimeler zincirinin, belirli bir birey topluluğuna



Şekil 19.15 : Orta Avrupa kuşlarının göç yolları.



Şekil 19.16 : *Philetaerus socius* (bir serçe türü)'ların yanyana yapılan ve şemsiyeyi andıran yuvaları (Hanstein'den).



Şekil 19.17: Ötücü kuşlarda yuva şekilleri: Solda saz bülbülü *(Locustella)*, sağda yukarıda kırlangıç *(Delichon)*, aşağıda ispinoz *(Fringilla)* (Kosswig'den).

üstünlük sağladığı ve bu şekilde göçlerin ortaya çıktığı varsayılmaktadır. Yılanbalıkları ve birçok kuşta olduğu gibi, canlı, ilk bulunduğu bölgeyi unutmayarak belirli yaşam evrelerinde, çoğunluk yumurtlama ve yavru meydana getirme evrelerinde ziyaret eder.

Yuva Yapımı: Öğrenmeye gereksinme göstermeyen diğer bir karmaşık davranış şeklidir. Eğer bir kuş ve diğer bazı canlılar yumurtadan çıktıktan ya da doğduktan sonra erginleşinceye kadar ırkdaşlarından uzak tutulursa, ataları tarafından tüm öğretileri engellense dahi, türünün diğer üyeleri gibi aynı maddelerden, aynı tipte yuva yaparlar (Şekil 19.16 ve 17). Bu da evrimsel süreç içerisinde kendini ve yavrularını en iyi koruyabilecek ve yaşatabilecek bir yuva şeklinin kalıtsal olarak, bir tepkime zinciri şeklinde, ortaya çıktığını kanıtlar ve bu özelliğe sahip olanların diğerlerine göre üstünlük kazandığı varsayılır.

19.5.2. KÖPEKLERDE YAPAY SEÇME İLE ORTAYA ÇIKAN DAVRANIŞLAR

Köpeklerde yabanilik, evcil olma ve keza ısırma kalıtsaldır. Fiziksel özellikler için ırk içi ve ırk dışı birçok çaprazlanma yapılmıştır. Eğitilme de yine kalıtsal bir özel-

lik göstermektedir. Bir kurt, küçüklüğünden beri eğitilirse evcilleştirilebilir. Fakat hiçbir zaman bir köpeğin uysallığını kazanamaz. Çünkü binlerce seneden beri köpekleri söz dinleme özelliklerine göre yapay bir seçime tabii tutmuşuzdur. Buna karşın kurtlar böyle bir seçime uğramamıştır. Keza öğrenme yetenekleri bakımından da bir seçime uğramıştır. Fakat yabanileşen köpekler diğer yırtıcılar gibi davranmaya başlar.

Köpeklerdeki havlama, uyarıların çeşidine ve miktarına bir tepki olarak ortaya çıkar. Taşıdıkları genlere göre, bazıları çok az bir uyarılmada, bazıları orta uyarılmada, bazıları da çok şiddetli uyarılmalarda havlarlar. İki ekstrem özellikteki hayvanın melezlenmesinde, havlamanın bir genle ortaya çıktığı; fakat diğer genlerle modifiye edildiği gösterilmiştir. Bir şeyi sahibine getirme av için yetiştirilen tüm köpeklerin yapısında vardır. Köpeklerin kalıtsal yapısına göre bazıları av köpeği olarak, bazıları da bekçi köpeği olarak kullanılır.

19.5.3. OMURGASIZLARDA DAVRANIŞ

Omurgasızlarda davranışlar kural olarak kalıtsaldır. Tepkimelerinin hemen hepsi içgüdüseldir ve evrimsel seçme ile oluşmuştur. Bununla beraber birçok omurgasızı eğitmek suretiyle bazı şeyleri öğretmek mümkündür. Fakat bu öğrenme çok dar sınırlar içerisindedir. Gece kelebeklerinin büyük bir kısmı parlak cisimlere doğru veya çevresinde uçma içgüdüsüne sahiptir. Bu nedenle kanatları kavruluncaya kadar geceleri ışığın etrafında uçarlar. Bu, özünde, nektar sağlamak için parlak çiçeklere uçma davranışının bir ürünüdür. İnsanın ateşi bulmadan önceki doğal seçmenin ortaya çıkardığı bir davranıştır.

Bir grup sirkesineği dikine duran bir tüp içerisine yerleştirilecek olursa, bazılarının yukarıya doğru **(negatif geotaksi)**, bazılarının dibe doğru **(pozitif geotaksi)** gittikleri görülür. Bu bireyleri birbirinden ayırdığımızda pozitif ve negatif geotaksi gösteren iki ırkın (strain) ortaya çıktığını görürüz. Diğer bir araştırma ile bazı ırkların kırmızı ışığı, bazılarının da mavi ışığı tercih ettikleri görülür. Tüm bunlar belirli kalıtsal kurallar içerisinde bağlanmıştır.

19.5.4. İNSAN DAVRANIŞLARININ KALITSALLIĞI

İnsanda davranışları anlamak çok zordur. Çünkü kalıtsal davranışlar, öğrenme suretiyle büyük değişikliklere uğratılmıştır. Yalnız uyuşturucu ve alkollü maddelerin kullanımında, bu özgün davranışların bir kısmı, bilinç altındaki birikimlerle beraber ortaya çıkabilir. Çocuklarla yapılan çalışmalarda elin kullanımının kalıtsal olduğu görülmüştür. Hakiki ikizlerde, ikizlerin genellikle biri solak diğeri normaldir. Bu, gelişimin bir aynanın imajı şeklinde olmasından dolayıdır. İkiz olmayanlarda ise kalıtsal görünmektedir. Solak olan çocuklar okula başlayınca ana ve babası ya da hocası tarafından sağ elle yazmaya zorlanır ve kalıtsal yapının tersine bir eğilim ortaya çıkar. Gerçekte son zamanlarda, bu zorlamanın sağ eli kullanmaya alıştırdığını; fakat bir-

takım psikolojik bozukluklar ortaya çıkardığını göstermiştir. En doğru olanı, onu, doğal gelişimine bırakmaktır.

İkizler Arasında Kişisel Özelliklerin İlişkisi

Kişisel özellik (% benzerlik)	İkizlik çeşidi	
	Monozigotik (hakiki)	Dizigotik (karındaş)
Sosyal içe dönüklük	0.55	0.08
Psikopatik sapmalar	0.57	0.18
Depressiyon	0.47	0.07
Korku, kuruntu (Anxiety)	0.45	0.04
Bağımlılık	0.52	0.25

İnsanın kişisel özelliklerinin kalıtsal nedenini açıklamak için bazı gözlemler yapılmıştır. Bu gözlemler daha çok değişik ikiz tiplerinde yapılmıştır. Yukarıda verilen tabloda, GOTTESMAN adlı araştırıcı her tipten 44 ikiz üzerinde araştırma yapmıştır ve bu sonuçları bulmuştur. Sonuçlara göre, insan psikolojisi üzerinde kalıtsal yapının büyük bir rolü vardır. Fakat bu yapıdan daha etkin olanı, kişinin yaşadığı sosyal çevrenin etkisidir.

Belki insanın davranışları üzerindeki kalıtsal örnekleri genişletmek mümkündür. Fakat yukarıda kısaca değindiğimiz örnekler, insanın ruhsal yapısının belirli ölçüler içinde kalıtsal olduğunu göstermektedir. Bundan sonraki bölümde üremeye ve eşeye bağlı olarak ortaya çıkan davranış şekillerini de verdiğimizde, ana hatlarıyla genel bilgi elde ettiğimizi söyleyebiliriz. Daha ayrıntılı bir tartışma bu kitabın kapsamı dışına düşecektir.

20. BÖLÜM

EŞEYLE İLGİLİ SEÇME VE ÜREMEYE UYUM

DARWIN, evrim kuramını ortaya koyarken eşeyin ve üremeye uyumun önemini de belirtti. Birçok türde erkek ve dişinin arasındaki büyük farklılıklara dikkati çekti; güzel sesli ve parlak tüylü erkek kuşlara karşın, dişiler sessiz ve donuk renkliydiler. Erkek aslan yeleye, erkek geyik büyük boynuza, insanın erkeği sakala sahipti. Keza memelilerde erkek ve dişi arasındaki büyüklük farklarına dikkati çekti. Dişiler çoğunluk üremede etkinliği sağlayacak özellikler kazanmıştı. Sonuç olarak DARWIN, bu eşeysel farklılığı **(Seksüel Dimorfizm)** yaşam savaşındaki bir üstünlükten değil de farklı üremenin bir sonucu olarak değerlendirdi ve bunu eşeysel seçme olarak adlandırdı. Biz bu bölümde eşeysel seçmenin önemini ve evrimde üremeye uyumun rolünü inceleyeceğiz.

20.1. EŞEYSEL SEÇME

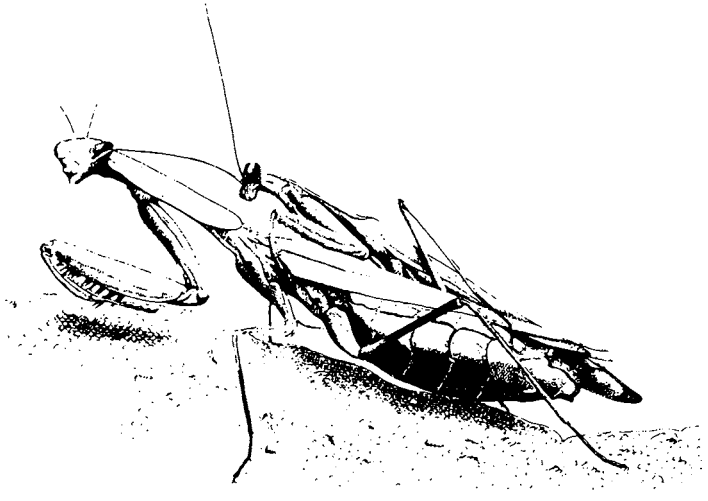
Eşeyler arasındaki farkların oluşmasını sağlayan değişik güçler vardır. Bunlardan önemli olanları inceleyelim.

20.1.1. ERKEKLERİN KAVGASI

Üreme mevsiminde, birçok memeli erkeğinin arasındaki mücadele çoğumuz tarafından iyi bilinir. Birçok hayvanda, özellikle geyiklerde ve dağ keçilerinde, boynuzun bu mücadele için bir silah olduğu açıktır. Geyiklerde üreme mevsiminden sonra bu boynuzlar atılır ve gelecek üreme mevsimine kadar eski büyüklüğüne ulaşamaz. Savaşı kazanan, kaybedenleri sürer ve dişilerden oluşmuş bir harem kurar. Bu şekilde seçim, kuvvetli ve saldırgan erkekler yönünde olur. Dişiler meydan kavgasına katılmadıkları için büyük boynuzlara gereksinimleri yoktur. Olmaması, seri hareket etmelerini sağlayacağı için yararlıdır da. Bu nedenle, evrimsel seçme, boynuzluluğu eşeye bağlı bir özellik olarak geliştirmiştir; yalnız boynuzlar erkek hormonları olduğu zaman gelişir. Özünde boynuzları iki gruba ayırmak gerekir. Bir kısmı hem erkekte hem dişide bulunur ve bulunduğu hayvanda yıllarca kalır; sadece koruma ödevi görür. Bu tip boynuz bizon, sığır ve ona benzer hayvanlarda bulunur (Şekil 14.39 ve 40). Fakat esas bizim değindiğimiz boynuz tipi, erkeklerde çok daha büyük olan ve kendi aralarındaki savaşta silah olarak kullanılan tipidir (Şekil 19.3).

Erkek kavgalarının evrimsel etkisi farklı türlerde değişiktir. Örneğin, dağkoyunlarında kavgayı kazanan erkek bir grup dişiyle çiftleşirken, kaybedenler de diğer bazı dişilerle çiftleşebilir. İki erkek bir dişi için kavga ederken, dişi oradan başka bir erkeğin territoryumuna (etkinlik bölgesine) girerek onunla çiftleşebilir. Harem oluşturan türlerin erkeklerinde kavga ile seçim çok daha etkindir. Büyük denizaygırlarının (inekleri) ve aslanlarının erkekleri haremlerinde 30-40 dişi tutarlar ve hepsiyle çiftleşirler. Buna karşılık genç ve zayıf erkekler bir grup halinde uzakta bulunurlar. Bu türlerde erkekler dişilerden birkaç defa daha büyüktür.

Memelilerde, erkeklerin kuvvetli olmasını sağlayan diğer bir faktör de, bazı hallerde, erkeklerin dişiyi çiftleşmeye zorlama eğilimidir. Hatta eski insanların yaşadıkları mağaralarda, karşı koyan kadını saçlarından sürükleyerek götüren ve onu çiftleşmeye zorlayan birçok resim vardır. Dişilerin neden ve nasıl karşı koyduğunu bilemiyoruz. Fakat bugün dahi bu karşı koyma belirli ölçülerde görülmektedir. Memeli ve kuşlarda dişiler çiftleşmeden kaçıyormuş gibi davranırlar. Bununla beraber erkeği çiftleşmeye yönelten sinyaller dişi tarafından verilir. Dişilerin kuvvetli olduğu bir ortamda, özellikle kuşlar ve memelilerde, bir çiftleşme çok zor olacaktı. Dolayısıyla seçme, dişilerin erkeklerden daha az güçlü olacağını sağlayacak bir şekilde yürütülmüştür. Dişiler ancak, düşmanlarına karşı kendilerini ve yavrularını koruyacak kadar güçlenmeliydi; fakat erkeklerinden daha güçlü olmamalıydı. Bununla beraber birçok omurgasız hayvanda, özellikle böceklerin birçoğunda (peygamberdeveleri gibi) (Şekil 20.1) ve örümceklerde, güçlü dişinin erkekleri yediği çok görülür. Buradaki seçme, dişinin erkeklerden besin alarak (besin olarak kullanarak) daha güçlü olması yönündedir.



Şekil 20.1 : Peygamberdevesi. Çiftleşme halinde; alttaki dişidir (yaklaşık 70 mm.) (Harz'dan).

20.1.2. ÇİFTLEŞMEDE DİŞİNİN SEÇİMİ

Özellikle kuşlarda, daha az derecelerde memelilerde, erkekler parlak renklerle süslenmesine karşın, dişileri donuk renklidir. Böyle bir renklenme yaşam savaşında zararlı olmasına karşın, bir erkeklik özelliği olarak devam ettirilir. Uzun ve süslü kuyruğunu açmış bir tavus kuşu, düşmanlarına karşı korunmasızdır. Buna karşın dişisi kısa kuyruklu ve donuk renklidir. DARWİN'e göre farklılığın nedeni, dişilerin estetik duygusunu tatmin eden uzun kuyruklu, renkli ve iyi dans edebilen erkeklerin bu doğrultuda seçime uğramasıydı. Fakat hayatta kalma için işlev gören ters seçim (çok uzun kuyrukluların düşmanları tarafından yok edilmesi gibi) bu büyümeyi belirli bir sınır içerisinde tutmuştur. Dolayısıyla kuyruklar sınırsız büyümemiştir. Dişiler ise yuvada kuluçkaya oturduğu için, doğal seçme, dişileri zor görünür yapacak renk ve desenler yönünde olur. Bu nedenle dişiler çoğunluk daha donuk renklidir ve genellikle çevreye uyum gösterirler. Bu genlerin ayıklanması da büyük bir eşeysel dimorfizme (farklılaşmaya) neden olur.

Erkek seçimi her yıl tekrarlanan ve poligamik olan (çok dişililik) kuşlarda, özellikle bu renklenmenin daha belirgin olması, yukarıdaki varsayımı kuvvetlendirmektedir. Monogam olan ve ömrü boyunca bir dişiyle yaşayan erkeklerde bu renklenme ve dolayısıyla eşeysel farklılıklar çok daha azdır. Hatta bazen erkek ve dişiyi gözle ayırmak dahi zorlaşabilir. Sadece erkekleri kuluçkaya yatan kuşlarda bu renklenme tersinedir. Yani dişiler renklidir. Ayrıca kur yapmanın da önemli bir seçim unsuru olduğu insandan birçok hayvana kadar bilinmektedir.

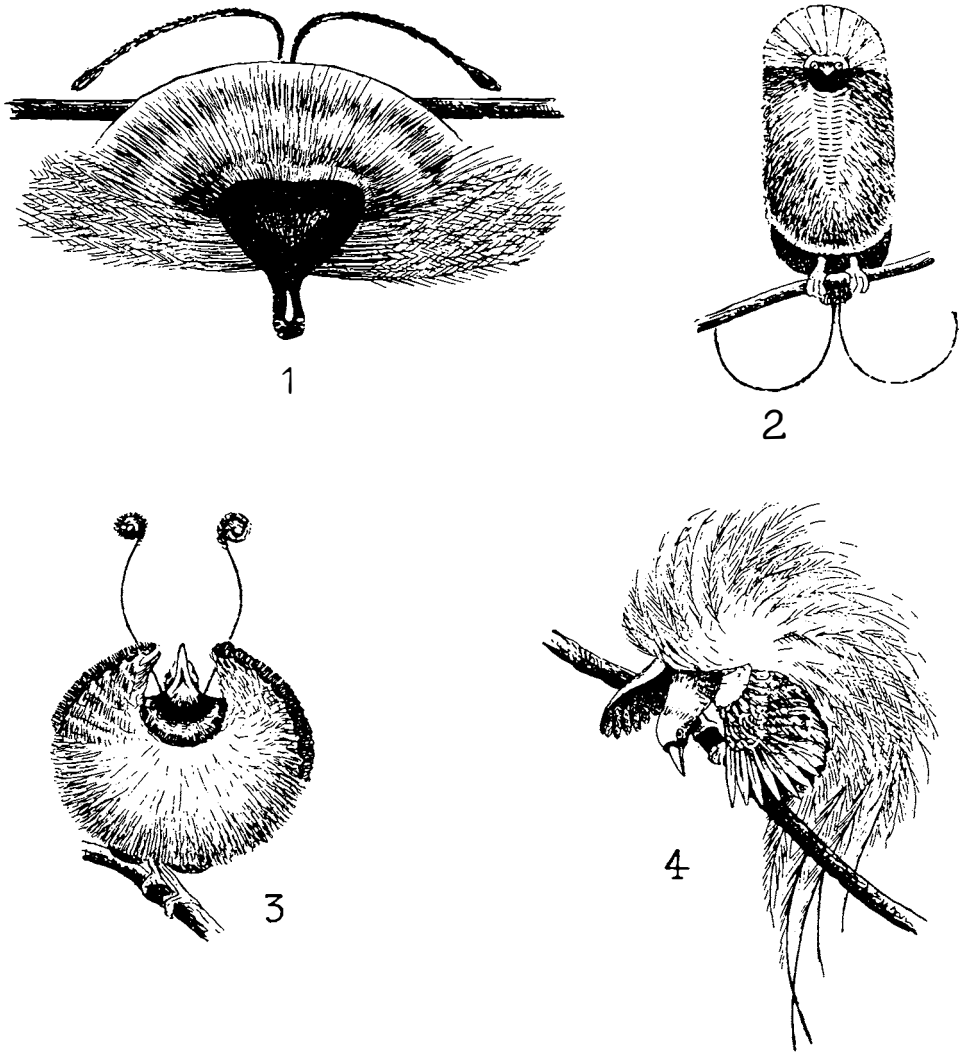
20.1.3. YUMURTLAMANIN (ovulasyon) UYARIMI

Birçok hayvanda eş oluşturma kısa bir süre içerisinde gerçekleşir ve çiftleşme sırasında erkek marifetlerini gösterir. Halbuki bazılarında dişinin yumurta meydana getirmesi için, erkeğin daha önce etkilemesi gerekir. Örneğin, kırtavuklarında ve bunların yakın türlerinde çok zarif danslar görülür. Erkek kendine bir bölge seçer ve danslarına başlar. Bölgesine bir dişi girmeden aşağı yukarı altı hafta önce, bu danslara başlayabilir. Dişinin bölgeye girip, çiftleşmeye izin vermesine kadar devam eder. Fakat bu olayın ilginç yanı, dişi, erkeğin danslarını gözlemezse yumurta meydana getirmediği gibi, çiftleşmeye de izin vermez.

Avustralya'da yaşayan kuyruğu çelenk şeklindeki bir kuş bir toprak kümesinin üzerine çıkar ve birkaç ay açık kuyruğunu sağa sola göstererek şarkı söyler. Yakınlarda bulunan bir dişide bu gösteri ve ötüşlerin etkisinden hormon değişikliği meydana gelir ve yumurtlar. Daha sonra ağacın tepesinden aşağıya uçarak erkeğin döllemesine izin verir. Bu şekildeki evrimsel seçme, erkeğin danslarını ve ötüşünü destekler doğrultudadır. Çünkü en iyi gösteri yapan ve en iyi öten erkek tercih edilir. Dolayısıyla bu yönde gelişmeye izin veren genler seçilir.

20.1.4. TERRİTORYUMUN SAVUNULMASI

Erkeklerin çıkardıkları sesler dişileri uyarma aracı olarak düşünülmekle beraber; çok defa hakim olduğu bölgeyi göstermektedir. Bu seslerle, erkekler, territoryumla-



Şekil 20.2: Cennet kuşlarında *(Pradisaeidae)* erkeklerin renklerini ve süs tüylerini kullanarak dişilerinin önünde gösteriş yapmaları, 1. *Pradisaea rudolfi,* 2. *Diphyllodes magnificus,* 3. *Cicinnurus regius,* 4. *Paradisaea minor* (Stresemann'dan).

rını diğer erkeklere ilan ederler. Erkeklerin parlak renkleri ve göze batan desenleri diğer erkeklere o bölgenin işgal edildiğini bildirmeye yarar (Şekil 20.2). Örneğin bir narbülbülünün erkeği etkinlik alanına giren veya yaklaşan diğer bir erkeği uyarmak için göğsünün kırmızı renklerini gösterir. Seçme de bu yönde olacaktır. Yani etkin olduğu alanı en iyi şekilde savunan ve diğer erkeklere gösteren desen ve şekillerin gelişimi teşvik edilecektir. Dişiler arasında böyle bir seçme olmadığı için çoğunluk ötmezler ve parlak renklerle de süslenmezler. Erkeklerin kuluçkaya yattığı bazı nadir kuş çeşitlerinde bu durum tersinedir. Örneğin kıyı kuşu dediğimiz kuşlarda yukarıdaki özelliklere dişiler sahiptir.

20.1.5. GÖRME VE KOKUYLA SEÇME

Eşeysel farklılaşma, özellikle görme duyusu gelişmiş canlılarda meydana gelmiştir. Kuşlar, omurgalılar içerisinde en keskin görme duyu organına sahiptir. Buna karşın koklama duyusu bakımından zayıftırlar. Bu nedenle erkek ve dişi arasındaki farklar en iyi bu hayvanlarda görülür. Memeliler kural olarak koklama duyusunu, görme duyusundan daha çok ve daha etkin olarak kullanırlar. Bu nedenle koku, eşeysel çekim olarak daha yoğun kullanılır. Örneğin erkek geyik veya dağkeçisi kilometrelerce uzaktaki dişisinin kızana geldiğini, çıkardığı kokudan anlayabilir. Birçok memelide koku, eşeysel çekim bakımından görmeden çok daha önemlidir. İnsanda görme tam anlamıyla başattır; buna karşın diğer primatlarda koku önemlidir. Bir kafesteki erkek maymun, dişi maymun kızana gelip koku çıkarıncaya kadar, yani çiftleşmeye hazır oluncaya kadar, dişiyle çok daha az ilgilenir. Kızana gelmiş bir dişi maymunun eşeysel organlarından alınan sıvılar, kızana gelmemiş bir dişiye sürüldüğünde, civardaki erkekler bu dişiyle çiftleşmeye çalışırlar; fakat bu sefer dişi hazır olmadığı için başarıya ulaşılamaz. Bu kokuyla uzun zaman uyarılan erkekler, çiftleşmeyi başaramazsa, bir köşede masturbasyonla kendi kendine boşalmaya çalışır.

Omurgasızlarda, özellikle böceklerde feromen dediğimiz salgılar, dişinin bulunmasında çok büyük öneme sahiptir. Bir ormandaki gece kelebeğinin erkeği, feromen dediğimiz bu koku ile dişisini, kilometrelerce uzaktan, çok kısa zamanda bulur. Ayrıca sosyal yaşayan böceklerde feromonlar belirli bir düzenin sağlanmasına yarar. (Yaşamın Temel Kurallarına bkz. I I. Cilt: 19.3. ve II. Cilt: 28.5.1.15.).

20.1.6. DANS ÖRNEKLERİ

Eşeysel seçme, çiftleşmeden önceki dans veya reverans (kur) dediğimiz hareketlerin gelişmesine neden olmuştur. Dişiler, erkeklerin yaptıkları danslara içgüdüsel olarak yanıt verirler ve uyarılırlar. Fakat erkeklerin yapacakları çok küçük dans hataları onların reddedilmesine neden olur. Çok küçük bir ayrıntıymış gibi gözüken bu davranış, özünde, evrimde çok etkin bir mekanizmayı meydana getirmiştir. Birçok fizyolojik ve yapısal özelliği bakımından hemen hemen aynı olan birçok tür, bu çiftleşme davranışındaki fark nedeniyle bir araya gelip döl meydana getiremezler ve sonuçta iki farklı alttür, daha sonra tür olarak birbirinden ayrılırlar. Çiftleşme davranışlarında meydana gelecek çok küçük bir düzensizlik bu ayırımı sağlar ve erkeğin dişi tarafından reddedilmesine neden olur.

Sirkesineğindeki birçok kavuşma davranışı yüzünden farklılaşmalar meydana gelir. Tek bir gen bu davranışları değiştirebilir. Bir gen, vücudu gri yerine sarı yapar ve keza erkeklerde kavuşma etkinliğini azaltır. Sarı erkekler kanatlarını griler kadar güçlü titreştiremezler. Bu kanat titreşimleri dişileri uyarır. Bu nedenle sarı erkekler, gri erkekler kadar dişileri çiftleşme için uyaramazlar. Bundan başka dişiler uyarılsa da, çiftleşmeye izin verebilmesi için eşeysel organlarının erkekler tarafından yeterli derecede yalanması gerekir. Sarı erkeklerde bu yalama hareketleri yitirilmiştir.

Bu kavuşma davranışlarının nasıl geliştiğini iyi bir şekilde balonsineklerinde görebiliriz. Üreme mevsiminde, erkek, içi boş bir balon örerek dişiye hediye eder. Dişi bu balonu kabul edip, sıkıca tutarken, erkek, dişiyi döller. Dişi yırtıcıdır; verilen bu balona dikkati çekildiği için, dönerek erkeği yemez. Bazı yakın türlerinde bu balon yapma yeteneği yitirildiği için, erkek, genellikle yenmekten kurtulamaz. Birçok böcekte, örümcek ve akrepte, erkek, bir böcek yakalayarak dişiye hediye eder; dişi, bu hediyeyi yerken erkek de dölleme işini tamamlamaya çalışır. Bazılarında av bir ipek balon içinde sunulur. Dişi bu ağı açmaya çalışırken döllenme gerçekleştirilir. Balonsineklerinde evrimsel gelişme son basamağına varmıştır. Erkek, böceksiz örülmüş bir balon hediye eder ve dişinin dikkatini oraya çeker. Belki bu balon başlangıçta (bir zamanlar) böcek taşıyordu. Fakat zamanla sadece dış kısmı kalmıştır. Birçok peygamberdevesinde *(Mantid),* ilke olarak, dişiler erkekleri yer. Çünkü dişiler erkeklerden çok daha büyüktür. Döllenmenin yarıda kalmaması için, dişi erkeği yerken, erkekte eşey organlarına sinir kolu gönderen son sinir düğümü bir merkez gibi görevi üstlenir ve erkeğin baş kısmı yense dahi eşey organları bu gangliyon sayesinde döllemeyi yürütür. Kural olarak hayvanların birçoğunda bu kavuşma davranışı vardır. Fakat her birini ayrı ayrı incelemeye olanak yoktur.

20.2. ÜREMEYE UYUMDA MEYDANA GELEN SEÇME

Bir populasyon içerisindeki farklı üremeden dolayı bazı evrimsel gelişmeler ortaya çıkar. Hızlı çoğalanlar gen havuzuna daha çok gen sokma şansına sahip olurlar. Biz, genellikle uyum yapan hayatta kalır sözünü çok kullanırız. Fakat bireysel olarak hayatta kalma fazla birşey ifade etmez. Önemli olan ayakta kalırken yeterince veya fazla sayıda döl meydana getirmesidir. Yani üremedeki başarı, özünde, bireysel olarak hayatta kalmadan çok daha önemlidir. Bir birey ne kadar uzun yaşarsa yaşasın, eğer döl meydana getirmemişse, evrimsel açıdan hiçbir öneme sahip değildir. Bu nedenle biz üreme çağına varmadan, ya da herhangi bir nedenle üretmemiş bireylerin ölümü için, "G e n e t i k s e l Ö l ü m" deyimini kullanırız.

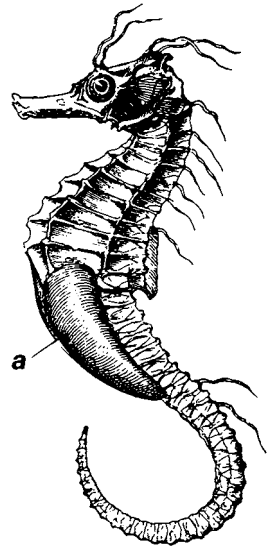
20.2.1. ÜREMENİN BİYOLOJİK ÖNEMİ

Evrim, üremeyle yürütüldüğü için, bütün türlerde üreme işlevi çok önemlidir. Gerçekte birçok türün sadece üremek için yaşadığı ve bu işlevini gördükten kısa bir süre sonra öldüğü görülür. Çünkü üremeden sonra bu genlerin saklanmasının anlamı kalmamıştır. Bu tip canlılarda genellikle bir tek üreme dönemi vardır. Birden fazla üreme dönemi olan canlılarda hem yaşam süresi uzamıştır, hem de ilk üremeden sonra ölüm ortadan kalkmıştır. Birgünsinekleri (*Ephemeroptera*) üç yıl kadar suyun içerisinde gelişir ve son larva derisinden sonra ergin olarak karaya çıkarlar; suların üzerinde alçalıp yükselerek dans ederler; bu arada döllenme meydana gelir; döllenmeden hemen, sudan çıktıktan birkaç saat sonra erkekler ölür. Dişiler yumurtalarını bırakmak için bir ya da en fazla üç gün yaşarlar. Daha sonra onlar da ölürler. Erginleşen dişi ve erkeklerde ağız tamamen körelmiştir.

Pasifik alabalıkları, okyanusa dökülen derelerde yumurtadan çıkar; daha sonra denize dönerek birkaç yıl orada beslenir ve eşeysel olgunluğa ulaşırlar. Bu döneme gelen balıklarda doğduğu derelere ve hatta doğduğu bölgeye dönme içgüdüsü ortaya çıkar. Bu seyahat sırasında ağızları değişerek kazmaya uyum yapacak şekle dönüşür ve besin alamazlar. Çağlayanların ve su düşüşlerinin üst kısımlarında ağızlarıyla yuvalarını açarlar. Bu yerleri seçmesinin nedeni kışın burada suyun donmamasıdır. Dişi, yumurtalarını bu yuva içerisine bırakır; erkekler de spermalarını yumurtaların üzerine dökerler. Ana ve baba ortak olarak yuvanın üzerini çakıl ve kumlarla örterler. Daha sonra sığ sularda birkaç gün çırpınarak ölürler. Bu arada birçok yırtıcı hayvan ve özellikle ayılar bunları büyük ölçüde avlar.

Bazı türlerde, dişi, yaşamı boyunca bir defa döllenmesine karşın, ölümüne kadar sürekli olarak yumurta bırakır. Bu türlerin erkekleri dölleme işini yaptıktan kısa bir süre sonra ölürler. Yuvadaki erkek arılar çalışmazlar, hatta kendi başlarına beslenemezler; varlıklarının tek nedeni yeni kraliçeyi döllemektir. Çiftleşme uçuşuna çıkan kraliçe, erkeklerden yalnız biri ile çiftleşir. Çiftleşen erkek kısa bir süre sonra ölür. Çünkü penisi dişinin üreme organına o kadar derin batar ki, ayrıldıkları zaman erkeğin iç organlarının bir kısmı da dışarıya çıkmış olur. Geri kalan çiftleşmemiş arılar kovana dönseler de işçi arılar tarafından dışarıya atılarak soğuktan ve açlıktan ölmeleri sağlanır. Kışın kovanda erkek arı bulunmaz. Çünkü biyolojik bir önemi yoktur. İlkbaharda belirli sayılarda yeniden meydana getirilmeye başlanır.

İki eşeyde de döllenme defalarca tekrarlanıyorsa, her iki eşeyin de ömrü uzamış olur. Bu tip hayvanlarda erkekler serbest ve yalnız bırakılmaz; belirli ölçülerde, örneğin, yavruyu ve yuvayı koruma, taşıma vs. gibi biyolojik ödevleri üstlenmiş olurlar. Örneğin balıkta yavruya bakım varsa, bunu çok defa erkekler yapar. Dişi balıklar yumurtaları bıraktıktan sonra uzaklaşır. Erkekler bu yumurtaları döller, yumurtala-



Şekil 20.3: *Hippocampus* (denizatı). a) Kuluçka kesesi (Hanstein'den).

rın açılımı sırasında yüzgeçleriyle dalgalar yaparak havalandırılmalarını sağlar ve düşmanlara karşı onları korur. Hatta yeterince büyüyünceye kadar yanlarında kalırlar. Bazı balık türlerinin erkeklerinde yumurtayı ağıza alarak, açılıncaya kadar ağızlarında tutma davranışı vardır. Tehlike sırasında yavru balıklar açılmış olan baba balığın ağzına kaçar.

Denizatında erkekler yumurtaları karın tarafındaki bir kesenin içine alarak orada gelişmesini sağlarlar (Şekil 20.3). Bu nedenle hamileymiş gibi görünürler. Yumurtalar açılmaya başlayınca, erkek denizatı, kuyruğunu bir yere dolayarak, bir çeşit kadınların doğum yapması gibi, zorlanarak yavruları dışarıya atmaya çalışır.

Büyük bir şans eseri insanların erkekleri de bu sınıf içerisindedir; yani, defalarca dölleme yeteneğindedir. Dişi, menopoz (adetten kesilme zamanı) zamanına kadar döllenebilir. Bu dönemden sonra çiftleşse dahi döllenme meydana gelmez. Çünkü yumurta üretimi kesilmiştir. Üreme zamanının bu kadar geniş tutulması yavrulara uzunsüre bakılması gerektiğindendir. Seçim bu yönde olmuştur. Özünde, üreme devresinin sonunda, insanı da sağlıklı ve güçlü tutmak için bir seleksiyon yoktur. Birçok ilkel insan toplumunda bireyin yaşı üreme yaşına eşittir. Pek az durumda, birey, üreme yeteneğini yitirdikten sonra yaşamaya devam eder. Fakat bakımın ilerlemesi ve birçok sosyal nedenle bu ömür çok daha ileri yaşlara uzatılmıştır. İlke olarak üreme çağının bittiği andan itibaren, ayrıcalarını gözönüne almazsak, her insanın vücudunda çöküntü, damar sertliği, felç, aktivitede bozulma, diğer birçok yetersizlikler ortaya çıkar ve bu, ilerleyen yaşla orantılı olarak gelişir. Yapılacak tüm ek bakım ve yardımlar bu yaşlanmayı önleyemez. Çünkü evrimsel olarak birey dünyadaki ödevini bitirmiş ve biyolojik olarak önemini yitirmiştir. Ancak sosyal işlevlere katkısı onun yaşamasını gerekli kılmıştır.

20.2.2. DÖL SAYISINDA GÖRECELİ UYUMLAR

Birçok populasyonun ayakta kalması, ürettiği döl sayısının fazla olmasıyla mümkündür. Korunmasız birçok küçük organizma bu nedenle bol miktarda yavru meydana getirir. Okyanuslarda, küçük kabuklulardan, birhücrelilerden, büyük canlıların küçük larvalarından ve küçük alglerden oluşmuş yüzen planktonlar birçok hayvan tarafından besin olarak alınır. Örneğin, ağzı açık yüzen bir balina bu planktonlardan binlercesini toplayarak bir lokma yapar. Bireysel olarak hayatta kalma bu yırtıcılardan şansla kurtulmakla mümkündür. Buna karşın populasyonun hayatta kalması bol üremesiyle sağlanmıştır. Çünkü fiziksel olarak meydana gelecek herhangi bir değişiklik fazla yararlı olmayacaktır.

Yeşil deniz kaplumbağaları ilke olarak büyük hayvanlardan sayılır. Senede bir defa kumlu sahillerin gel-git sınırı dışına çıkarak çukur eşer ve içerisine yüzlerce yumurta bırakır. Birçok dişi aynı bölgeye yumurta bırakarak ayrılır. Hemen hemen aynı zamanda çıkan binlerce yavru denize doğru koşmaya başlar. Bu sırada yırtıcı kuşlar, memeliler ve hatta yengeçler bu yavru kaplumbağaları avlamaya çalışırlar. Denize ulaşan pek az bir kısmı da köpekbalıkları ve diğer yırtıcı balıklar tarafından

yutulur. Sonuçta yumurtalardan çıkan çok sayıdaki yavrudan pek azı yaşama şansını bulur. Burada, ayakta kalma tamamen şans işidir. Çıkan yavruların sayısı o kadar fazladır ki, genellikle düşmanlarının karnı doyduktan sonra, geriye artanlar denize ulaşabilir. Bu denge, insan eliyle büyük ölçüde bozulmuştur. Sahillere yapılan moteller ve oteller, diğer tesisler, kirlenmeler ve avlamalar, bu hayvanların geleceklerini tehdit etmeye başlamıştır; hatta birçok bölgede tamamen tükenmelerine neden olmuştur.

Bitkilerde tohum sayısının fazla olması, çimlenme ve olgunlaşma şanslarının çok düşük olmasından dolayıdır. Çimlenenlerin büyük bir kısmı germinasyon için uygun koşulları bulamaz; bir kısmı bu koşulları bulsa da olgunlaşmadan önce herhangi bir nedenle yok edilir. JOSHUA LEE, fazla tohum meydana getirmenin evrimsel değerini arpalar üzerinde yaptığı bir deneme sonunda göstermiştir. Farklı tahıl ırkları, farklı sayıda tohum üretirler. Farklı sayıda tohum veren dört ırktan, eşit sayıda tohum alarak ekmiştir. İlk hasattan sonra şansla tohum örnekleri toplamış ve onları tekrar ekmiştir. Bu şansla seçim sonunda birkaç yıl içerisinde en yüksek tohum veren genotipi bulmuştur ve ırkların hemen hepsi en yüksek tohum sayılı olan ırkın sayısına ulaşmıştır.

Üremeye uyumun tipik bir örneği de Kanada'da ağaçsız arktik bölgede yaşayan bir kuşta görülür. Bu kuş yerde yuva yapar ve birçok düşmanı vardır (fok ve bazı kuşlar gibi). Yavruların büyük bir kısmı düşmanları tarafından yok edildiği için, fazla sayıda yavru meydana getirilmek zorundadır. Halbuki yavru çıkarmak için koşullar sınırlıdır. Yuva belirli sayıda yumurta alır ve yaz en fazla 40 gün sürdüğü için, ancak bir defa kuluçkaya yatabilir. Bu sorun iki yuva yapılmak suretiyle çözülmüştür. Erkek bir yuvada, dişi öbür yuvada kuluçkaya yatarak iki misli yavru çıkarılır.

Eğer iki tür aynı ekolojik nişi işgal ederse, fazla yavru meydana getiren ayakta kalır. Eğer bir bölgede birbiriyle yarışan iki kemirici türü düşünürsek ve bunlardan biri her dölde sekiz, öbürü dört birey meydana getiriyorsa; sekiz yavru meydana getiren tür bir zaman sonra öbürünü ortadan kaldıracaktır. Çünkü birinci dölde fark 4, ikincide 8, üçüncüde 16 ve yedincide 256 olacaktır. Yani yedi döl sonra birinci türden 256 bireye karşı ikinci türde ancak bir birey bulunacaktır. Zamanla ikinci türün sayısı devamlılık düzeyi dediğimiz sınırın altına düşeceği için ortadan kalkabilecektir.

İnsan topluluklarında da bu şekildeki farklı verimlilik etkisini gösterebilir. Bir grup insan izole edilmiş bir bölgede dengelenmiş çoğalma ile yaşayabilir. Fakat genellikle göç ile gelen bir grup daha fazla çocuk yapma eğilimindedir ve bu eğilim o yerin yerlilerini bastırıncaya kadar devam eder. Örneğin İngilizler bu yüzyılın başında Fiji adasında şekerpancarı üretimini artırmak için Hindistan'dan insan taşıdılar. Asya yerlileri Fiji yerlilerinden daha çok çocuk yaptıkları için zamanımızda sayıca dengelendiler ve bu suretle sosyal haklarda eşitliğe kavuştular. Asya ve özellikle Önasya ırklarının üremeye daha eğilimli olduğu bilinmektedir. Nitekim Avrupa'ya giden bu ülkelerin işçileri, bu çoğalma hızı ile bir zaman sonra Avrupa'nın hakim ırkı olacaklardır. Doğal olarak çoğalmanın hızlı olduğu toplumlarda, bireyin yaşama süresi daha azdır. Gelişmiş toplumların teknolojisi ve sağlık hizmetleri geri kalmış toplumlara

uygulandığında, çok çocuk yapma piskolojisi hemen silinemediği için, uzun süre çoğalma hızları yüksek kalmaktadır.

20.2.3. DOĞURGANLIĞA KARŞI ZIT SEÇME

Biz, üremeye uyumu, çok sayıda birey meydana getirmeyle tanımlamaya çalıştık. Fakat gerçekte bunun da bir sınırı vardır. Gereğinden fazla yavru meydana getirilirse bu sefer zıt seçme rol oynayarak, yavru sayısı optimumda tutulmaya çalışılır. Sonuç olarak her populasyon dış koşullarla yitirilen birey sayısını karşılayacak ve populasyon birey sayısını dengeli tutacak bir üreme kapasitesi kazanma eğilimindedir. Dengeli bir populasyonda doğurganlık ve onun zıddı olan seçme birbirini dengede tutar.

Yumurta ve yavru bakımı olmayan türlerde, kayıp fazla olacağı için, yavru sayısı yüksektir. Bu türlerde dahi zıt seçme işlev görür. Çünkü yavru ya da yumurta sayısı haddinden fazla olursa, o zaman anadan alacağı besin miktarı da daha az olacaktır ve yavrular, yaşamlarının ilk evrelerinde çok zayıf kalmış olacaklardır. Nitekim memelilerde fazla yavru doğuranların çocukları vücut olarak küçüktür. Bu nedenle zıt seçme gücü sayıyı azaltarak yavrunun daha büyük olmasını sağlar ve bu suretle bir avantaj ortaya çıkar.

Büyük üreme yeteneğinin olduğu gruplar, özellikle, parazit hayvanlardır. Bunlardan insanın ince bağırsağında yaşayan *Ascaris* tipik bir örnektir. Yayılabilmesi için diğer bir insan tarafından yumurtalarının sindirilerek alınması gereklidir. Gelişimini tamamlayabilmesi için de bağırsak duvarını delip kana, oradan akciğere, oradan da öksürükle, yutağa ve tekrar mideye geçmesi gereklidir. Bu döngünün tamamlanabilme şansı çok azdır. Fakat bağırsak kurdu bu güçlüğü çok sayıda yumurta meydana getirerek çözümlemiştir. 30 cm. uzunluğundaki ergin bir dişinin tüm vücudu yumurta üreten ovaryumla dolmuştur ve her gün yaklaşık 200.000 yumurta meydana getirir ve hayvan bu üretimine birkaç yıl kadar devam edebilir. Yumurtalar çok küçük olduğu için zayıf bir mikroskopta dahi zor görülür. İnsan pisliğiyle dışarıya atılır. Bu pislikler kuruyunca sağa sola rüzgarla savrulabilir ve bu şekilde geniş bir alana yayılabilirler. Birkaç sene kuru durumda yaşamlarını devam ettirirler. El ile ve besinle insana bulaşırlar.

Bugün kurbağların büyük bir kısmı 15.000 kadar yumurta meydana getirmesine karşın, ancak iki embriyo erginleşebilir. Diğerleri düşmanları tarafından yok edilir. Su birkintilerinin insanlar tarafından bozulması, birçok kurbağa türünün (bol miktarda yumurta meydana getirmesine karşın) yok olmasını hızlandırmıştır.

Evrimdeki zıt iki gücün dengelenmesine en güzel örneklerden biri Oxford Üniversitesinden DAVİD LACK tarafından verilmiştir. LACK'ın gözlemlerine göre, birçok kuş aynı sayıda yumurta bırakmaktadır. Seçme, optimumdan daha az yumurta bırakan dişilere karşı olur. Çünkü daha az yavru meydana getirirler. Fakat optimumdan daha fazla yumurta meydana getiren dişiler için de negatif seçme sözkonusudur. Çünkü kuluçka sırasında bu yumurtaları tam anlamıyla örtemezler. Soğuyan yumur-

talar da gelişmesine devam edemez. Eğer kuluçkada bu fazla sayıdaki yumurtayı çıkarabilirse, o zaman da hepsini yeterince besleyemeyeceği için ölümler ortaya çıkar. Böylece iki zıt seçme gücü birbirine karşı işlev görür. Bu nedenle çam baştankara kuşunda (*Parus ater*) olduğu gibi, dişi, bakmayı garanti edebileceği, yani besleyebileceği sayıya uygun olacak yumurta koyar. Yumurta sayısı kalıtsal olarak fikse edilmiştir. Diğer bir ifade ile konacak yumurta sayısı iklim, beslenme ve kalıtsal faktörlerin denetimi altında bulunmaktadır.

Büyük üreme farklarına sahip iki yakın türün arasındaki seçmenin nasıl yürütüldüğüne ilişkin diğer önemli bir örnek, gececi çöl sürüngenlerinde görülür. Gececi çöl sürüngenleri yılda iki döl meydana getirir; fakat bu miktar sayılarının sabit kalması için yeterlidir. Dişiler, yumurtaları vücudunun içerisinde tutar ve yumurtadan çıkıncaya kadar onları korur. Senede iki yumurta meydana getirdiği için, her biri yeterince büyüktür ve yeterince besin maddesi içerir. Dolayısıyla yavru, bir çeşit doğduğunda, daha doğrusu dışarıya çıktığında yeterince güçlüdür. Yavruların erginleşme şansları da yüksektir. Çünkü diğer sürüngenler gibi düşmanını aldatmak için, kuyruğunu bırakma yeteneği vardır.

Bu türe akraba olan kılıçlısürüngen, çok daha fazla üreme yeteneğine sahiptir. Fakat yumurtalar emin ortamlara bırakılmaz. Dişi her yıl 70 kadar yumurta bırakır; ama onları vücudunun içerisinde saklamaz. Yumurtaların çoğu diğer hayvanlar tarafından yenir ya da tahrip edilir. Yumurtalar küçük olduğu için, çıkan yavrular da zayıf ve çelimsizdir. Dolayısıyla erginliğe ulaşıncaya kadar büyük kayıp verirler. Ayrıca kuyruklarını bırakma yetenekleri tam gelişmediği için, kuyruğundan yakalanan bir hayvan çok defa düşmanına yem olur.

Yavrularına yoğun bir bakım gösteren, süt ve diğer besinlerle yavrularını besleyen hayvanlarda genellikle az yavru meydana getirme eğilimi vardır. Kuşlar ve memeliler bu gruptandır. Her ikisi de sabit sıcaklı hayvanlardır (sıcakkanlıdır) ve yavru, doğmaya veya yumurtadan çıkmaya kadar sıcak tutulmak zorundadır. Çok yoğun bakım bu yavruların büyük bir kısmının erginliğe ulaşmasını sağlar. Çok düşük üreme kapasitelerine karşın, kuşlar ve memeliler, uygun ortamlarda büyük bir üreme hızına sahiptirler. Fil, en düşük üreme kapasitesi olan hayvanlardan biridir. Her dişi aşağı yukarı on yılda bir, bir yavru doğurur. Fakat bu yavrunun erginliğe ulaşma şansı çok büyüktür. Çünkü doğduğu zaman yeterince büyüktür, uzun zaman annenin yanından ayrılmaz ve en önemlisi sürünün diğer bireyleri tarafından çok dikkatli bir şekilde korunur. Bir dişi, normal yaşarsa 8 kadar yavru meydana getirir. Bu, eğer hepsi yaşarsa, bir generasyon süresince populasyonun dört misli büyüdüğünü kanıtlar (erkek ve dişiyi ortak düşünün!). Oniki generasyon sonra, bu hızla, bir çift filin yavruları, tüm Asya ve Afrika kıtasını örtecek sayıya ulaşır. Bilindiği gibi yavruların hepsinin erginliğe ulaşamaması bu dengeyi sağlamaktadır. Son zamanlarda insanların, fillerin yaşadıkları bölgeleri istilası ve onların kullandıkları su ve besinlere ortak olması, sayılarının hızla düşmesine neden olmaktadır.

20.3. FARKLI ÜREME EĞİLİMLERİ

Büyük ve heterojen bir populasyonda hayvanlar arasındaki çiftleşme, evrimsel açıdan önemli olan üç farklı şekilde yürütülür.

20.3.1. RASTGELE ÇİFTLEŞME

Amerika'daki Yellowstone parkında bulunan ayıların büyük bir çoğunluğunu siyah, daha az olarak kahverengi, en az olarak da tarçın renklilerin oluşturduğu görülür. Rastgele çiftleşmeler ile bu renkleri meydana getiren genler aynı oranlarda kalıtılma eğilimindedir ve bu nedenle renklerin oranı da sabit kalmaktadır. Erkek, dişileri renklere göre değil de kokuya göre seçer. Dolayısıyla gen dağılımı değişmeden kalır. Özünde birçok hayvanda rastgele çiftleşme evrimsel dengenin temelini oluşturmaktadır.

20.3.2. KENDİ GRUBUNDAKİLERİ VEYA NİTELİĞİNDEKİLERİ SEÇEREK ÇİFTLEŞME

Burada aynı populasyon içerisinde kendi benzerini tercih ederek çiftleşme sözkonusudur. Örneğin birçok populasyonda siyah erkek ayılar, siyah dişi ayıyı; kahverengi erkek ayılar, kahverengi dişi ayıyı; tarçın renkli erkek ayılar, tarçın renkli dişi ayıyı tercih ederler. Bu nedenle aynı bölgede yaşayan ayılar arasında bir gruplaşma ortaya çıkar. Bu çeşide göre seçme ilerlediğinde ve geliştiğinde, alttürleşmeler ortaya çıkacak ve gittikçe değişen genetik yapı dolayısıyla bir zaman sonra da türleşme olacaktır.

Kendi grup ve niteliğindekilerle çiftleşme belirli ölçülerde insan toplumlarında da olur. Kısa yapılı erkekler, kısa yapılı dişileri seçme eğilimindedir. Bununla beraber birçok ayrıcası vardır. Sakatlar, kendisi gibi sakat olanlarla; örneğin sağır ve dilsizler, diğer bir sağır ve dilsizle evlenme eğilimindedir. Daha belirgin olanı, aynı ırktan olanların, hatta aynı dili, aynı inancı, aynı kültür ve geleneği paylaşanların evlenmek için birbirlerini tercih etmeleridir. Fakat bu şekildeki tercih tam anlamıyla eksiksiz yürütülmediği için, populasyonlardaki gen dağılımı kısmen homojenliğini korumuş ve dolayısıyla alttür ve tür şeklinde ayırım gerçekleşmemiştir. Özellikle geçmişteki birçok peşin hükümle insanlar arasında yapılan ayırım, gen akımını azaltmasına karşın, eşitsizlik kaldırıldıktan sonra bu gen akımı çok daha hızlı olmaktadır.

20.3.3. TERCİHLİ ÇİFTLEŞME

Çiftleşmenin bu şekli, yukarıdakinden farklı olarak, bir tip, karşı eşeydeki tüm bireyler tarafından tercih ediliyorsa meydana gelir. Doğal olarak buradaki seçme tercih edilenin özellikleri yönündedir. Eğer Yellowstone parkında tarçın renkli ayılar tercih edilseydi, bu renk populasyonda gittikçe artacaktı.

İnsan toplumlarında güzel kadınlar tüm erkekler; yakışıklı ve erkek özelliklerini belirgin olarak gösterenler de tüm dişiler tarafından tercih edilir. Birçokları istediklerinin dışındakilerle evlenmek zorunda kalmışlardır ve bu suretle çocukları olmuştur. Bir kısmı da isteklerine uygun olanlarla çiftleşirler; fakat çocuk yapmazlar. Çağımızda birçok dişi ve erkek, çocuk yapmak için değil, sosyal yaşamı paylaşmak için birleşirler ve seçilirler. Özünde, güzellik kavramı ve eşeysel çekim farklı insan toplumlarında farklı şekilde gelişmiştir ve bu da ırk farklılıklarını ortaya çıkarmıştır.

Afrika'daki birçok ırkın kalın dudaklı olması, atamız maymun benzeri primattan büyük sapma gösterir. Çünkü bu ilkin insan ince dudaklıydı. Ola ki, kalın dudaklı dişiler bu toplumlarda tercih edildi ve kalın dudak bir çeşit eşeysel çekimin simgesi olarak görüldü ve sonuçta kalın dudaklı kadınların döllenme ve çok çocuk meydana getirme şansı artmış oldu. Dolayısıyla bu yönde bir seçim ortaya çıktı. Bu konuda elimizde yeterli kanıt olmamakla beraber, ilginç bir kuram olarak görülmektedir.

Birçok primatta büyük göğüs (meme) olmamasına karşın, yavrular yeterince beslenebilmektedir. Memelerin büyük olması süt üretimi için gerekli değildir, hatta zararları vardır. Çünkü yavru emerken iri meme tarafından burnu kapatılarak solunum yapması önlenmiş olur. İnsan evrimleşerek ayağa kalktığında, dişilerin memeleri açığa çıkmış oldu. Bu, yavrunun beslenmesi için olumlu bir gösteriş, meme ucundaki siyah benek ve meme büyüklüğü erkeklerin uyarımı için bir aracı oldu. Dolayısıyla büyük memeli kadınlar erkeklerin daha çok ilgisini çekerek uyarmaya başladılar ve zamanla tercih edilir duruma geçtiler. Bu seçimden dolayı memeyi geliştiren genlerin frekansı arttı ve diğer memelilere göre aşırı bir büyüme meydana geldi.

Diğer birçok hayvanda da tercihli çiftleşme vardır. Fakat bu tercihin esas nedenini genellikle anlayamayız. MARY FORSTER, kırmızı gözlü sirkesineklerinin beyaz gözlülere göre daha çok tercih edildiklerini gösterdi. 32 bakir kırmızı gözlü dişi sirkesineğini (*Drosophila*), çok sayıda; fakat eşit miktarda kırmızı ve beyaz gözlü erkek sirkesineğinin bulunduğu bir kafese bırakmış, sonuçta 26 dişinin kırmızı gözlü, geri kalan 6'sının da beyaz gözlü erkeklerle çiftleştiğini göstermiştir. Kırmızı gözlü erkeklere de bakir dişiler verildiğinde 10:1 oranında kırmızı gözlüleri tercih ettiği görülmüştür. Hatta beyaz gözlü sineklerin yine kırmızı gözlü olanları kuvvetle tercih ettikleri görülmüştür. Belki, kırmızı göz eşeysel çekim bakımından beyazdan daha etkilidir varsayımı kabul edilebilir. Fakat ilerleyen araştırmalar göstermişti ki, bunun göz rengiyle ilgisi yoktur; bu tercih göz rengine bağlı olarak kalıtılan pleiotropik bir etkinin sonucunda ortaya çıkmaktadır. Eğer sinekler tamamen karanlık bir yere konsalar, tercih yine kırmızı gözlülerin lehinedir. Kırmızı pigmentin oluşmasını önleyen gen, aynı zamanda beyaz gözün oluşmasına, bazı davranış farklılıklarına, koku değişimine ya da üreme ile ilgili bazı değişikliklere neden oluyor ve beyaz gözlü bireyler kırmızı gözlüler kadar etkili olarak kavuşma yapamıyor.

İnsanlardaki tercihli çiftleşme, belirli genlerin belirli toplumlarda yüksek olmasına neden olmuştur. Örneğin Panama'da Cuna yerlilerinin yüksek oranda albinizm (akşınlık) gösterdiği bilinmektedir. Bu, özünde, güneşin çok etkili olduğu ekvator

bölgeleri için ters bir seçimdir. Çünkü tropiklerde koyu pigmentliler lehine seçim vardır. CLYDE KEELER'in bu yerliler üzerindeki çalışmaları göstermiştir ki, albinolar, bu toplumlarda üstün tipler, tanrının elçisi veya özen gösterdiği kişiler olarak kabul edilmekte ve her zaman himaye görmektedirler. Sonuç olarak çiftleşmek için tercih edilmekte ve daha çok yavru meydana getirmektedirler. Güneybatı Amerika'daki Hopi ve Navaho yerlileri de yüksek oranda albinoya sahiptirler. Bu kabilelerde, erkekler kamplarının dışına yiyecek toplamak ve avlanmak için gittiklerinde, albinoları arkalarına almaktaydılar veya kampta bırakmaktaydılar. Böylece tehlikelerden korunan bu bireylerin hem yaşama şansları artmakta, hem de kampta kaldıklarından dolayı daha çok kadınla çiftleşme fırsatını bulabilmekteydiler. Birçoğuna göre de albino erkekler daha çok eşeysel çekim özelliğine sahipti; bu nedenle tercih edilmişlerdi.

21. BÖLÜM

21. ÜREMEDE YALITIM (İZOLASYON) VE TÜRLERİN KÖKENİ

Evrimdeki en önemli ve en tartışmalı çalışmalar türlerin kökenini açıklamaya yöneliktir. Gerçekte, DARWIN'in "*Türlerin Kökeni*" adlı eseri bu nedenle birçok kişinin dikkatini çekmiştir. Bir tür nedir, diğer türle ayrılımı hangi sınırda ve çizgide olmaktadır sorusunu yanıtlamak evrimin en önemli konusudur. Belki biyolojide yanıtlanması en zor sorulardan birisi iki yakın tür arasındaki sınırın nasıl çizildiğidir, yani 'Tür Tanımıdır'. Birçok araştırıcı arasında kriterler bakımından farklar varsa da, ana ilkeler üzerinde birçoğu fikir birliğine varmıştır. İlke olarak, aynı türün bireyleri yapı ve işlev bakımından büyük benzerlik gösterirler. Fakat bu aynıdır anlamına gelmemelidir. Bir türün içerisinde varyasyonlar ve değişiklikler (anatomik, fizyolojik, protein yapısı ve davranış bakımından) olmasına karşın, diğer bir türün üyelerinden çok daha birbirine benzerdir. İkincisi, aynı türün üyeleri birbiri arasında doğal koşullarda, serbestçe çiftleşerek, verimli yavrular meydana getirmelidirler. Halbuki farklı türler arasında üreme işlevleri bakımından yalıtım vardır. Farklı türler değişik bölgelerde yaşadığı için birbirleriyle kontak yapamazlar veya aynı bölgede yaşıyorlarsa çoğunluk çiftleşemezler. Birçok durumda çiftleşseler dahi yavru meydana getiremezler; yavru meydana getirseler dahi bu yavrular verimli olmaz. Bununla beraber laboratuvar koşullarında bazı türler arasında yapay olarak döllenmeler yapmak ve yavru elde etmek olasıdır. Biz, bir türü, yapısal ve işlevsel olarak birbirine benzer, çoğunluk aynı veya benzer biyolojik ortamlarda yaşayan, doğal koşullar altında çiftleşerek verimli döller meydana getiren, aynı fiziksel ve kimyasal koşullara benzer tepkiler gösteren bireyler topluluğu olarak tanımlarız.

Yüksek bitkilerde bir bitkinin poleni diğer bir bitkinin dişilik organına ulaşır. Fakat yaşayabilir tohumları meydana getirmek için yumurtayı delemez ya da yumurtalığa kadar uzanamaz. Eğer döllenme meydana gelir ve bir bitkiye kadar büyürse, bu sefer de bitki işlev gören gametleri meydana getiremez. Doğal olarak birçok ilkel organizmada eşeysel bir çaprazlamanın olup olmadığını açıkça gözlemek olanaksızdır. Bu nedenle tür ayırımı yapısal, fizyolojik ve diğer özelliklerine göre yapılır. Soyu tükenmiş türlerde ise tür ayırımı fosillerin yapısal farklarına göre saptanır. Ekologlar, türleri, ekolojik bir birim olarak düşünürler. Dolayısıyla aynı habitatı işgal eden ve kendi aralarında serbestçe çiftleşebilen bireyler topluluğu olarak tanımlarlar.

Türün oluşması için üremede yalıtım zorunludur. Bu olmaksızın hiçbir tür diğerinden ayrılamaz; eğer ayrılmışsa varlığını bağımsız olarak sürdüremez. Eğer tüm hayvanlar birbirleriyle serbestçe çiftleşip döl meydana getirebilseydiler, bütün zoolojik birimler ortadan kalkarak bir derecelilik (adım adım benzerlik) meydana gelecekti. Yani bir köpek, bir at, bir kedi veya sığır ayrı olarak bulunmayacaktı; her hayvanın kombinasyonları olacaktı. Keza hayvanlarla insanlar arasında da kırılım meydana geleceği için, insan benzeri birçok hayvan veya hayvan benzeri birçok insan olacaktı. Bir zaman sonra da tüm bunların karışımından ilginç bir melez çıkacaktı. Sokakta, üreme yalıtımı olmadığı için, birçok köpek çeşidini değişik melezler olarak izlemekteyiz. Köpeklerin hepsi aynı türe ait oldukları için aralarında melez meydana getirirler. Bu nedenle köpek yetiştiricileri, belirli özellikleri sabit tutabilmek için saf ırklar kullanmaya özen gösterirler. Eğer bu kontrol yapılmazsa bir zaman sonra tüm köpeklerin karışımından ortaya acaip bir melez çıkacaktır.

Bu şekildeki melezlemeler bitkilerde çok daha sık olarak görülür. Bir türün sporu, diğer bir türün yumurtasını dölleyebilir. Genellikle değişik yapılı melezler ortaya çıkar. Nitekim daha önce de gördüğümüz gibi bu melezlerden ekonomik açıdan yararlanılmaktadır. Bunların bir kısmı eşeysel olarak çoğalamadığı için kökten, çelikleme, aşı vs. gibi klon usülü üretimle çoğaltılırlar ve bu şekilde kalıtsal yapıları değişime uğramaz. Bir kısmı ise ana ve babaya benzemeyen; fakat tamamen verimli olan yeni melezler meydana getirir ki, çok defa bu melez yeni bir tür olarak da tanımlanır.

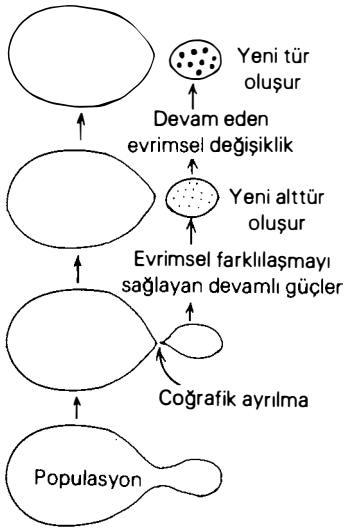
21.1. ÜREME YALITIMINDAKİ YÖNTEMLER

Üremede yalıtım iki temel yöntemle sağlanır. Birincisi coğrafik olarak yalıtımdır; buna allopatrik yalıtım denir. İkincisi de aynı habitatta bulunanların üreme işlevlerinde ve davranışlarında meydana gelen değişiklikler nedeniyle ortaya çıkan yalıtımdır, buna da simpatrik yalıtım denir.

21.1.1. ALLOPATRİK YALITIM (Allopatrik İzolasyon)

Eğer bir populasyon coğrafik olarak iki ya da daha fazla bölgeye (birime) ayrılırsa, evrimsel güçler yavaş yavaş etki ederek, gittikçe aralarındaki farkın artmasına neden olur ve bir zaman sonra bu ayrı bölgelerdeki canlılar (bir zamanın aynı türü) ayrı türler olarak sınıflandırılmaya başlanır (Şekil 21.1). Pek az tür uzun zaman değişmeden kalabilmiştir. Değişen çevre koşullarına uyum ve yeni genetik kombinasyonların oluşumu, farklı tür meydana getirecek kadar ilerleyebilir.

Allopatrik türleşmenin kanıtları dünyanın birçok yerinde bulunabilir. Jeolojik kanıtlar, bir zamanlar, Avrupa ile kuzey Amerika'nın bitişik olduğunu göstermektedir. Kıtaların kaymasından dolayı daha sonra birbirlerinden ayrı kalmışlardır (uzun zamandan beri). Bu ayrılmadan sonra, birçok canlı, değişik türler şeklinde farklılaşmıştır. Her iki kıtada da benzer hayvanlar bulunmasına karşın, bunlar birbirinden tür, cins ve hatta daha yüksek sistematik gruplar halinde ayrılmışlardır. Yakın tarihlerde de bu şekildeki coğrafik yalıtımdan dolayı ayrılmış bazı hayvanları tanımaktayız. On



Şekil 21.1:

Allopatrik yalıtım ile tür oluşumu.
Eğer bir populasyonun bir parçası coğrafik olarak yalıtılırsa, değişik evrimsel güçler yavaş yavaş bu yalıtılmış populasyonu (keza ana populasyonu) değiştirmeye başlar ve bir zaman sonra aralarında döl meydana getiremeyecek kadar farklılaşırlar ve dolayısıyla yeni bir tür ortaya çıkar.

beşinci yüzyılda bazı Avrupa tavşanları Madeiras'daki Porto Santo adasına taşınmıştır (Afrika'nın kuzeybatı sahillerinin açığında bulunur). Bu adanın iklimi Avrupa'nınkinden farklı olduğu için bazı değişiklikler meydana gelmiştir. Getirilen bu tavşanların torunları daha küçük, daha koyu ve Avrupalı atalarından daha ürkektir. En önemlisi her iki grup arasında çiftleşme yitirilmiştir. Üreme davranışları o kadar değişmiştir ki, bir araya geldiklerinde artık birbirlerini çekemezler (uyaramazlar). Bu nedenle iki farklı tür olarak tanımlanmaya başlanmışlardır. Bu, allopatrik yalıtımın, tür oluşumunu nasıl sağladığının çarpıcı bir örneğidir.

Birçok durumda tamamen benzer iki hayvan grubu sadece coğrafik yalıtıma bağlı olarak, farklı türleri meydana getirmiştir. Güney fil ayıbalığı (*Mirounga leonia*) Antartika'nın, güney Amerika'nın, güney Afrika'nın, Avustralya'nın ve Yeni Zellanda'nın güney sahillerindeki soğuk sularda yaşar. Kuzey fil ayıbalığı (*M. augustirostria*) kuzeybatı Amerika'nın soğuk sularında yaşar. Her ikisi de birbirine tamamen benzemesine karşın, aralarındaki büyük mesafeden dolayı ayrı iki tür olarak tanımlanırlar. Aralarındaki binlerce kilometrelik sıcak su her iki populasyonun eşeysel olarak temasa geçmesini engellemiştir. Bu ayrılma ola ki çok yakın bir zamanda olmuştur, dolayısıyla morfolojik farklılaşmalar tam anlamıyla ancak gelecekte ortaya çıkacaktır.

Coğrafik engeller populasyonları farklı şekilde birbirinden ayırır. Kara hayvanları büyük çöller ve sularla birbirinden ayrılır. Keza yüksek dağlar da bu ayırımı sağlayabilir (klinlere bkz.!). Özellikle yüksek dağların bulunduğu doğu Anadolu'da bu yalıtımı iyi bir şekilde görmek olasıdır. Karalar su hayvanları için etkili bir engel oluşturur. Yan yana bulunan iki dere ya da nehirdeki su hayvanları birbirlerinden tamamen yalıtılmışlardır. Yürüyen kedibalıkları bu engelleri aşabilecek niteliktedirler. Havanın nemli olduğu gecelerde karaya çıkarak yüzgeçlerinin üzerinde sürünürler. Panama Kanalının açılmasıyla iki okyanus arasındaki, Süveyş kanalının açılmasıyla, Kızıldeniz

ve dolayısıyla Hint Okyanusu arasındaki engel kısmen kalkmış olmaktadır. Böylece karşılıklı göçler devam etmektedir. Fakat bu kanalların açılmasıyla da kara hayvanları için yeni engeller oluşmuştur.

Aynı habitattaki çok küçük değişiklikler etkili bir üreme yalıtımı meydana getirir. Örneğin suda yaşayan türlerin çok yakın akrabaları su kenarındaki nemli yaprak altlarında yaşayabilir. Bu iki tür hiçbir zaman yanyana gelemediği için evrimsel güçler farklı yönlerde etkilemeye başlar. Tropiklerde birçok sürüngen, ağaçlarda; en yakın akrabaları da toprak üzerinde bulunur. Her ikisinin yaşam habitatları dikine (vertikal) farklı olduğu için kontak kuramazlar ve farklılık giderek çoğalır.

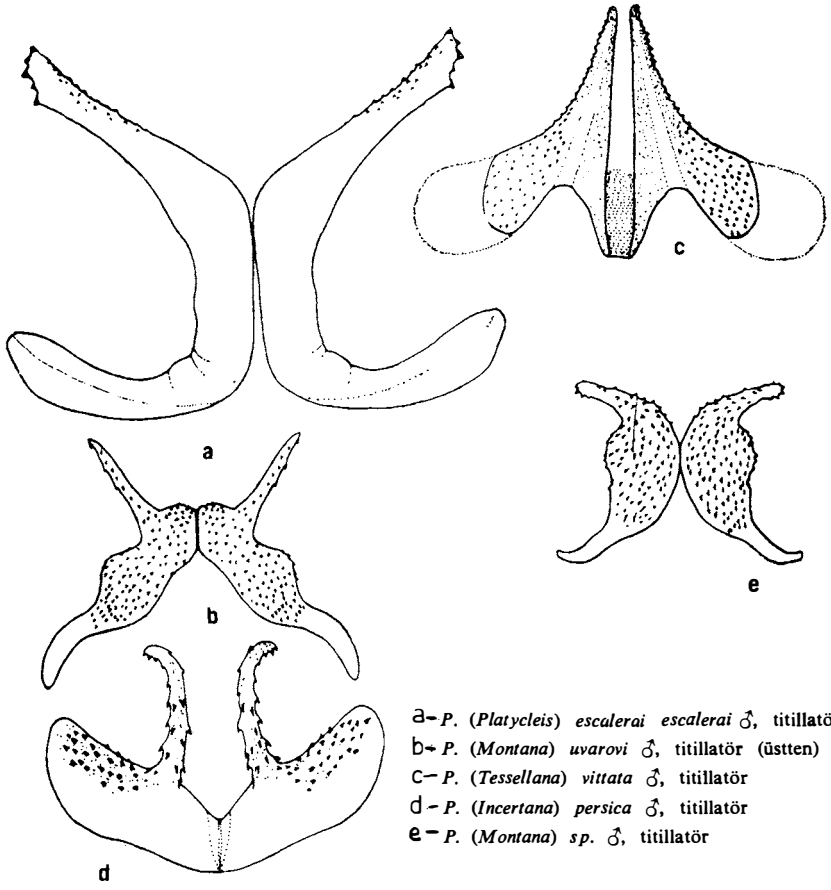
21.1.2. SİMPATRİK YALITIM (Simpatrik İzolasyon)

Üremede yalıtım keza aynı bölgede bulunan organizmalar arasında da meydana gelebilir. Örneğin su kurbağası ve kara kurbağası aynı havuzun içinde veya civarında yaşayabilir. Fakat çok yakın olmalarına karşın, karşılıklı çiftleşemezler. Bu, üreme dönemlerinin ve davranışlarının farklı olmasından ileri gelir. Eğer laboratuvar koşullarında uygun ortam hazırlanırsa bu iki kurbağa çiftleşerek yavru meydana getirir. Fakat yavrunun üreme dönemi ana ve babasınınkinden farklı olduğu için doğaya bırakıldığında kaybolur gider. Bu iki tür herhalde yakın bir zamanda bazı mutant genler ile birbirinden farklılaşmıştır. İleride birbirleriyle çiftleşemeyecek derecede farklılaşmaları beklenebilir. Belki de bunlar başlangıçta coğrafik olarak ayrıydılar. Üreme dönemleri farklılaştıktan sonra aynı habitatta bir araya gelmişlerse de artık doğal olarak çiftleşme yeteneklerini yitirmişlerdir.

Aynı bölgede bulunan birçok yakın akraba tür, davranışlarının farklılaşmasıyla birbirlerinden ayrılmaya başlamışlardır. Örneğin aynı havuzda yaşayan kurbağların vıraklamasında, böceklerin ses çıkarmasında, kuşların ötüşünde meydana gelecek çok küçük ton farklılıkları onları bir üreme yalıtımına götürür.

Bazı türler birbirlerine görünüş bakımından o kadar çok benzerler ki, birini diğerinden ayırmak çok güçtür. Bu türlere "İkiz Türler" (**Sibling Species**) denir. Fakat bunlar eşeysel üreme bakımından yalıtılmışlardır. Çoğunluk yakın zamanda birbirinden davranış ve bazı fizyolojik özellikleri bakımından farklılaşmış canlılardır. Böceklerde ve kuşlarda bunların çok tipik örneklerini görmek mümkündür. İkiz türlerin oluşumunda başlangıçta coğrafik yalıtım etki etmiştir. Daha sonra bu türler geniş yayılımları nedeniyle bir araya gelmişse da artık aralarında çiftleşme yeteneklerini yitirmişlerdir.

Bazen davranış ve üreme dönemleri tamamen birbirine benzer olmasına karşın, eşey organlarında meydana gelen çok küçük değişiklikler döllenmeyi önleyebilir. Örneğin birçok böcekte erkekler, farklı türlerin dişileriyle (yakın akraba) çiftleşmeye çalışır ve dişi tarafından da kabul edilir; fakat peniste veya eşeysel organların herhangi birinde meydana gelecek küçük bir değişiklik bu döllenmeyi önler (Şekil 21.2). Döllenme, anahtar-kilit örneği gibi birbirine uyan erkeklik ve dişilik organlarıyla gerçekleştirebilir.



a– *P.* (*Platycleis*) *escalerai escalerai* ♂, titillatör
b– *P.* (*Montana*) *uvarovi* ♂, titillatör (üstten)
c– *P.* (*Tessellana*) *vittata* ♂, titillatör
d – *P.* (*Incertana*) *persica* ♂, titillatör
e – *P.* (*Montana*) *sp.* ♂, titillatör

Şekil 21.2: Eşeysel organlarda meydana gelen değişiklikler türleşmeye kesin olarak katkılarda bulunur. Yukarıdaki örneklerde aynı kökten gelen türlerin eşeysel organlarındaki farklılaşmalar görülmektedir (Salman'dan).

Populasyonlar arası farklılığı belirlemek için araştırıcının öncelikle hangi istatistiki esasları uygulayacağını saptaması gerekir. Eğer araştırıcı tek bir özellikle uğraşıyorsa, aritmetik ortalama ($=\overline{X}$) ve toplam farklılık veya standart sapma ($=SS$)'yı bulmak zorundadır. Çok önemli bu iki değerle populasyonlar arası farklılığın bulunmasına çalışılır. Populasyonlar arası karşılaştırmalarda eldeki biyolojik özellikler normal eğri üzerine taşınır. Fenotipin özellikleri büyük ölçüde genotipe dayanmaktadır.

Populasyondaki bireylerde bazı özelliklerin farklılığını ölçmek için standart sapmanın, ortalamadan negatif veya pozitif yöndeki yayılışının bilinmesi, bireylerin populasyonda ne oranda dağılım gösterdiğini açıklar. Böylece populasyondaki sapma (varyasyon) derecesini önceden bilmemiz mümkün olur; çünkü normal bir eğride

$\overline{X}$ + 1 SS populasyonun %68,27'sini içerebilir.

$\overline{X}$ + 2 SS populasyonun %95,45'ini içerebilir.

$\overline{X}$ + 3 SS populasyonun %99,73'ünü içerebilir.

Standart sapmanın sayısal değeri ortalama değer ve örnek sayısı (n)'na bağlı olarak farklı olabilir. Çeşitli türlerdeki farklılık derecelerini karşılaştırabilmek için, farklılık katsayısı (= Fk) hasaplanır. Burada standart sapma ortalamanın yüzdesi şeklinde ifade edilir, yani : $Fk = \frac{SS \times 100}{X}$ 'dür. Farklılık katsayısının sayısal değeri ölçülen karakter ve özellikle taksonomik grupla ilgilidir. Fk, oranlar, linear ölçümler ve sayılabilen miktarlar için farklıdır. Örneğin insan türündeki göz sayısı (sayılabilen bir miktar) aslında sıfır olan bir Fk'ya sahiptir; yine insandaki boy uzunluğu (örnek homojen bile olsa) dördü geçen bir Fk'ya sahiptir. Fk, örneklerin homojenitesini gösteren bir indikatördür. Örneğin Fk bir seri örnekte 4-5 ve sadece o serideki bir örnekte 9 olarak bulunmuş ise o serinin tekrar incelenmesi gerekir, yani böyle büyük bir dalgalanma başka nedenlerden dolayı ortaya çıkmış olabilecektir. Bu seride ikiz tür, yanlış eşeye ait örnek ya da benzer bir oluşum vardır. Alttürler arasındaki ikincil iç içe geçen bölgeler çoğu kez Fk'nın indikatörlüğü ile karakterize edilebilir. Yani aynı türün çeşitli populasyonlarından toplanan ve karşılaştırılabilen örneklerin incelenmeleri veya aynı örneğin çeşitli sapmalarını karşılaştırmak için Fk'nın hesaplanması çok yarar sağlar. Bununla birlikte çeşitli Fk'larını karşılaştırmak için hiçbir istatistiki ölçünün olmaması (bu katsayı taksonomistlerce çok kullanılmasına karşın) bir dezavantajdır. Bu nedenle ölçümlerin sapmalarına ilişkin logaritmaların kullanılmasına gidilmiştir. Böylece herhangi bir ölçü biriminin (metrik veya metrik olmayan) kullanılmış olması da durumu değiştirmeyecektir.

21.2. ÇİFTLEŞME SONRASI YALITIM YÖNTEMLERİ

Yukarıda anlatılanların hepsi çiftleşmeyi önleyen mekanizmalardır. Fakat kavuşmayı mümkün kılan; ama melez meydana gelmesini önleyen mekanizmalar da vardır.

21.2.1. GAMET YALITIMI

Bir türün gameti diğer bir türün gameti ile birleşemez. Bazı fizyolojik değişiklikler, yumurtanın sperma tarafından delinmesini önler.

21.2.2. FERTİLİZİN İLE YALITIM

Bazı türlerde yumurta kendi türünün ya da yakın akraba türlerin spermasını çekecek fertilizin denen bir madde salgılar. Bu çekme olmadıkça döllenme meydana gelmez. Yakın türler arasında bu çekim ve döllenme olsa da zigot yaşayamaz ya da segmentasyon yapamaz, ya da gelişimin belirli evrelerinde, çoğunluk erken evrelerinde embriyo ölür. Vücut organları aynı hızla gelişemez. Bir türden gelen genler, bazı organların öbürsü için çok büyük ya da çok küçük olmasını sağlayabilir ve bu nedenle uyuşmazlık ortaya çıkar. Örneğin, kalp, embriyoyu beslemek için yeterince büyük olmayabilir ya da diğer organlara göre çok daha geç gelişebilir vs.

21.2.3. MELEZ KISIRLIĞI

Bazen döllenme ve gelişim için bu engeller kırılır ve yavru doğar ya da yumurtadan çıkar. Her iki atadan gelen genler yavruda intermediyer bir durumda temsil edilir. Çok defa bu melez, ana ve babanın yaşadığı nişe, onlar kadar uyum yapamayabilir. Bazen de meydana gelen melez hem anadan hem babadan fiziksel olarak daha güçlüdür ve çevreye daha iyi uyum yapabilir. Fakat her iki durumda da kural olarak kısırlık vardır. Çünkü gametogenez sırasında kromozomlar sinaps yapamazlar. İki ata türde kromozomlar yapı ve sayı bakımından farklı olabilir ya da aynı olabilir; aynı olduğu zaman, kromozomlar üzerindeki genlerin dizilişi farklı olacağından yine çift yapma olanaksızlaşır. Allel gen çiftleri farklı kromozomlar üzerinde olursa, bu sefer gametlere eşit olmayan bir şekilde dağılım olacağından verimli gametleri oluşturamazlar.

Kromozom sayısı ve kromozomların üzerindeki genlerin yapısı, meydana gelecek mutasyonlardan dolayı değişikliğe uğrayabilir. Bu nedenle evrimsel gelişim süreci içerisinde bir populasyon farklı kromozom düzenlenmeleri ile iki farklı populasyona ayrılabilir. Hareket yetenekleri az olan ve genellikle dağlık bölgelerde yaşayan birçok hayvan türünde, aberresyon, translokasyon, inversiyon ve diğer kromozomal değişikliklerle populasyonlar arasında farklılaşmalar ortaya çıkar. Bunların kontrolü oluşturdukları melezler ile yapılır.

Kırmızı fok, somatik hücrelerinde 34 kromozoma sahiptir; buna karşın arktik fok 52 kromozomludur. Bu iki tür birbirine yakın akrabadır ve melez meydana getirebilirler. Hibritlerin spermatogenezinde kromozomların tümünde bazı düzensizlikler görülebilir. Bu foklar birbirlerinden coğrafik olarak ayrıldıktan sonra, kırmızı foklarda sentrik fizyon ile kromozom azalması; arktik foklarda da horizontal (yatay) sentromer duplikasyonu ile kromozom çoğalması görülür (daha geniş bilgi için bölüm 15'e bkz.!).

21.3. DEME IRKLARI VE ALTTÜRLER

Eğer bir türün üreme yalıtımı ile meydana geldiğini düşünürsek, bu arada birçok geçit formlarının da olacağını varsaymalıyız. Bazı populasyonlar farklı bir tür sayılacak kadar uzun zaman ayrı kalmadıkları için aralarındaki gen akışı durmamıştır ve birçok araştırıcıya göre farklı kullanılması gereken (terim olarak) alttür, ırk, soy ve varyetelere bölünmüştür. Bu terimlerin kullanımında gerçekten bir kargaşalık ve anlaşmazlık vardır. Deme ise, bir populasyonda kalıtsal yapıları benzer birey topluluları için kullanılır. Demelerin toplamı populasyonu yapar.

21.3.1. İNSAN IRKLARI

İnsan ırkları oldukça uzun zaman ayrı kalan; fakat farklı bir tür oluşturması için yeterli süreyi bulamayan tipik bir örnek olarak incelenir. İnsanların yalıtımı farklı deri renklenmesine, vücut büyüklüğü ve yapısına, yüz yapısına, saç şekli ve burun yapısına vs.'ye neden olmuştur. Fakat aralarındaki kontak hiçbir zaman tam kesilmediği

için gen akışı sürekli olmuş ve verimli melezlerin oluşturulması sağlanmıştır. Bunlardan en uçta olanı Avustralya yerlileridir. Çünkü yalıtımları diğerlerine göre daha uzun sürmüş ve gen akışı oransal olarak bunlarda daha az olmuştur; bu nedenle en fazla farklılaşma bu ırkta görülebilir. En çok farklılaştığı kafkasoid tip ile dahi verimli yavrular meydana getirir. Nitekim dünyaca tanınmış tenis yıldızı bayan YVONNE GOOLAGONG, bir Angolo-Sakson ile bir Avustralyalı yerlinin melezidir.

İnsanın yeryüzünü işgali oldukça kısa bir zaman içerisinde olmasına karşın, ırklar arasındaki farklılaşma oldukça güçlüdür. Eğer yeterince uzun bir süre ayrı kalmış olsaydık bugünkü insan ırkları karşımıza birer farklı tür olarak çıkabilirdi. Fakat özellikle günümüzdeki modern taşımacılık ve sosyal grupların karışımı bu ayırımı tümüyle ortadan kaldırma eğilimindedir. Her geçen gün genotiplerin karışımı biraz daha hızlanmaktadır. Özellikle din, dil, adet, anane vs. gibi toplumun tutucu inançları azaldıkça. Böylece, gittikçe tekdüzelik sağlanmaktadır. Bununla beraber meydana gelecek bir felaket insanların tekrar küçük gruplar halinde izole edilmesini sağlayabilir.

Dünyadaki ırklara coğrafik açıdan dikey ve yatay olarak baktığımızda birbirlerine adım adım geçişlerini çok güzel görebiliriz. Örneğin, renk, tropiklerden başlayarak kuzeye doğru açılır; çekik gözlülük ve sarı renk doğudan batıya gittikçe değişerek yerini kafkasoid tipe bırakır; Endonezya'da sarı ırkla tropik ırkın; Hindistan'da sarı, tropik ve kafkasoid ırkın; Sudan'da ve Mısır'da siyah ırkla beyaz ırkın; Akdeniz'de esmer ırkla beyaz ırkın melezlenmesini adım adım incelemek olasıdır.

21.3.2. DİĞER OMURGALILARDAN ÖRNEKLER

Birçok türde bu şekildeki farklılaşmayı tipik olarak görebiliriz. Daha önce de değindiğimiz gibi bir türü oluşturan populasyonun içerisinde de yine gruplar halinde "Deme" dediğimiz küçük bireyler topluluğu vardır. Eğer demeler birbirlerinden çok belirli farklarla ayrılmışsa "Alttür" veya "Irk" denir. İki alttürün kontak haline geçtiği yerlerde geçit formlarını bulmak mümkündür. Hemen hemen tüm sistematik çalışmalarda bu kontak noktaları belirlenmeye çalışılır. Birçok kemirici memeli ve kuşlarda bu alttürler arasında geçişler iyi bir şekilde gözlenmektedir. Örneğin güneyde yaşayan ve kurak iklime uyum yapmış bazı memeli alttürlerinin, kuzeyde ağaçlık bölgelerde yaşayan memeli alttürleriyle Anadolu'nun bazı bölgelerinde melez yaptığını bilmekteyiz. Bu alttürleşme sorununu birçok balıkta ve sürüngende de açıkça görmekteyiz.

21.3.3. IRK ZİNCİRİ

Tüm Palearktik bölgeye yayılmış bir kuş türü olan büyük baştankara (*Parus major*) birçok alttür meydana getirmiştir. Bunlara coğrafik ırklar da denir. Avrupa'da bulunan alttür *P.m. eurupeus*, Anadolu'da bununan alttürle, Anadolu'daki İran'dakiyle, İran'daki Çin'dekiyle, Çin'deki ise Japonya'dakiyle (*P.m. japonicus*) çiftleşlerek verimli döller meydana getirebilir. Fakat Japonya'dakilerle Avrupa'dakiler bir araya getirildiğinde çiftleşmezler. Her alttür kendi arasındaki gen akışını sürekli kılmıştır.

Fakat zincirin iki ucundaki alttürler o kadar farklılaşmıştır ki artık bunlar çiftleşemezler ve bir çeşit tür özelliği kazanmışlardır. Bu nedenle bu tip alttürleşmeye ve türleşmeye "Irk Zinciri" denir.

21.3.4. KLİNLER

Aynı türün üyeleri, coğrafik uzaklıklarına bağlı olarak, derece derece varyasyon gösterirler. Bu varyasyonlar klin olarak bilinir. Aralarında kesin bir çizgi veya alttür çizmek olanaksızdır.

21.3.4.1. *Anadolu'daki Pamphaginae'lerin Durumu*

Anadolu'da, özellikle yüksek dağlarda kanatsız, hantal yapılışlı, kışı çoğunluk 3. veya 4. nimf evresinde geçiren bir çekirge grubu vardır (DEMİRSOY). Özünde bu hayvanlar soğuk iklimlerin hayvanıdır. Buzul devrinde Balkanlar'dan ve Kafkaslar'dan, buzulun önünden kaçarak, Anadolu'ya girmiştir. Bu sırada Anadolu'nun iç kısmında büyük bir tatlısu gölü bulunuyordu. Bu göl batı Anadolu ile doğu Anadolu'yu büyük ölçüde birbirinden ayırmıştı. Yalnız iki kara parçası bugünkü Sinop ve Toros kara köprüleriyle birbirine bağlanmıştı. Dolayısıyla Kafkaslar'dan gelenler tüm doğu Anadolu'ya Balkanlar'dan gelenler ise tüm batı Anadolu'ya yayılmıştı. Çünkü Anadolu da o zamanlar kısmen soğumuş ve bu hayvanların yaşamaları için uygun ortamı oluşturmuştur. Fakat dünya buzul arası devreye girince, buzullar kuzeye doğru çekilmeye ve dolayısıyla Anadolu da ısınmaya başlamıştı. Bu arada Anadolu'daki kara parçaları erezyon sonucu yırtılmaya ve dağlar yükselmeye, soğuk iklime alışık bu hayvanlar da yüksek dağların başına çekilmeye başlamıştı. Milyonlarca yıldan beri bu dağların başında yalıtılmış olarak (genellikle 1500-2000 metrenin üzerinde) yaşamlarını sürdürmektedirler. Kanatları olmadığından aktif yayılımı sağlayamamaktadırlar; hantal ve oldukça iri vücutlu olduklarından pasif olarak da yayılamamaktadırlar. Sıcaklığa dayanıksız olduklarından aşağıdaki vadilere inip diğer dağ silsilelerine de geçememişlerdir. Bu arada, yüksek dağlarda yaşadıklarından, mor ötesi ve diğer kozmik ışınların etkisi de fazla olmuş ve mutasyon miktarı yükselmiştir. Bu nedenle çok yakın mesafelerde dahi mutlak bir kontak kesilmesi veya kısmen kesilmeler ortaya çıkmıştır. Sonuçta bir veya birkaç tür olarak Anadolu'ya giren bu hayvanlar 50'den fazla tür ve bir o kadar da alttüre dallanmışlardır. Ayrıca her küçük populasyon da kendi başına bir diğerinden belirli ölçülerde farklılıklar göstermektedir. Hakkari'den Edirne'ye kadar bu hayvanların adım adım değişmelerini görmek mümkündür. Coğrafik yakınlık ile bu değişim arasında bağıntı vardır. Genellikle birbirinden uzak olan populasyonlar daha fazla değişime uğramıştır. Ortadaki göl ise bu yalıtımı çok daha güçlendirmiştir. Örneğin batı tarafında kalanlarda timpanal zar (işitme zarı) gelişmiş, doğudakilerinde körelmiştir; batıdakilerinde sırt tarakları oluşmuş, doğudakilerinde bu taraklar oluşmamıştır vs. Fakat göl ortadan kalkınca kontak bölgelerinde bu iki özelliğin karışımını da gösteren populasyonlar kısmen oluşmuştur (daha geniş bilgi için Demirsoy 1973 bkz.!). Coğrafik yalıtım kesin değildir; bir zaman sonra kontak haline gelebilir ve eğer genetik yalıtım ve türler arası kısırlık tam oluş-

mamışsa verimli döller meydana getirebilirler. Bir zaman sonra da coğrafik farklılıklar ortadan kalkabilir.

21.3.4.2. *Pasifik Ringa Balıklarının Durumu*

Klinler çoğunluk ekolojik gradasyon ile yakından ilişkilidir. Pasifik ringa balıkları Meksika'nın kuzeyinden Alaska'ya kadar bir klinal varyasyon gösterirler. Buradaki klin suyun sıcaklığına göre sıcaktan soğuğa doğru değişir. Alaska ve Meksika'dakiler birer tür olarak tanımlanabilir. Fakat aradakiler geçit formları olarak kabul edilir.

21.3.4.3. *Kan Antijenleri*

B grubu kanın antijenlerinin Asya ve Avrupa'daki yayılımı güzel bir örnektir. Bu kan grubunun Orta Asya'dan köken aldığını, oradaki frekansının yüksekliğinden anlıyoruz. Daha sonra Avrupa ve Batı Asya'ya dağılmıştır. Fakat frekans Orta Asya'dan uzaklaştıkça azalmaktadır. Buna karşılık A kan grubu Güney Avrupa'dan Afrika'ya ve Kuzey Avrupa'ya doğru gittikçe azalmaktadır.

21.3.4.4. *Evrimdeki Ekolojik Genelleştirmeler*

Bazı kurallar, özellikle sıcakkanlı hayvanlar için bu klinal değişikliklerin nasıl olabileceğini genelleştirmiştir (daha geniş bilgi için evrimi destekleyen kanıtlarda, bazı evrimsel ekolojik genelleştirmeler kısmına bkz.!). BERGMAN Kuralına göre, soğuk bölgelerde yaşayanlar, sıcakta yaşayanlardan daha iri vücutludur. Bu ısının sakınımı ile ilgilidir. ALLEN Kuralına göre sıcak bölgelerde yaşayanlar soğuk bölgelerde yaşayanlardan yüzeyi daha büyük çıkıntı ve üyelere sahiptir. Bu da ısının savrulması ile ilgilidir (Şekil 14.58). Nitekim kutup ve çöl tilkilerinin kulakları arasındaki ve keza kırmızı fok ile kutup fokunun üyelerindeki büyüklük farkı buna tipik örnektir. Afrika'daki insanların ince uzun vücutlu, büyük el ve ayaklı olmaları; Eskimoların ise tıknaz, küçük el ve ayaklı olmaları bu kuralla açıklanır. GLOGER Kuralına göre kuzeyden güneye doğru renkte koyulaşmalar görülür. Bunun nedeni güneş ışınlarından korunmadır. Fakat tropiklerde gececil olan veya toprak içinde yaşayan hayvanlar bu kurala uymazlar. İnsanların derisinin güneye gittikçe koyulaşması da bu kuralla açıklanır.

21.4. MELEZLENME İLE TÜR OLUŞUMU

Yeni türler diğer türlerin melezleri olarak da ortaya çıkabilir. Melezlenme, çok nadir olmakla beraber, bunların arasında yine çok seyrek olarak üreme yeteneği olan melezler de ortaya çıkabilir. Daha önceki bölümlerde (Bölüm 15'e bkz.!) bu konuya geniş olarak değinmiştik. Şimdi çeşitlerini kısaca görelim.

21.4.1. TÜR İÇİ MELEZLENME (İntraspesifik Hibridizasyon)

İki farklı alttürün veya ırkın üyeleri yanyana geldiğinde verimli yavrular meydana getirirler. Bazı durumlarda melezler atalarından daha güçlü olurlar. Bu nedenle

özellikle tarım bitkilerinde, bilhassa hububat ırklarında bu tip melezlemeler ile daha verimli ırklar elde edilmektedir. Birçok sebze, buğday ve gül çeşidi bu şekilde elde edilmiştir. Yararlı özelliklerin bir kısmı başat genler tarafından kalıtıldığı için, melezlerde biraraya toplanması daha kolay olur ve bazen güçlü çeşitler ortaya çıkar. Buna "Heterozis" denir. Bazen de farklı iki allelin heterozigot olarak bulunması, homozigot halde bulunmasından daha çok yarar sağlayabilir (orak hücreli anemiyi anımsayınız!).

21.4.2. TÜR DIŞI MELEZLENME (İnterspesifik Hibritleşme)

Yeterince farklılaşmış organizmalarda kromozomlar birbirleriyle verimli döl meydana getiremeyecek kadar değişme uğramıştır. Pek az durumda farklı türler arasında kromozomlar verimli gametler ve bireyler meydana getirebilecek kombinasyona sahip olabilir. Hayvanlarda bu çok nadirdir. Bazen flaş haber olarak katırın yavru meydana getirdiğini gazetelerde okuruz. Fakat bitkilerde bu tip farklı iki türün arasında verimli döllerin meydana geldiğini biliyoruz. Çünkü bitkiler hayvanlara göre, kromozom düzensizliklerine daha dayanıklıdır. Doğal olarak bu hibritlerden işlev gören gametler meydana gelirse ve bunlar kendilerini meydana getiren atalarından eşeysel olarak yalıtılırlarsa yeni bir türün başlangıcını oluştururlar.

21.4.3. POLİPLOİDİ

Yeni türler tüm kromozom sayısının katlar şeklinde çoğalmasıyla da meydana gelebilir. Daha önceki bölümlerde geniş olarak incelediğimiz gibi tetraploidi buna tipik bir örnektir. Bugün ektiğimiz tütün (*Nicotiana tabacum*) iki küçük türün *N. sylvestris* ve *N. tomentosa*'nın melezlenmesi, yani tetraploidi ile meydana gelmiştir. Top yoncanın da üçgül gibi iki küçük yonca türünden meydana gelmiş tetraploit olduğu bilinmektedir. Keza buğdayın da bir seri poliploidisi olduğu ve değişik amaçlar için kullanıldığı bilinmektedir. İlkel buğday, küçük boylu ve küçük başaklıdır; 14 kromozomludur. Bu 14 kromozomlu ilkel buğday, yine 14 kromozomlu tekeotu ile melezlenmiş ve 28 kromozomlu bir bitki ortaya çıkmıştır. Bu bitki de yine tekeotunun diploit gametleri ile döllenerek 42 kromozomlu bugünkü buğdayı yapmıştır. Bu bitki oldukça yüksek verimlidir. Zamanımızda kültürü yapılmaktadır.

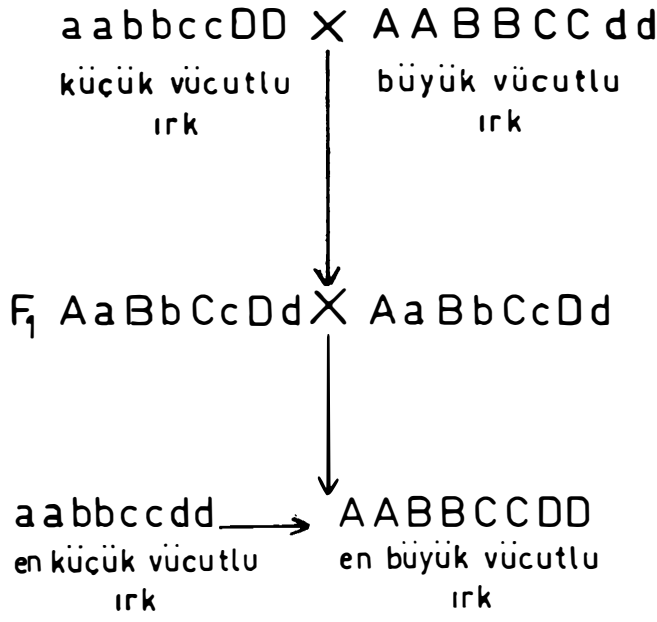
21.4.4. GEN SOKMA (İntrogression)

Bazen iki tür ya da alttür arasındaki bir melez, atalarından biri ile geri çaprazlanır. Bu şekilde, özellikle bitkilerde, yeni genler gen havuzuna sokulmuş olur. Meksika'nın orta kısımlarında teosinta (*Zea mexicana* veya *Euchalaena mexicana*) denen bir ot yabani olarak yetişir. Bu, kültürü yapılan mısıra (*Zea mays*) yeterince benzer. Her ikisi melez yapabilir ve yaşayabilen gametleri meydana getirirler. Bugünkü mısırın atası gövdenin ucunda küçük tohumları olan yabani bir ottu; yani teosintaya benzivordu. Sayısız yapay seçme ile, büyük koçanlı ve etrafı tohumlarla çevrili modern mısır meydana geldi. Çok eski Amerika yerlilerinin höyüklerinde bulunan mısır

koçanları çok küçüktür; halbuki zamanımıza doğru yaklaştıkça bu höyüklerden çıkan mısır koçanlarının büyüdüğü dikkati çeker. Bu da yapay bir seleksiyonu gösterir. Bu koçanlar, mısırın, bazı özelliklerini teosintadan aldığını göstermektedir. Kanıtlar, ilkel mısırın, teosinta ile melez yaptığını göstermektedir; belki daha sonra bir rastlantıyla mısırla tekrar geri çaprazlanmıştır. İnsanın seçmesi teosintadan istenen özelliklerin alınmasına neden olmuştur. Bu kuramı desteklemek için her iki tür amaca uygun olarak melezlenmiş ve yerlilerin höyüklerinde bulunan mısıra çok benzer ırklar elde edilmiştir.

Ziraatçılar çok defa iyi bir varyete ile, iyi olmayan bir varyeteyi, iyi olmayandan bazı özellikleri transfer etmek için melezlerler. Ticari önemi olmayan varyetelerdeki kuvvetlilik, hastalıklara dirençlilik ve diğer özellikler bu şekilde ticari önemi olan varyetelere aktarılabilir. Bu, bize ekonomik önemi olmayan birçok tarım bitkisi varyetesinin neden saklanması gerektiğini gösterir.

Gen aşılaması doğal olarak hayvanlarda da meydana gelir ve yeni ırklar elde edilir. Evcil sığırın bir akrabası, yak (*Bos grunniens*) orta Asya'nın dağlık bölgelerinde yaşar. Evcil sığırların çoğu başka bir türdendir (*Bos taurus*). Orta Rusya'daki bu dağlara yakın evcil sığırların birçok özelliği introgressionla (gen aşılaması) yaklardan gelmiştir. Ya rastlantı ile ya da kontrol edilen çaprazlama ile yaktaki bazı genler evcil sığırlara sokulmuştur. Bu genler, sığırları, bu bölgede yaşamak için daha yetkin duruma getirmiştir.



Şekil 21.3: Küçük vücutlu (değişik gen kombinasyonuna sahip) bir tavuk ırkı ile orta ya da büyük vücutlu bir ırkın çiftleştirilmesinden en büyük vücutlu (tamamen başat genlere sahip) ve en küçük vücutlu (tamamen çekinik genlere sahip) ırkları elde etmek mümkündür.

Seçme yapılırken birçok gen homozigot çekinik duruma geçer. Bilindiği gibi homozigosite bazı sorunları da beraberinde getirir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için diğer bir soydan gen aktarımına gidilir. Alman çoban köpeği çok tutulan bir köpek çeşididir. Fakat soy içi çaprazlamalar bazı genlerin çekinik olmasına ve bu da kalça çıkığına neden olur. Birçok islahçı, gen sokmayla bu sorunu ortadan kaldırmaya çalışmaktadır. Piliçlerin büyük boyları gerçekte gen sokumu ile küçük soylardan gelmiştir. Küçük soyları küçüklüğü sağlayan birçok gene sahiptir. Fakat bununla beraber büyük soyların içermediği ve büyüklüğü sağlayan genlere fazladan sahiptir. Gen aşılaması ile küçük soylardaki büyüklüğü meydana getiren genler büyük piliçlere aşılanarak daha büyük olmaları sağlanır (Şekil 21.3).

Seçme ve gen aşılaması ile eti ve sütü çok olan birçok sığır ırkı elde edilmiştir. Fakat bu hayvanların yüksek verimine karşın, besin alımında özel bir istekleri vardır. Her zaman kaliteli ve besleyici besin isterler. Çok defa da tohumlu bitkiler bu besin listelerinin arasındadır. Son zamanlarda tohumlu bitkilere olan gereksinme artınca, daha kalitesiz besinlerle süt ve et meydana getiren hayvanlar önem kazanmaya başlamıştır. Bu nedenle yerli hayvanlardan (örneğin bizon, teksas uzun boynuzu, yak, doğu Anadolu kırmızısı ya da karası vs.) gen aşılaması ile daha ucuza beslenebilen, daha dayanıklı ve çevre koşullarına daha iyi uyum yapabilen soylar elde edilmeye çalışılmaktadır. Bu da bizim, tüm hayvan ırklarını bir ata mirası gibi titizlikle saklamamızı ve zamanı gelince onlardaki genleri kullanmamızı gerektirmektedir. Çünkü bir geni yaratmak insan için şimdilik olanaksızdır. O halde milyonlarca yılın bir ürünü olan genleri bu varyetelerde saklamak bizim insanlık görevimizdir.

22. BÖLÜM

EVRİMDE ŞANSIN ÖNEMİ (GENETİK SÜRÜKLENME)

Savaş gibi, herhangi bir felaket sonucu, dünyadaki tüm insanların yok edildiğini varsayarsak, daha aşağı organizmalardan, örneğin ilkel primatlardan tekrar bize benzer bir insan meydana gelebilir mi? Bunun yanıtı, kesinlikle hayır olmalıdır. Çünkü bir türü oluşturan gen havuzunun tekrar meydana gelmesi sıfır denecek kadar az bir olasılıktır. Bu nedenle geçmişte soyu tükenmiş hiçbir tür yeniden meydana gelememiştir. Çünkü aynı gen havuzunun yeniden oluşması olanaksızdır. Bu gen havuzu oluşurken sayısız rastlantılar bir araya gelmiştir. İnsan gibi gelişmiş bir canlı ortaya çıkabilir. Fakat, o, bugün tanımladığımız bir insan olmayacaktır.

Evrimsel çizgi boyunca, özel koşullara uyum yapmak için farklı birçok yol, evrim çizgisinin her noktasında etkisini göstermiştir. Yolların seçiminde şans rol oynamıştır. Bu, devamlı çatallaşan bir yolda insanların yürümesi gibi bir şeydir. Her kavşak ayrı bir sonucun başlangıcıdır. İnsan oluncaya kadar da birçok kavşaktan geçilmiş ve her defasında belirli bir şans rol oynamıştır. Tekrar bu şansın yaşanması ve bilmeyen için her zaman aynı yolun izlenmesi olanaksız görülmektedir.

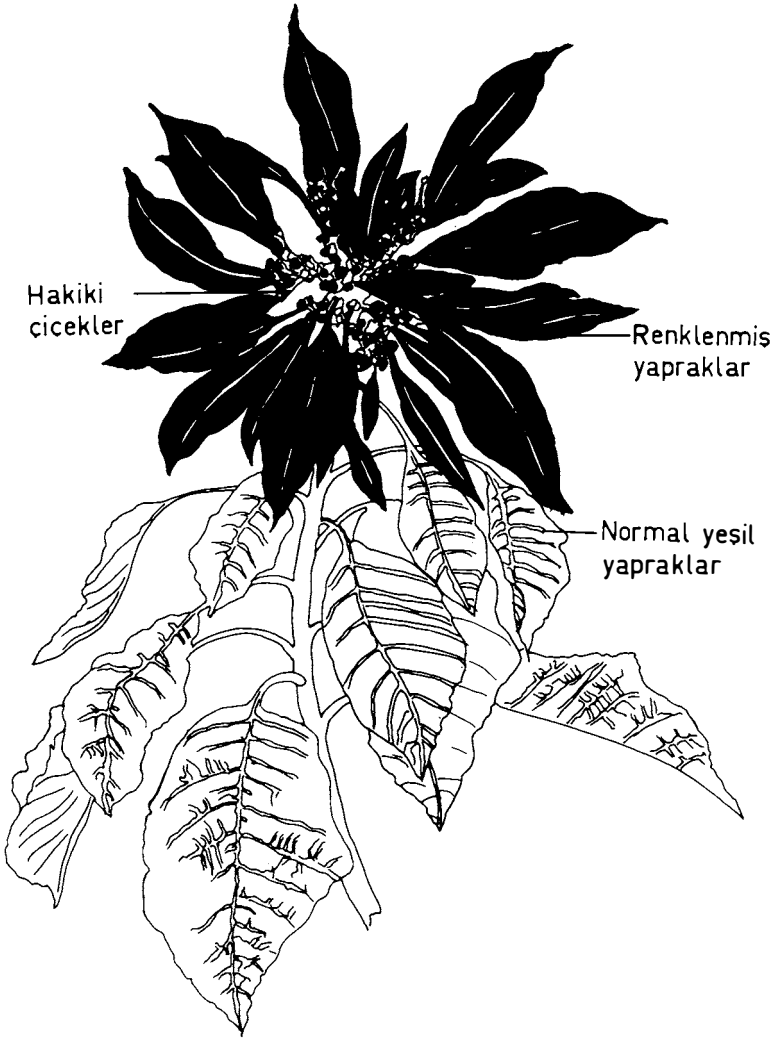
22.1. EVRİMSEL DEĞİŞİKLİKLERİN DÖNÜŞÜMSÜZLÜĞÜ

Yitirilen organlar üzerindeki birçok çalışma, evrimin tekrar aynı yolu izlemeyeceğini kesinlikle göstermiştir. Her defasında farklı bir yol izlenmektedir.

22.1.1. ÇİÇEKLERDE PETALLERİN YİTİRİLMESİ

Çiçekli bitkilerin *(Angiosperm)* evrimlerinin ilk evrelerinde, karşılıklı tozlaşmayı sağlayabilmek için böcekleri çeken parlak renkli petaller gelişmişti (Şekil 22.1). Zamanla bu bitkilerin bazıları, rüzgarla taşınabilen çok hafif ve kuru polenleri geliştirince, petaller artık kullanılmaz oldu ve bu yöndeki seçme de durdu. Meydana gelen mutasyonlar bu bitkilerde petallerin küçülmesini sağlıyorsa veya onların gözalıcı renklerini azaltıyorsa, bu, bitkilere yarar sağlar. Çünkü artık işlev görmeyen yapıların bitkilerde bulunması ilave bir yük getirmiş olur. Mutasyonların birikimi sonucu sadece rüzgarla tozlaşan ve petalleri olmayan bitkiler ortaya çıkar.

Rüzgarla tozlaşan bazı bitkiler tekrar böceklerle tozlaşmaya dönüş yapmıştır. Bu bitkiler, bu durumda, böcekleri çekecek yeni yapılar kazanmak zorundadır. Fakat



Şekil 22.1: Parlak renkli petallerini geçmişte yitiren bazı bitkiler (şekilde *Ephorbia purcherrima,* ülkemizde Atatürkçiçeği olarak bilinir), tekrar renkli görünüm kazanmak zorunda olduklarında, artık petallerini değil, yapraklarını renklendirmek suretiyle böcekleri çekmişlerdir.

petallerin yeniden geliştiği herhangi bir bitki görülmemiştir. Bunun yerine üreme organlarının etrafındaki yapraklar parlak renkler kazanmıştır. Bunun en tipik örneğini çoğumuzun tanıdığı *Euphorbia purcherima*'da görebiliriz. Köken olarak eksotik olan bu bitkiyi, Atatürk'ün çok sevdiği söylenmekte ve bu nedenle halk arasında Atatürkçiçeği olarak tanınmaktadır. Gelişiminin ilk evrelerinde, üreme organlarının etrafındaki yapraklar yeşildir. Eşeysel olgunluğa ulaştıkça çiçeğin etrafındaki yaprakların gittikçe parlak kırmızı renge döndüğünü görürüz. Bu, tekrar böcekle tozlaşmaya dönen bitkilerden birinin yaptığı uyumdur. Diğerleri daha başka yöntemler bulmuşlardır. Fakat petalleri tekrar renklenen herhangi bir bitki bulunamamıştır.

22.1.2. SU HAYVANLARINDA SOLUNUM

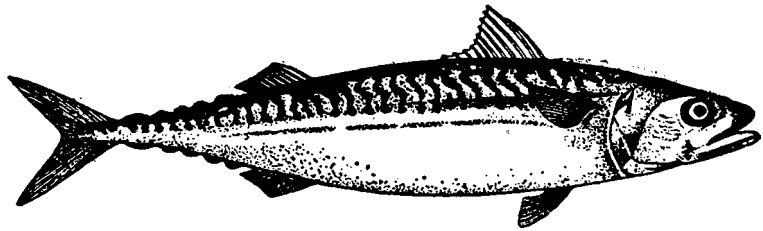
Balıkların solungaçları su içerisindeki erimiş oksijeni almak için etkin bir solunum organı oluşturmuştur. Solungaçların evrimsel gelişimi, kalıtsal değişikliklere bağlı olarak karmaşık bir yol izler. Bunun bir daha aynı şekilde uygun diziler halinde meydana gelme şansı yok denecek kadar azdır. Kara yaşamına uyum yaparak solungaçlarını yitirmiş bir hayvan tekrar su yaşamına dönerse, solungaçlarını yeniden kazanma şansı yoktur; bu nedenle suda solunumu sağlamak için eskisinden farklı yeni yöntemler geliştirilmiştir.

Amfibiler, su ve kara yaşamının her ikisine de gereksinmesi olan canlılardır. Gelişimlerinin ilk evrelerinde solungaçları vardır; daha sonraki evrelerde yitirirler. Sürüngenler tam anlamıyla kara yaşamına geçtikleri ve uzun süreden beri solungaçlarını kullanmadıkları için, bu yapıları tamamen yitirmişlerdir; fakat diğer omurgalılar gibi, embriyonik gelişimlerinin bazı evrelerinde bu solungaç yaylarını ve yarıklarını gösterirler. Kara yaşamına uymuş birçok hayvan, tekrar sulara dönmüştür. Fakat hiçbirinde tekrar solungaç gelişmemiştir. Yeni solunum yöntemleri gelişmiştir. Kaplumbağalar zamanlarının büyük bir kısmını su içerisinde geçirirler; fakat hâlâ akciğerleriyle solunum yaparlar. Bir defa nefes aldıktan sonra suyun altında bir saatten fazla kalabilirler. Su yılanları, timsahlar, balığa benzer eski fosil *Ichthyosaurus*'lar ikincil olarak (sonradan) su yaşamına uyduğu halde hepsi akciğerleriyle solunum yaparlar; solungaçlarını yeniden geliştirememişlerdir. Bunun yerine akciğerlerinde uzun zaman havayı tutabilecek ve oksijeni sonuna kadar kullanabilecek sistemleri geliştirmişlerdir.

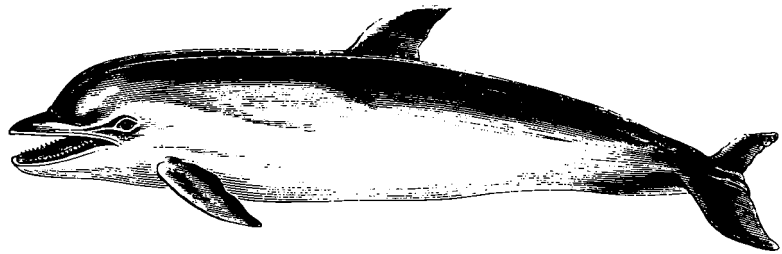
Birçok memeli de tekrar su yaşamına dönmüştür. Balinalar ve yunuslar en iyi bilinen örnekleridir. Bunlar sıcakkanlı hayvanlar olduklarından oksijene gereksinmeleri fazladır. Dolayısıyla sık sık su üzerine çıkıp nefes almak zorundadırlar. Halbuki değişken sıcaklılarda (soğukkanlı canlılarda) oksijene gereksinme daha az olduğundan su üzerine çıkma çok daha seyrektir. Sabit sıcaklılar (sıcakkanlılar) da uzun süre su üzerine çıkmayabilirler. O zaman kaslarındaki anaerobik yoldan kazanılan oksijeni kullanırlar. Depo ettikleri besini yıkmak suretiyle içerisindeki oksijeni açığa çıkarırlar ve bu oksijeni kullanırlar. Tüm memeliler bu yeteneğe belirli derecelerde sahiptirler. Biz de çok hareketli olduğumuz evrelerde, yeterince oksijen alamazsak, kaslarımızdaki anaerobik metabolizmadan yararlanırız. Su hayvanlarında bu uyum çok ileri boyutlara ulaşmıştır. Su yaşamına uyum, ikincil olarak uyumun değişik yollarından biri olarak kabul edilmektedir.

Su memelileri keza yüzmeye de uyum yapmışlardır; fakat hiçbiri balıklardakine benzer bir yüzgeci tekrar geliştirememiştir. Balinaların ve yunusların kuyrukları yatay düzlemde yassılaşmış ve yukarı-aşağı hareketlerle yüzme sağlanmıştır. Buna karşılık ilkin su hayvanı olan balıklarda kuyruk dikey olarak yassılaşmış ve sağa-sola sallamak suretiyle hareket sağlanmıştır (Şekil 22.2). Su memelilerinin ön bacakları bir kürek şekline dönüşmüştür; fakat balıkların göğüs yüzgeçlerine hiç benzemez.

Bazı kuşlar (dalgıç kuşları ve karabataklar gibi) su altında yüzmeye ve belirli bir süre orada kalmaya uyum yapmışlardır. Kanatlarının şekli su altında en etkin hareketi sağlayacak şekilde değişikliğe uğramıştır.



Uskumru balığı *(Scomber)*.



Yunus *(Delphinus delphis)*.

Şekil 22.2: Evrimde bir yapının tekrar ortaya çıkma olasılığı yok denecek kadar azdır. Örneğin balıkların kuyruk yüzgeci dikeydir. Fakat kara yaşamından tekrar su yaşamına dönmüş (şekilde yunus) hayvanlar yatay kuyruğu geliştirmişlerdir (Kosswig'den).

22.1.3. İNSANLARDA SITMAYA DAYANIKLILIK

Sıtma, özellikle tropik bölgelerde büyük bir tehlikedir. Burada sürekli yaşayan toplumlarda bir dayanıklılık oluşmuştur. Sıtma paraziti ancak belirli bir hemoglobin taşıyan hücrelerde üremesini sağlayabilir. Fakat bazı topluluklarda farklı mutasyonlar meydana geldiği için değişik yollar ortaya çıkmıştır (daha geniş bilgi için insan ırklarına bkz.!).

22.2. GENETİK SÜRÜKLENME

Genetik sürüklenme, populasyonlardaki genlerin dağılımının bir şans sonucu değişmesini açıklamak için kullanılır. Bunu 18. yüzyılda meydana gelen bir deniz isyanı ile açıklamaya çalışalım.

22.2.1. BOUNTY'DEKİ İSYAN

Güney Pasifik'te gemilerin nadiren uğradığı Pitcairn adasında yaşayan insanların durumu ilginçtir. Burada bulunan insanlar belirli ölçülerde Polynesian yerlilerine ve Avrupalılara benzer. İsimlerinin çoğu İngiliz ismidir. 1787 yılında Bounty adlı gemideki kaptanın gaddarlığı yüzünden isyan eden 16 tayfa, gemiyi ele geçirip FLETCHER

CHRİSTİAN önderliğinde, 16 Tahitili kadını da alarak bu adaya sığınmışlardır. Ayrıca bu yolculuğa birkaç Tahitili karıkoca da katılmıştır. İdamdan kurtulmak için, İngiliz gemilerinin uğramadığı ve insanın bulunmadığı bu adaya çıkmak zorunda kalmışlardır.

Bugün bu adada 155 kadar insan yaşamaktadır ve 55'inin ön ismi christiandır. İngiltere'de bu ismin sıklığı % 1'den azdır. Bura ile İngiltere'deki oran farkı, adaya çıkanlar içerisinde christian ismini taşıyanların oranının İngiltere'dekine uymamasındandır. Bir tek isim, bu yirmi ailelik grup içerisinde % 5'lik bir şansa sahiptir. Halbuki İngiltere'de % 1'dir. Bu adada % 36'lık sıklığın da lider CHRİSTİAN'ın çocuklarının diğerlerinden daha fazla olmasından dolayı olduğu sanılmaktadır.

Burada, bir ön ismin sürüklenmesini inceledik. Büyük bir toplumdan küçük bir parça koparsa, kopan bu küçük parça toplumun oransal yapısını göstermeyebilir ve yalıtılmış bir yerde geliştirildiğinde koptuğu toplumdan çok daha farklı yeni bir toplum yaratmış olur. Her ne kadar isim kalıtsal olarak döllere geçmezse de bir çeşit Y kromozomuna bağlı olarak kalıtıldığı söylenebilir. Çünkü birçok toplumda baba ve dedenin isminin çocuklara konma eğilimi vardır. Bu nedenle bazı kasabalarda ve köylerde belirli isimlerin sıklığı tüm toplumunkinden büyük farklılıklar gösterir. Çünkü bu küçük gruplar ayrıldıkları zaman toplumun ortalamasından farklılıklar göstermektedirler.

22.2.2. SİRKESİNEKLERİNDE KILLILIK

Laboratuvar koşullarında kontrol edilmiş genetik sürüklenmeyi iyi bir şekilde açıklayan SEWAL WRİGHT'dır. Normal sirkesineği, *Drosophila,* oldukça uzun kıllara sahiptir; fakat çekinik bir gen çatallı kıllanmaya neden olur. Kıllar uçta ikiye ayrılarak geriye doğru kıvrılırlar. Bunun normal uyumsal bir özellik olmadığı, sadece genetik sürüklenme olduğu varsayılmıştır. WRİGHT, bir kafes içerisine 50 çatallı, 50 çatalsız kıla sahip birey koyarak yeni bir populasyon oluşturdu. Bu karışıma sahip 96 kafeste ilginç bir deneme yaptı. Her kafesten seçmeksizin 4 erkek, 4 dişi alarak bunları başka bir kafeste beslemeye başladı; bu yeni populasyonlardan da yine seçmeksizin 4 erkek ve 4 dişi alarak onları da yeni bir kafeste yetiştirdi. 16 generasyon sonra 29'unun tamamen çatal kıllı, 29'unun her ikisini de taşıyan, 38'inin de düz kıllı populasyonlar haline geçtiğini gördü. Bu, populasyonlardan koparılan küçük parçaların ileride büyük sapmalara neden olacağını göstermesi bakımından önemlidir. Ayrıca çatal kıllıların düzlere göre daha az seçildiğinin de bir kanıtıdır. Burada evrimsel bir seçme sözkonusudur.

22.2.3. İNSAN TOPLUMLARINDA SÜRÜKLENME

İnsanlar göçücüdür (en azından geçmişte); sürekli daha iyi yer bulmaya çalışırlar. Bu nedenle birçok küçük grup anavatanından koparak uzaklara gitmiştir. Modern ulaşım araçları çıkmadan önce, bu ayrılan gruplar ile köken aldıkları toplumlar arasındaki ilişkiler kopmuştur. Birçok küçük grup zamanla büyük toplumları meydana

getirmiştir. Ana toplum ve yeni toplum arasında gen farklılıkları ortaya çıkmıştır. Kopan parça ayrıldığı ana toplumun esas yapısından ne kadar çok değişiklik gösteriyorsa, bu farklılaşma o kadar daha fazla olmaktadır. Örneğin bir toplumun göz rengi % 30 mavi ise; fakat birbirine yakın birkaç ailenin göç etmesi sonucu, ki bu ailelerin % 50'sinin mavi gözlü olduğunu varsayarsak, oluşturacakları yeni toplumda mavi göz % 50 olacaktır.

Bundan aşağı yukarı 400 yıl önce Fransa'nın az işlek (sapa) olan bir bölgesinde bulunan bir köyde çok küçük bir grup insan yaşıyordu. Bunlardan biri gece körüydü (akşam karanlığında başat bir gen tarafından —bu bölgede— görme zayıflığının meydana getirilmesi). 1907 yılında bu köyde yaşayan birkaç bin kişiden 135'i başat gece körüydü. Halbuki Fransa'da 300.000 kişiden ancak biri bu rahatsızlığa sahiptir. Herhalde başlangıçta, bu eksikliğe sahip kişinin üreme yeteneği fazlaydı ve birçok yavru meydana getirmişti. Bir de, bir olasılıkla, genç yaşta ölmenin sık görüldüğü o devirlerde, bu rahatsızlığa sahip bireylerin yaşama şansı herhangi bir nedenle yüksekti. Belki de çocuk meydana getirme eğilimleri ve güçleri diğerlerinden daha fazlaydı. Böylece gece körlüğü geninin frekansı bu toplulukta çok yükselmişti. Bu tarihten sonra bu toplulukta bir dağılma meydana geldiği için, gözlemler sürdürülememiştir.

Amerika'da Pensilvania'nın bir bölgesinde yalıtılmış sekiz bin kadar amiş mezhebine mensup insan vardır. Bunlar aşağı yukarı 1744 yılından beri kendi içine kapalı bir toplum oluşturmuşlardır. İçlerinde çekinik bir genin meydana getirdiği cücelik çok yaygındır. Diğer cücelerde görülen kısa kol ve bacaklara ilaveten bunlarda el ve ayak parmaklarında fazlalıklar da görülür. Dünyada bu özellikleri taşıyan 100 vakadan 55'i bu topluluktan verilmiştir. Bugün yaşayan amişlerin % 13'nün bu geni taşıyıcı olarak içerdikleri tahmin edilmektedir. Bu yüksek frekansın izi 1744 yıllarında burada yerleşmiş bir çifte (karı kocaya) kadar izlenebilir. O tarihlerde oraya yerleşmiş bir çift (hem ana hem baba) bu gen bakımından heterozigotmuş; meydana getirdikleri birkaç yavru bu nedenle sakat doğmuş. İşte bu çiftten meydana gelen döller toplumda gen frekansının çoğalmasına neden olmuş.

Yine BENTLEY GLASS tarafından, Pensilvania'da bir başka mezhep olan Dunker'lerden verilen genetik sürüklenme ilginçtir (Tablo: 22/1). Bu toplum 1719 yılında Almanya'nın Krefeld civarındaki Rheinland'dan göç eden Baptist Bretheren denen bir grubun soyu olarak oluşmuştur. İlk grup 28 kişiden meydana gelmişti. Katı mezhep kuralları nedeniyle dış evlenme yapmamışlardı ve dolayısıyla uzun yıllar geçmesine karşın, çevreleriyle herhangi bir gen alışverişi meydana gelmemişti. Kan grupları üzerinde yapılan çalışmalar genetik sürüklenmenin nasıl olduğunu göstermektedir. A antijeninin yüksek, B antijeninin düşük frekansta olması nedeniyle diğer topluluklardan farklılıklar göstermiştir.

Tablo: 22/1

Üç farklı toplumun kan tipi Frekansları

	Kan tiplerinin Frekansı			
	O	A	B	AB
Dunker	35.5	59.3	3.1	2.2
Almanya'daki Rhein.	40.7	44.6	10.1	4.7
Pensilvania'daki top.	45.2	39.5	11.2	4.2

22.2.4. AMERİKA'DAKİ YERLİ TOPLUMLARI

Birçok insan toplumu ABO kan gruplarının hepsini belirli ölçülerde taşır. Fakat, bu, ırkların özelliklerine göre değişiklikler gösterir. Kuzey Amerika yerlileri 0 grubu genlerini yüksek oranda taşırlar; A ve B düşüktür. Kanada'da yaşayan siyah ayak kabilesinin üyeleri buna karşılık % 80 oranında A geni taşırlar. Bu yüksek oranı biz ancak genetik sürüklenme ile açıklayabiliyoruz. Çünkü A geninin seçilmesi için bildiğimiz herhangi bir doğal seçme yoktur. Belki ana gruptan ayrılan küçük bir kabile tesadüfen A geni bakımından yüksek frekanslıydı ve bu nedenle bunların oluşturduğu toplumda A geninin frekansı yüksek olmuştu.

Anadolu'ya da çeşitli zamanlarda değişik yönlerden göçler olmuştur ve bunların bir kısmı belirli yörelerde kısmen yalıtılmış olarak yaşamlarını sürdürmüşlerdir. İleride yapılacak bu tip araştırmalar ile kan gruplarının farklılıklarına dayanarak bu küçük toplulukların aralarındaki farklar ve kökenleri ortaya konabilecektir.

22.2.5. GENETİK SÜRÜKLENMEDE AFETLERİN ÖNEMİ

Herhangi bir zamanda meydana gelecek bir afet toplumun büyük bir kısmını ortadan kaldırabilir ve sonunda arta kalan pek az bir kısım tekrar gelişerek yeni bir toplum oluşturabilir. Fakat arta kalan bu küçük parça, eğer önceki toplumun tam özelliğini taşımayan bir yapıya sahipse, yeni meydana gelecek toplumun yapısı öncekinden çok farklı olacaktır. Hawai Üniversitesinden N.E. MORTON bu şekildeki bir olayı göstermiştir. Güney Pasifik'teki Mikronesian adalarından birinde, yerlilerin % 6'sının ağır bir göz rahatsızlığı olan "A c h r o m a t o p h o b i a" ya sahip olduklarını gözlemiştir. Bu, çekinik bir genle kalıtılan ve retinadaki renkli konilerin bozulmasını sağlayan kalıtsal bir rahatsızlıktı. Homozigot bireyler tamamen renk körüdür ve parlak bir ışık gözde büyük bir acı meydana getirir. Güneşi bol olan bir ülkede bu oldukça ters bir durumdu. 1900 yıllarında burada meydana gelen büyük bir kasırga 12 kişi hariç ada halkının hepsini öldürmüştü. Kurtulan bireylerin gözleri ışığa dayanıklı olmadığı için sahillere ve açık denizlere gidememişlerdi. Dolayısıyla kasırga patladığı zaman bunlar adanın içlerindeki kuytu yerlerde yaşıyorlardı ve bu nedenle kurtulmuşlardı. Bunların % 6'sı tam renk körüydü. HARDY-WEINBERG eşitliğine göre de gen frekansının % 25 olması gereklidir. Bu ise zararlı bir gen için çok yüksek bir gen frekansıdır.

22.2.6. SÜRÜKLENMEDE SIĞINMA ETKİNLİĞİ

Mevsimsel değişiklikler birçok canlı grubu üzerinde bir çeşit afet etkisi yapar. Örneğin yazın bol miktarda bulunan birçok böceğin pek azı kışı geçirebilir. Bunlar sıcak bir yer, ahır ve bozulmakta olan organik maddelerin altı vs. gibi yerleri bulabilirlerse kışın soğuğunu atlatabilirler. Bir önceki sene sık rastlanan bazı genleri taşıyan bireyler kışı geçirecek uygun ortam bulamayınca, taşıdıkları genlerle beraber ortadan kalkarlar. Buna karşılık düşük gen frekansalarını içeren bazı birey veya bireyler topluluğu uygun ortam bulduklarında ikinci senenin baharına ulaşabilirler ve yeni generasyonun ataları olarak işlev görürler. Bu nedenle ikinci senenin gen frekanslarında büyük sapmalar ve değişiklikler meydana gelir. Örneğin kara sineklerde % 2 oranında çıkık gözlülük vardır. Bazı seneler bu tip sineklerin oranı % 20'ye çıkar. Çünkü kışı geçirenlerin içerisindeki çıkık gözlerin oranı yüksek olmuştur. Bazı seneler de tamamen ortadan kalkarlar. Özellikle bu tip değişiklikleri kışı ergin halde geçiren böceklerde gözlemek olasıdır.

Bazı yazarlara göre, genetik sürüklenmenin evrimde çok büyük bir önemi yoktur. Çünkü doğal seçme her zaman etkin bir şekilde işlev görmektedir. Bir populasyona diğer bir populasyondan gen sokulmasının değişim açısından çok daha önemli olduğu varsayılır. Pleiotropik etkisi olan genleri de genetik sürüklenme açısından yorumlayabiliriz. Birçok gen, seçme değeri bakımından görünürde önemli değildir; buna karşın dikkati hiç çekmeyen bazı özelliklerinden dolayı pozitif seçme baskısına sahip olabilirler (orak hücreli anemi gibi). Ana populasyondan kopan bir parça, değişik ortamda değişik seçme baskısına uğrayarak uyum önemi olmayan özellikleri gösteren genotipi de kazanabilir. Kan grupları buna tipik örnektir.

Bir kısım araştırıcı da tüm bunların gen değişikliğine neden olduğunu; fakat genetik sürüklenmenin ancak belirli koşullarda gen bileşimini bozabileceğini savunmaktadır.

Bu bölümde şansla bir populasyonda meydana gelen değişiklikleri incelemeye çalıştık. Her türün ve hatta her bireyin kendine özgü bir gen bileşimi taşıdığı ve bu yitirildiğinde tekrar meydana getirilme şansının yok denecek kadar az olduğu vurgulandı. Genetik sürüklenme ile uyum yeteneği az olan veya zararlı olan bazı genlerin populasyonda frekansının nasıl yükseltildiği açıklanmaya çalışıldı. Hatta bazı yararlı genlerin bu şekilde nasıl azaldığı veya yitirildiği sınırlı ölçüler içinde belirtildi. Sonuç olarak da genetik sürüklenmenin ortaya homozigotluğu çıkararak varyabilitede azalma meydana getirdiğinden dolayı genellikle zararlı sonuçlar doğurabileceği belirtilmiştir.

VII. KISIM

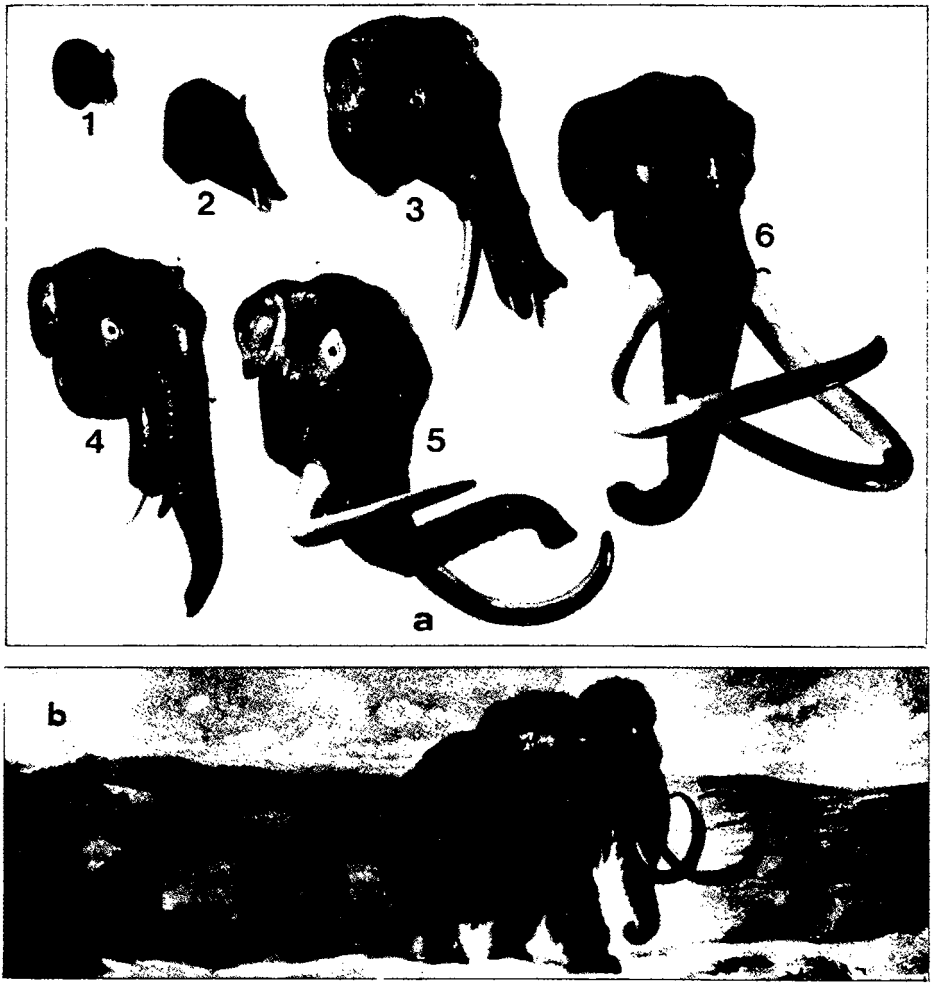
İNSANIN EVRİMİ

23. BÖLÜM : FİLİN, ATIN ve İNSANIN EVRİMİ

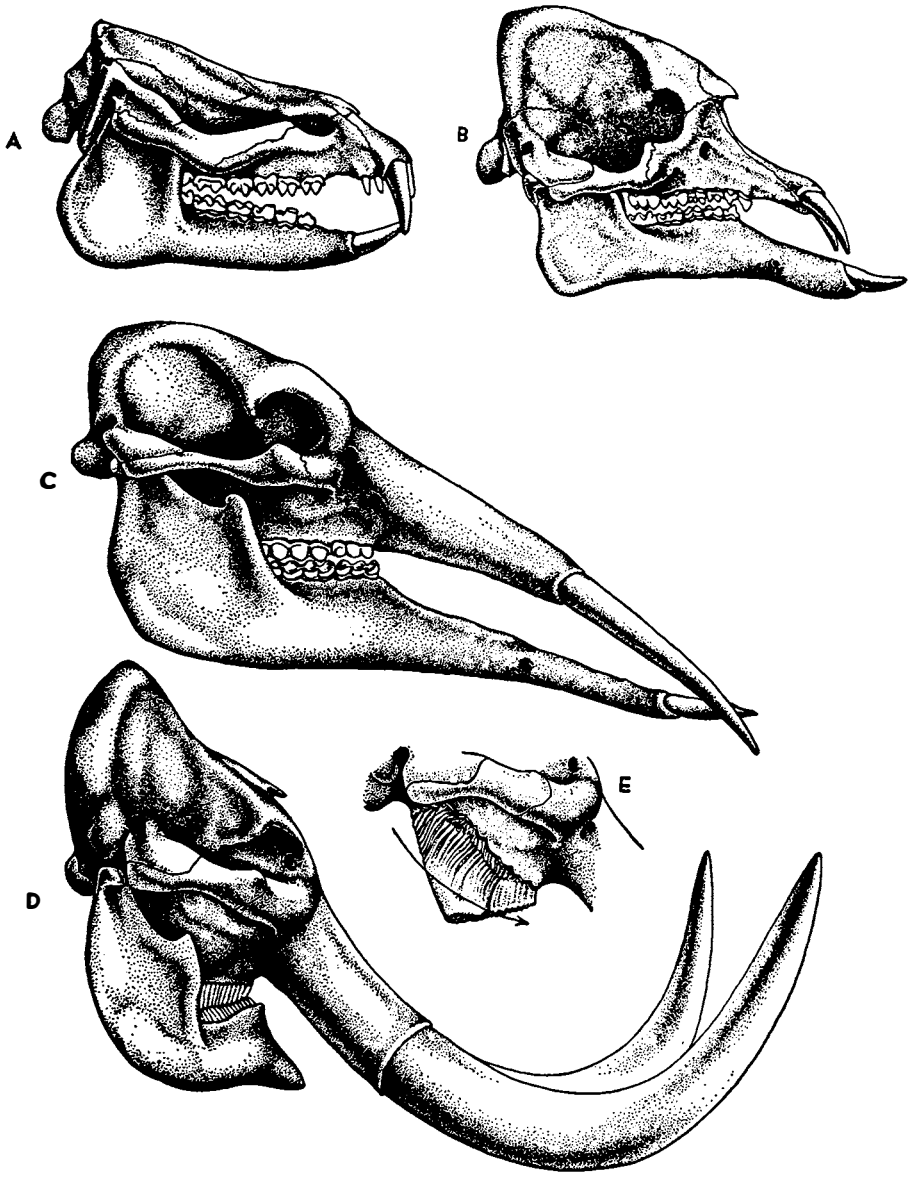
23. BÖLÜM

23.1. FİLLERİN EVRİMİ (Şekil 23.1)

Filler, hortumlarının bulunması ve dişlerinin büyümesiyle kendine özgü yapısal özellikler gösterir. İlk olarak Eosen'in sonuna doğru Afrika'da ortaya çıkmış ve



Şekil 23.1: Fillerin evrimi. a) File benzer hayvan fosillerinin monte edilmiş durumu. 1. *Moeritherium,* 2. *Paleomastodon,* 3. *Trilophodon,* 4. *Dinotherium,* 5. *Mastodon,* 6. *Elephas,* b) Mamutlar, Sibirya'da buzların içerisinde donmuş olarak günümüze kadar saklanmışlardır (V.-W.-Barnes'den).



Şekil 23.2: *Proboscidian*'ların kafatasları. A) *Moeritherium;* bu grubun bilinen en eski üyesidir. Mısır'da üst Eosen ve alt Oligosen sedimanlarında bulunmuştur. Kafatası oldukça normal (alışılmış) yapıda; üst ve alt dişleri basit, kesici dişleri biraz uzamıştır, B) *Phiomia;* bir Oligosen mastodonu. Alt ve üst dişler küçük; çene biraz uzamış, C) *Trilophodon;* uzamış çeneli, dört dişli bir Miyosen mastodonu, D) Tüylü mamut; alt çene kısalmış ve alt diş kaybolmuş, E) Bir filin üst çenesinin bir kısmının yandan görünüşü. Dişlerin atalarına göre kayma doğrultusu okla gösterilmektedir (Romer'den).

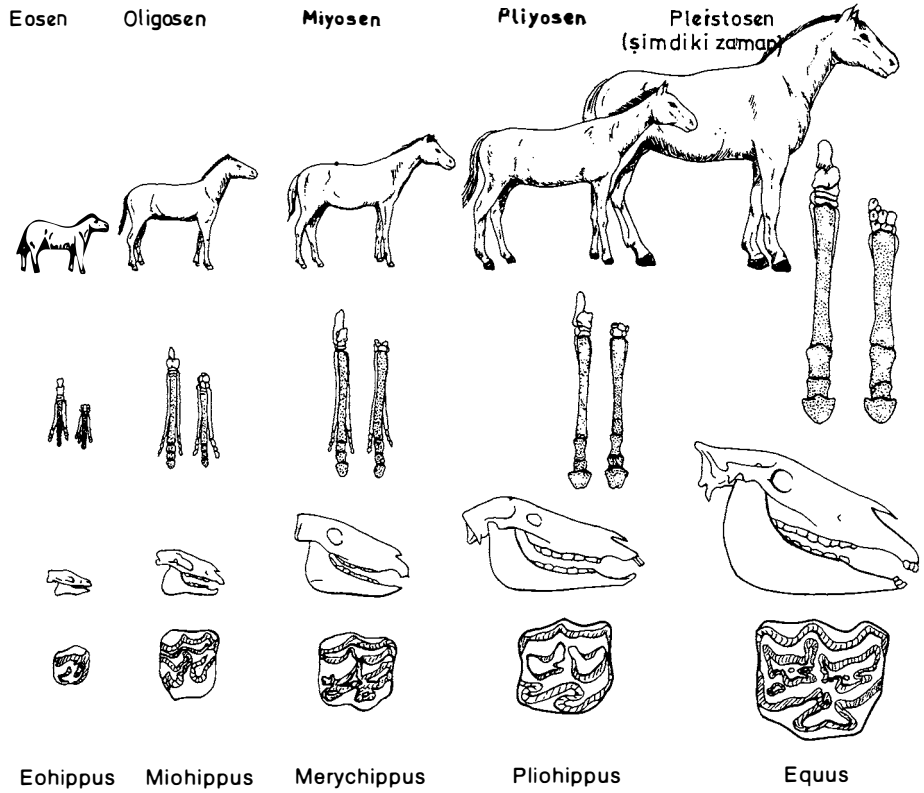
zamanla diğer kıtalara yayılmıştır. Domuz büyüklüğünde, M o e r i t h e r i u m denen bir hayvandan türemiş olması büyük bir olasılıktır. Bu hayvanın üst ve alt çenelerinde ikinci kesicidişler biraz genişlemiştir (Şekil 23.2). Oligosen'de bu genişlemiş dişlerden fil dişleri meydana gelmiştir (P a l a e o m a s t o d o n'da). Bu tip-

ten, Miyosen ve Pleistosen'de alt dişleri kaybolmuş türler; daha sonra Pliyosen sırasında bugünkü büyüklüğüne ulaşmış tüylü mamut gibi türler ortaya çıkmıştır (Şekil 23.1). Bugün birçok fil türünden yalnız ikisi bilinmektedir: L o x o d o n t a (Afrika fili) ve E l e p h a s (Asya veya Hindistan fili).

23.2. ATIN EVRİMİ (Şekil 23.3)

Fosiller, bize atın evriminin çok karışık bir yol izlediğini ve kökeninin milyonlarca yıl öncesine, Eosen'e kadar uzandığını göstermektedir. Özellikle Kuzey Amerika'da bol miktarda bulunan fosiller, atların buradan türediğini, daha sonra Asya'ya geçtiğini, Amerika'da kalanların Pleistosen'de salgın bir hastalık nedeniyle ortadan kalktığını kanıtlamaktadır. Bugün Amerika'da yaşayan atlar daha sonra Avrupa'dan getirilen atlardan üretilmiştir.

Fosillerin incelenmesinden anlaşıldığı kadarıyla, atın evriminde belirli bir yol izlenmiş; fakat bu yolda birçok dallanmalar ortaya çıkmıştır. Bu yan dalların birçoğu doğal seçme ile ortadan kaldırılmıştır. Atın evriminde birinci derecede, üyelerin ve dişlerin, aynı zamanda vücut büyüklüğünün değiştiğini görüyoruz.



Şekil 23.3: Atın evrimi. Birinci sırada vücudunun, ikinci sırada ayaklarının, üçüncü sırada kafatasının, dördüncü sırada dişlerinin büyüklüğü ve şekli verilmiştir.

Atın filogenisinde ilk hayvanın köpek büyüklüğünde Eohiphus (= Hyracotherium) olduğunu biliyoruz. Bu hayvanın ön ayağında iş görür durumda 4, arka ayağında 3 parmak vardır. Ön ayakta bir, arka ayakta iki körelmiş parmak bulunur. Bu, bu hayvanın beş parmaklı bir atadan köken aldığını göstermektedir. Körelen parmaklar 1. ve 5. parmaklardır. 44 dişi vardır. Dişlerin taç kısmı kısa, kök kısmı uzundur. Bugünkü attan farklı olarak orman içerisinde ve çevresinde yaşamaktaydı. Bu nedenle dişleri, genç dalları öğütecek şekli kazanmıştı. Devrin diğer memeli hayvanlarından, ormanın tenha yerlerine kaçarak kurtulmuştu. Orta Eosen'de Orohippus'un molar dişleri biraz daha gelişmiştir. Üst Eosen'de Epihippus yaşamıştır. Vücut büyüklüğünde gittikçe artma görülür.

Evrimsel hat üzerinde ikinci bir gelişim Oligosen'de Mesohippus'un ortaya çıkmasıdır. Vücut, büyük bir koyun kadar olmuştur. Her iki ayakta üçer parmak bulunmakla beraber, orta parmaklar diğerlerine göre daha fazla büyüyerek vücudun yükünü çekmeye başlamıştır. Üst Oligosen'de ayakları biraz daha değişmiş Miohippus görülür. Miyosen'in başında Moryhippus, orta Miyosen'de Parahippus ve Hypohippus görülür. Bu hayvanlarda orta parmak vücudun tüm ağırlığını çekmekle beraber, diğer iki parmak da dıştan görülebilir. Molar dişler daha düzleşmiştir. Dolayısıyla artık ormanlık yerlerde değil, açık arazi ve çayırlıklarda yaşamaktadır. Kafatası ileriye doğru uzamış, göz çukurları geriye doğru çekilmiştir. Üst Miyosen'de hayvanın büyüklüğü 90-120 cm.'e ulaşır. Bu devirde *Miohippus*'dan ayrılan bir dal daha sonra ortadan kalkan *Anchitherium*'a evrimleşmiştir.

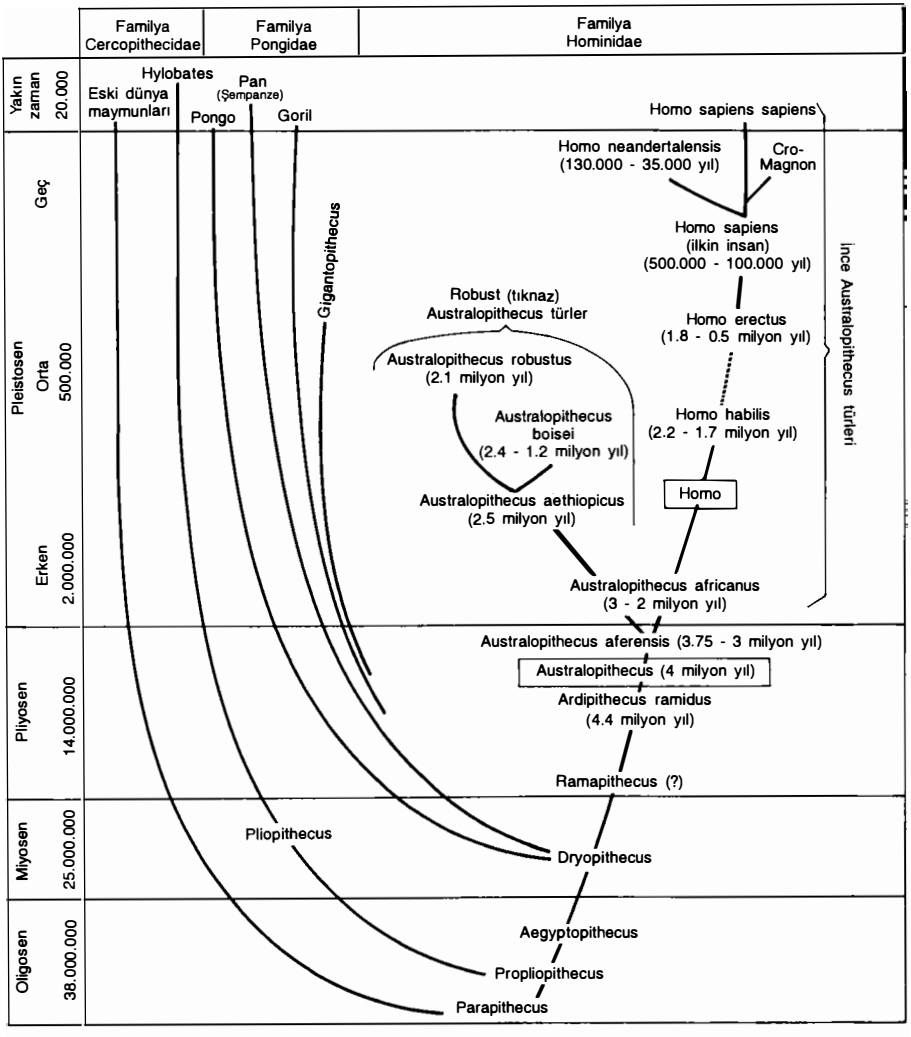
Pliyosen'de Pliohippus ortaya çıkmıştır. Bu hayvan, at özelliklerinin birçoğunu kazanmıştır. Her ayakta tek bir parmak vardır; diğerlerini kalıntı halindeki kemiklerden anlıyoruz. Bu ayak tipi değişmeden günümüze kadar gelmiştir. Dişler ise çiğnemeye daha iyi uyum yapacak hale gelmiştir. Bu hayvan da iki ayrı evrimsel çizgi göstermiştir. Birincisi, daha sonra ortadan kalkan 'Hipparion', diğeri ise Pleistosen'de bugünkü atların cinsini meydana getiren Equus'dur.

Evcilleştirilmiş ata, yani Equus caballus'a köken olan tür kesin olarak bilinmemektedir. Zamanımızda yaşayan tek yabani at Moğolistan'daki Equus prezewalskii'dir. Bu hayvanın yüksekliği 120 cm. olup, boz renkli, büyük başlı, küçük gözlü ve kısa kulaklıdır. Evcilleştirilmiş atla yavru meydana getirebilir. Evcil atın atası olma olasılığı zayıftır.

Gerçek yabani atlar Amerika'daki atlardır. Amerika'nın bulunuşundan kısa bir süre önce, bilinmeyen bir nedenle (belki bir hastalıktan dolayı) ortadan kalkmıştır. Amerika'da bugün yaşayan yabani atların atası, İspanyollar tarafından getirilen Avrupa kökenli atlardır. İnsanlar mağara devrinde atları besin için avlamışlardır. Daha sonra Mısır'lılar araba çekmede kullanmışlardır. Arap atlarının iskeleti diğerlerinden biraz farklı olduğu için (kafatasında fazladan bir şaft bulunur, kuyruk daha az omurlu, ön üyede küçük bir kemik var) farklı bir kökenden geldiğine inanılmaktadır. Altmış milyonluk bir süre içerisinde gelişen atın, daha sonra yapay çaprazlamalar ve ıslahı sonucu daha iri, daha uzun üyeli ve daha güçlü ırkları elde edilmiştir. Bu arada uyum yapamayan birçok yan dal ise tamamen ortadan kalkmıştır.

23.3. İNSANIN EVRİMİ (Şekil 23.4)

Her çeşit canlının ayrı ayrı yaratıldığına inananların çoğu, tüm canlıların insan için 'özellikle' yaratıldığına inanırlar. **'Anthroposentrik Görüş'** olarak bilinen bu varsayım hâlâ birçok halk kitlesi tarafından benimsenmektedir. Bu inançta olan insanların çoğu, değişik bir canlı gördüklerinde, neye yarar, ne için kullanılır, insanlara yararı nedir gibi, biraz bencil, biraz anlamsız; fakat herşeyden önce bilimden yoksun sorular yöneltirler. İnsanlara yararı olmayan canlıların bu dünyada sanki yaşama hakkı olmadığına inanırlar. Bu nedenle ormanlar ortadan kaldırılır, yabani bitkilerin yaşadığı topraklar tümüyle temizlenerek tarım bitkilerinin emrine verilir, insana besin olmayan hayvan ve bitkiler korkunç bir bencillikle yok edilir ve onların yaşam alanları, büyüyen nüfusumuz için daraltılır. Halbuki yaşam, ancak belirli biyolojik ilişkilerin



Şekil 23.4: İnsanın evrimi. *Catarrhini* alt takımına ait primatların filogenisi.

var olduğu bir ortamda sağlıklı sürdürülebilir. Bu da bu ilişkileri devamlı tutacak birçok yan ve ara organizmaların ortamda olmasıyla mümkündür. Sadece yararlılık felsefesine dayanan bu davranışlar, günümüzdeki ekolojik sorunları ortaya çıkarmıştır. Bugün bir canlının ortadan kalkmasının yaşam denen ağda ne denli büyük delikler açtığını artık biliyoruz.

Birçok kişi insanları hayvanlar aleminin içinde değerlendirmenin küçültücü ve aşağılatıcı olduğuna inanır ve insanları tüm diğer hayvanlardan ayrı olarak değerlendirmeyi yeğ tutar. Fakat bugünkü bilgilerimizin ışığı altında insanların diğer hayvanlardan belirli derecelerde farklılaştığını; ama onlardan tamamen ayrı bir özellik göstermediklerini de biliyoruz. Hatta büyükbeynin gelişmesini bir tarafa bırakırsak, onlardan çok daha yetersiz olduğumuz durumların ve yapıların sayısı az değildir. Özellikle doğal korunmada çok zayıfız. Uzun, keskin pençelerimiz; uzun, keskin dişlerimiz; kuvvetli kaslarımız yoktur. Çok küçük bir panter dahi bizi parçalayacak güçtedir. Bir köpek bizden çok daha iyi koku alır; hatta uykuda bizim alamayacağımız sesleri algılayarak uyanabilir. Bazıları, toprak üzerinde bırakılan kokudan iz takip ederler. Bazı kuşlar, düşünemeyeceğimiz kadar keskin görme gücüne sahiptirler. Havada uçan şahin veya atmaca, yarısı yaprak altında kalmış fare ölülerini bile derhal görebilir.

Yalnız bir özelliğimizle diğer canlılardan üstünüz. Diğer tüm canlıları bastıracak bir üstünlük veren, karmaşık ve vücudumuzun büyüklüğüne göre çok gelişmiş beynimiz, en belirgin özelliğimiz olarak ortaya çıkmaktadır. Hiçbir tür çevresini kendi çıkarları için kontrol altına almamış ve diğer canlılar üzerinde mutlak bir baskınlık kurmamıştır. Fakat başarılarımızdan gururlanmadan önce bunun, kişisel bir yetenekten ziyade, binlerce yıl süren bir bilgi ve iletişim birikiminin meyvesi olduğunu bilmemiz gerekecektir. Bu, şimdiye kadar yaşamış milyarlarca insanın elde ettiği deneyimin görkemli bir meyvesi olarak kullanımımıza sunulmuştur. Bu iletişim ve bilgi aktarımı olmasaydı, belki biz, yine biraz daha gelişmiş bir maymun olarak ağaçlar ve çalılar içinde yaşıyor olacaktık. Süper zekamız bu sonucu büyük ölçüde değiştiremeyecekti. Çok yakın zamanlarda yapılan araştırmalar, bizim zekamızın, inanıldığı gibi maymunlardan çok fazla olmadığını kanıtlamıştır. Gelişmişlik olarak görünen, toplumdaki bilgi ve deneyim birikimidir.

Bu bölümde insanın nasıl gelişerek, dünyada başat bir duruma geçtiğini çok ayrıntıya girmeden inceleyeceğiz. İlk olarak insanın evrimini gösteren kanıtları inceleyelim.

23.3.1. İNSAN EVRİMİ İÇİN KANITLAR

Hayvan türlerinden biri olarak, biz insanlar, diğer türler gibi evrimin yasalarına uyarız. Bu savı destekleyecek birçok kanıta da sahibiz. Öncelikle, diğer omurgalı hayvanlarda bulunan birçok benzer ve homolog (kökendeş) yapıya ve organa sahibiz. Diğer hayvanlarda işlev gören birçok yapıyı biz körelmiş olarak taşırız. Embriyomuz gelişirken, solungaç keselerini, basit kalbi; ilkel boşaltım tiplerini, diğer omurgalı

hayvanlardakine benzeyen kuyruğu ve buna benzer birçok yapıyı göstermesi kökendeşliğimizin tipik kanıtlarıdır. Kanımızın serumundaki proteinler ve kırmızı kan hücrelerindeki antijenler anthropoid (insansı) maymunlarınkine dikkati çekecek kadar benzerdir. Gerçekte, bu bakımdan, kuyruksuz maymunlara kuyruklu maymunlardan daha çok benzeriz. Birçok genimiz, diğer omurgalı hayvanlardakinin aynısıdır.

Tablo: 23.1

Primatlar arasındaki albumin benzerliği

İnsan serumuna cevap verecek şekilde üretilmiş antikorlarla karıştırılmış albuminlerin içerisinden geçirilen ışığa göre çökelme derecesi saptanır. Donuk olanlar ışığı daha az geçirirler. 00.000 ışığı en az geçiren durumu ifade eder.

Alınan albumin	Anti-insan antikoru ile karşılaştırılan albumin içerisinden geçirilen ışık
İnsan	00.000 Maksimum çökelme, minimum ışık geçirimi.
Şempanze	00.10
Orangutan	00.14
Gibbon	00.22
Monkey	1.23
Tarsius (ilkel primat)	10.30
İnek (evcil)	31.00

İnsan evriminin en önemli özelliği, beynin büyümesi, özellikle serebrumun (büyükbeynin) izlenimleri saklama ve öğrenme işlevini yüklenerek, beynin diğer kısımlarına göre oransal olarak çok daha fazla gelişmesidir. Buna bağlı olarak, üstün zekanın ortaya çıkaracağı hünerleri yerine getirebilmek için, ilkin olarak harekette kullanılan ön üyeler, el olarak kullanılmaya başlamıştır.

Atalarımızın belirli bir sıraya göre izlenmesi diğer hayvanlarda olduğu gibi kolay olmamaktadır. Örneğin atın fosillerini milyonlarca yıl geriye takip edebiliriz. Çünkü yeterince fosil bulunmuştur. Halbuki insan fosilleri çok seyrek bulunur. Bunun nedeni, insanın atalarının çok yakın zamanda oluşması ve fosilleşmek için zamanın oransal olarak kısa olması; diğer hayvanlara göre yaygın ve fazla bireyli populasyonlar oluşturmaması ve en önemlisi oransal olarak diğerlerine göre çok daha zeki olmaları nedeniyle tehlikeyi önceden sezinleyerek, bataklık, katran kuyuları ve fosilleşmenin uygun olacağı tuzaklardan uzak durmaları ve kaçmaları olarak düşünülebilir. Önsezimizle bu tuzaklardan uzaklaşmış ve tehlike sırasında da el hünerlerimizle çoğunluk kurtulmayı sağlamışızdır. Halbuki diğer hayvanlar bu olanaklardan yoksundular ve bu nedenle bol miktarda fosil bırakabilmişlerdir. Keza birçok hile ve araçla yırtıcı hayvanlardan kurtulmayı başarmış ve bu yolla kemiklerin fosilleşmesi de önlenmiştir. Bunun yanısıra, toplumsal yaşama geçiş de bu tehlikeleri büyük ölçüde azaltmıştır. Bol miktarda fosilin bulunamaması insanın soy dizisinin açıklanmasında bazı karanlık noktalar bırakmıştır. Bütün bunlara karşın, elimizde birikmiş kanıtlar, insanın maymun benzeri bir atadan, bugünkü insana, *Homo sapiens*'e geliştiğini

göstermeye yeterlidir. Şimdi biz sırasıyla bu kanıtlara dayanarak soy ağacımızı belirli bir noktadan itibaren incelemeye çalışalım. Daha önceki bölümlerimizde sabit sıcaklıklı (sıcakkanlı) bazı omurgalı ve memelilerin meydana gelişini incelemiştik. Bu noktadan başlayarak insana kadar gelişimi inceleyelim.

23.3.2. BÖCEKÇİLLERDEN (= INSECTIVOR) İLKEL PRİMATLARA GELİŞİM

Lemur, monkey ve maymunların da dahil olduğu *Primat*'lar takımına bağlıyız. Bu takımın kökeninin nereden geldiğini incelemeye çalışalım.

23.3.2.1. *Böcekçiller (= Insectivora)*

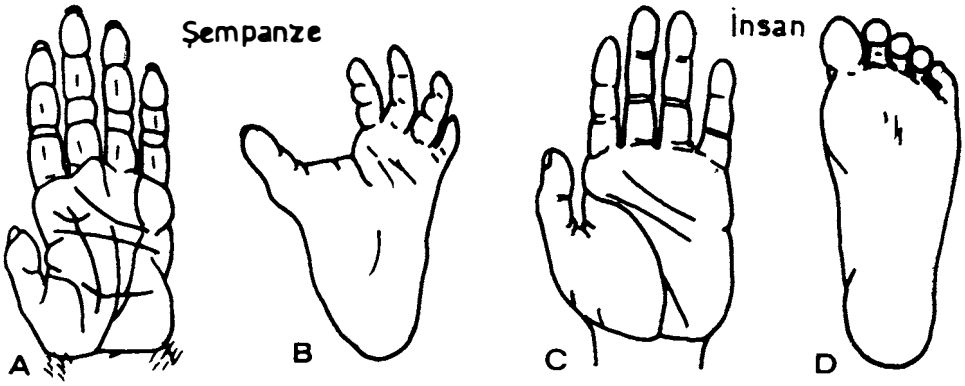
Eğer memelilerin diğer takımlarını da gözönüne alarak, *Primat*'lara en yakın takımı seçmeye çalışırsak, ilk görünüşte, böcekçil olanları listenin en sonuna koyacaktık. Çoğunluk, bunlar, köstebek ve ona benzer şekilde küçük böcek yiyicisidirler. Bazıları memelilerin en küçüklerini oluşturur, 6-8 cm. kadar; fakat obur olan yırtıcı hayvanlardır. Bu küçük hayvanlar, yitirdikleri ısıyı karşılayabilmek için, günde kendi ağırlıkları kadar besin sağlamak zorunda kalırlar. Çünkü hayvan küçüldükçe, vücuduna göre yüzeyi daha büyür ve bu nedenle ısı kaybı birim başına daha çoktur. Bu yapıdaki hayvanlar ilkel primatlar için ata olarak daha uygundurlar. Çünkü çok özelleşmemiş, genel yapıları içeren bir hayvan grubudur. Bu nedenle primatlara gelişmesi diğer hayvan gruplarına göre daha kolay olacağı varsayılır.

Fosil böcekçiller bugünkülere büyük bir benzerlik gösterir. Senozoyik'in Pleistosen katmanından beri, yani aşağı yukarı 65 milyon yıldan beri vardırlar. İlk zamanlar sıçan büyüklüğünde, yani bugünkülerden biraz daha büyüktüler. Bu ilk hayvanlar, bir çeşit köstebek gibiydiler. Zamanla birkaç çeşide dallandılar. Bir kolu, toprak içerisinde böcek arayan ve kazıcı olan köstebeklere gelişti. Buna uygun olarak ön bacakları kazmaya uyum yapacak şekilde değişikliğe uğradı ve göz kapakları sürekli kapalı kalacak şekilde birbirine kaynaştı. Diğer bir dalı, parmak kemikleri uzayarak ve aralarına deriden bir zar gerilerek uçmaya uyum yapmış yarasaları; diğer bir dalı, suların içerisinde veya civarında böcek avlayarak geçinen hayvanları Şekil 14.3); bizim için ilginç olan diğer bir dalı da ağaçlarda yaşayan böcekçilleri meydana getirdi. Bu dalın üyeleri, hafifçe genişlemiş bir serebrum ve binoküler (derinliğine görebilme) görmeyi sağlamak için öne kaymaya başlayan gözlere sahipti. Derinliğine görme, ağaçlarda sıçrayarak yaşayan bu canlılar için yaşamsal öneme sahipti. Çünkü sıçranacak aralıkların iyi saptanması gerekti. Bunu en iyi başaran, hayatta kalmak için en büyük avantaja sahip olmuştu. Bu ağaç böcekçillerinden bir tür zamanımıza kadar geldi. Bu hayvanın büyüklüğü aşağı yukarı bir fare kadardır ve güney Asya'da bulunan küçük bir bölgede sınırlı olarak kalmıştır. Tırmanmak için kedi gibi pençelerini kullanır; dallara tutunmak için parmakları sarma yeteneği kazanmamıştır.

23.3.2.2. *Primatların Özelliği*

Bilindiği gibi, zoolojik olarak, insan, memelilerin *Primat*'lar takımına girer. Dolayısıyla diğer memeli takımlarıyla belirli kademelerde ortak atalara sahiptir. Bugünkü primatlar, dallanmanın uç kısımlarını oluşturduğu için ortak özelliklerini vermek oldukça zordur. Özellikle hepsini kapsayan tek bir ortak özellik vermek olanaksızdır. Memelilerin diğer takımlarında bu ortak özellikler çok daha belirgindir. Diğer birçok memeli takımıyla ortak özellikleri, üyelerinde bulunan beş parmak ve tırnaktır. Dişler ilkel öğütücü özelliğini korumuştur; kural olarak tropiklerde ve ormanlarda yaşarlar; parmaklar çok daha oynak ve hareketlidir. Koku alma duyuları azalmıştır, buna karşılık görme duyuları gelişmiştir. Çünkü ormanda koku almadan ziyade görme duyusu kullanılır. Kavrama hareketinin gelişmesinden dolayı, ilkel memeli özelliği olan yuvarlak tırnak, yassı tırnak haline geçmeye başlar. Bu değişim el hünerlerinin gelişmesine neden olur. Elin bir çeşit çene ve diş yerine kullanılması da çenelerin ve dişlerin zayıflamasına neden olur.

Primatlardaki kavrama özelliği belirli derecelerde gelişmiştir. Maymunlarda el ve ayak başparmağı bu kavrama hareketine katılmasına karşın, insanda yalnız elin başparmağı bu kıvrılmaya katılır (Şekil 23.5).



Şekil 23.5: İnsan ve şempanzede el ve ayakların karşılaştırılması. A) Şempanze eli (arşınlama hareketi yapmaya uyum yapmış), B) Şempanze ayağı (kavramaya uyum yapmış), C) İnsan eli (kavramaya uyum yapmış), D) İnsan ayağı (bipedal yürümeye uyum yapmış).

Yüz öne doğru uzama yerine, düzey olarak geriye çekilmiş ve düşey bir yapı kazanmıştır. Molar dişlerin basit formu korunmuş; beyin büyüyerek karmaşık bir yapı kazanmıştır. Stepe çıkan insanın atası ayağa kalkma gereksinmesini duyunca, kaçmak için ayak ve ayak başparmağı ikincil olarak kavrama yeteneğini yitirerek koşucu özellik kazanırken, ön üyeler el olarak değişikliğe uğramıştır. Arka ayağın kavrayıcı özelliğini yitirmesiyle diğer tüm primatlardan farklılaşmıştır.

Primatların sınıflandırılması çok değişik şekillerde yapılmıştır. Biz, genetik yapıyı en iyi şekilde yansıttığına inandığımız G.G. SIMPSON'un sınıflandırmasını kullanacağız. Bu sınıflandırmaya göre primatlar iki alt takıma ayrılır; *Prosimii* ve *Anthro-*

poidea. Prosimii ilkel ağaç böcekçillerini, Lemurları ve Tarsiusları kapsar; *Anthropoidea* ise kuyruklu ve kuyruksuz maymunlar ile, insanları içerir.

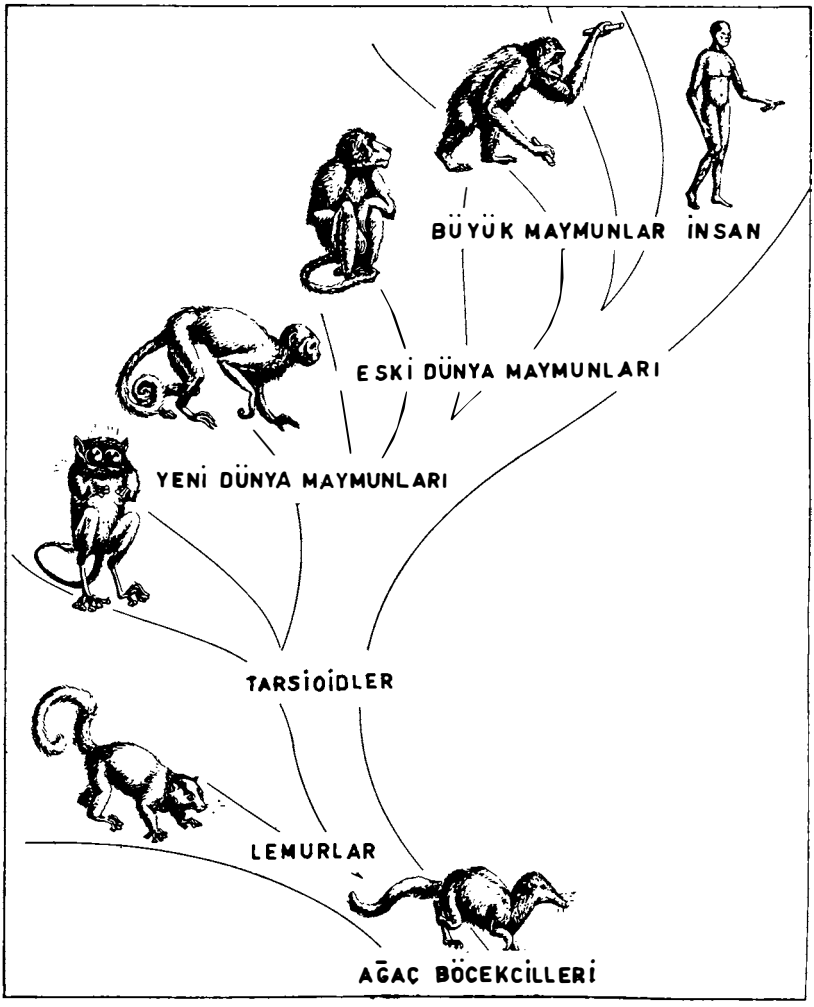
Anthropoid üyeler gözlerinin yapısıyla isminden de anlaşılacağı gibi insana benzer. Bunun yanısıra beyin hacminin artması, yuvarlaklaşmış beyin yuvasının büyümesi, basılmış yüzü, gözlerinin öne doğru yönelmesi, kulaklarının çıktığı yer ve duruşu, yüzde mimikleri oluşturacak kasların gelişmesi, dudakların (özellikle üst dudakların) hareketlilik kazanması, ön üyelerini gerçek bir el gibi kullanma yetkinliğini kazanmaları, el ve ayak parmaklarındaki tırnakların yassılaşmasıyla özellik kazanmıştır. Kaba hatlarıyla insan özelliği gösteren bu maymunlar, mikroskobik özellikleriyle, üreme işlevleriyle, fizyolojileriyle ve beyin işlevleriyle de benzerlik gösterirler.

Anthropoid'ler üç üst familyaya ayrılır. *Hominoidea* (insan ve *Anthropoid* maymunları içerir), *Cercopithecoidea* (Eskidünya maymunları), *Ceboidea* (Yenidünya maymunları). *Hominoidea*'da iki familyaya ayrılır. *Hominidae* (bugünkü ve ortadan kalkmış insanları içine alır), *Pongidae* zamanımızdaki ve geçmişteki *Anthropoid* maymunları (insansı maymunlar) kapsar.

23.3.2.3. *Primatlarda Evrim ve Özelleşme*

Primat gruplarını kısaca gördüğümüze göre, onları en ilkelden insana kadar özelliklerine göre sıralayabiliriz. Fakat bu sıralama düz bir çizgi şeklinde değildir. Primatların her grubu en ilkelden insana kadar gelen hattan belirli ölçülerde sapmalar göstermektedir. Yani bir grubun diğerinden türemesi yerine, bir grup ile diğer bir grup ortak ataya sahiptir (Şekil 23.4). Ağaç böcekçilleri anatomik yapı bakımından en ilkel olanlarıdır. Fakat daha sonra bazı özel yapılar kazanmasıyla ana tipten farklılaşmışlardır (Şekil 23.6). Lemurların atası bir zamanlar bugünkü modern ağaç böcekçillerinin anatomik yapısına benzer bir evre geçirmiştir; fakat hiçbir zaman bugünkü modern ağaç böcekçillerinden köken almamıştır. Keza farklı özelleşmeleri nedeniyle Tarsius'lar da bugünkü Lemurlar'dan köken almamıştır. Yalnız ortak ataya sahiptirler. Gözlerin yapısı, arka ayaklardaki dikkati çekecek farklılaşma ve özelleşme o denli ilerlemiştir ki; bugünkü Tarsius'lar yüksek primatların atasını oluşturamazlar; yalnız ortak atadan dallanmışlardır.

Yenidünya maymunlarının diş sistemleri (dentition), üreme işlevleri ve diğer ayrıntılar bakımından Eskidünya maymunlarından daha ilkeldir. Fakat bunlar da el gibi kullanabildikleri kuyruklarının gelişmesiyle özellik kazanmışlardır. Eskidünya maymunları, beyin yapısı, üye vs. bakımından insansı maymunlardan daha ilkeldir. Fakat bunlar da molar dişlerinde meydana gelen gelişimler ve değişiklikler nedeniyle kendine özgü bir evrim göstermiştir. Yenidünya maymunlarında üç premolar; Eskidünya maymunlarında iki premolar diş vardır. Sonuç olarak, yaşayan insansı maymunlar beyinlerinin küçüklüğü, daha ilkel kafatası özellikleri nedeniyle evrim sıralamasında daha aşağı düzeyde bulunur; fakat arboreal (ağaçlarda yaşama) yaşama uyum olarak üyelerinde özelleşmeler ortaya çıkmıştır. İnsan, evrimsel gelişimi sırasında bugünkü insansı maymun özelliklerini kısmen gösteren evrelerden geçmiştir;



Şekil 23.6: Primatların basitleştirilmiş evrimsel dallanması (Romer'den).

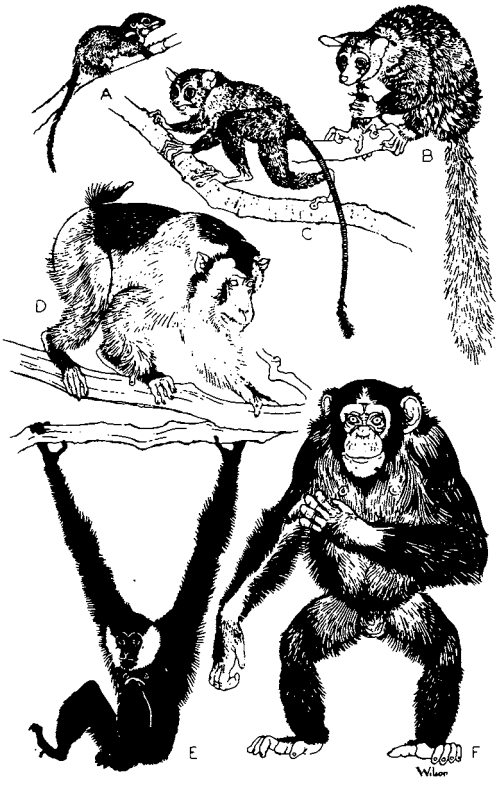
bu gelişim sırasında yan dallanmalar ve evrimsel açılmalar değişik kademelerdeki insansı maymunları meydana getirmiştir; fakat yan dalların hepsi kendine özgü yapılar kazandığı için ana kökten değişik derecelerde farklılaşmalar ortaya çıkmıştır. Örneğin kolların aşırı uzaması, baş parmağın körelmesi, köpek dişlerinin aşırı büyümesi vs. Bu, insansı maymunlarla insanların ortak atalarını ortaya koyar; fakat insanın doğrudan doğruya bu gruplardan köken almadığını kanıtlar.

23.3.2.4. *İlkel Primatlar*

Ağaç böcekçilleri primatlar içerisinde değerlendirilir. Fakat onun bir alt takımı olan *Prosimii* içerisine konmuştur ve bu alt takım en ilkel yaşayan primatları kapsar.

23.3.2.4.1. *Ağaç Böcekçilleri* (Şekil 23.7/A)

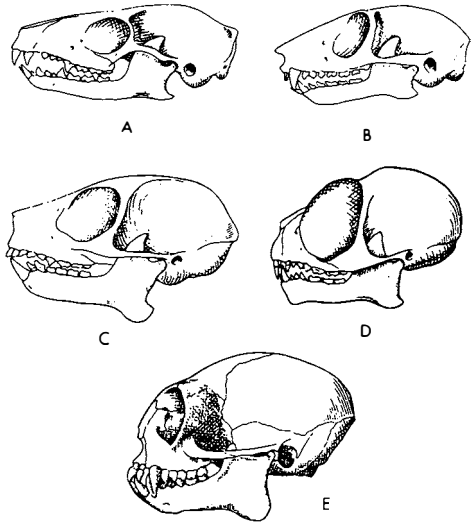
Primatların en ilkel grubunu oluşturur. Dış görünüş itibariyle diğer primatlardan o kadar farklı, o kadar ilkel özelliklidir ki yakın zamanlara kadar böcekçiller takımı *(Insectivora)* içerisinde incelenmekteydi. Bugün dahi primatlardan gösterdiği büyük farklılıklardan dolayı bu sınıflandırma birçok bilim adamı tarafından kuşkuyla karşılanmaktadır. Fakat her özelliğiyle ilkel olduğu görülmektedir. Ana hatlarıyla memelilerin genel yapılarından ziyade primatların evrimsel gelişimindeki başlangıç formlarına benzerlik göstermektedir.



Şekil 23.7
Günümüzde yaşayan bazı *Primat* gruplarına örnekler. A) Ağaç böcekçili *(Tupaia),* B) Lemur *(Galago),* C) Tarsius *(Tarsius),* D) Makako maymunu *(Macaca),* E) Gibbon *(Hylobates), F) Şempanze (Pan),* (Clarke'dan).

Yaşayan ağaç böcekçilleri, güney Asya, Hindistan, Burma, Malaya, Sumatra, Java ve Borneo'da birçok türle temsil edilmektedir. Küçük türleri yüksek ağaçların dallarında yaşar; çok hareketlidirler. Vücutları büyüdükçe daha alçak ağaçları ve toprağa yakın yerleri tercih ederler. Yapay bir şekilde de olsa sincaplara çok benzerler. Bu nedenle Malaya dilinde sincap anlamına gelen *(Tupai)*-oidea bilimsel isim olarak verilmiştir (Şekil 23.7). Sincaplardan, daha sivri ağız kısmının, daha küçük kulaklarının ve daha hareketli parmaklarının olmasıyla ayrılır. Özellikle baş parmaklar kavrama hareketini yapacak şekilde hareketlilik kazanmıştır. Yüksek primatlarda da görülen bir çeşit dört ellilik ilk defa bu grupta ortaya çıkmaktadır. Bütün parmaklar sivri tırnaklarla donatılmıştır. Bu nedenle yassı tırnak primatların genel özelliği olarak verilmemektedir. Sincapların ön dişleri diğer kemiriciler gibi gelişmiş olmasına karşın,

bunlarda oldukça basittir. Alt kesiciler Lemur'larda tarak dişi gibidir ve postun taranmasında kullanılır (Şekil 28.8). İlke olarak böcek yiyicisidirler; ağustosböcekleri, sinekler, çekirgeler, hamamböcekleri vs. başlıca besinleridir. Bununla beraber meyve ve tohum yedikleri de gözlenmektedir. Hemen hepsi gündüzcü hayvanlardır; büyük bir hız ve yetenekle hareket ederler; görme en gelişmiş duyu organlarıdır. Tehlikeyi görmeyle algılarlar.



Şekil 23.8: İlkel *Primat*'ların kafatası; doğal yapılarından biraz daha küçültülmüş olarak verilmiştir. A) Ağaç böcekçili *(Ptilocercus),* B) Fare lemuru *(Microcebus),* C) Eosen tarsioid'i *(Necrolemur),* D) Modern tarsius *(Tarsius),* E) Marmoset *(Callithrix).* Beyin hacminin gittikçe büyüdüğü ve ağız çıkıntısının ağaç böcekçilinden maymuna doğru, geriye çekildiği açıkça görülmektedir (Clarke'dan).

Daha önce de değindiğimiz gibi primatlarda görme yeteneği sadece gözün yapısal olarak gelişmesiyle değil, bağlı bulunduğu görme lobunun gelişmesiyle de sağlanmıştır. Ağaç böcekçillerinde başlamış olan bu gelişme ve gözün öne kayması Lemur'larda daha da kuvvetlenmiştir. Bu özelliğiyle böcekçillerden ayrılmıştır. Beyinlerinde büyük bir gelişme görülmemekle beraber, böcekçillere göre üstbeyinde (serebral korteks), özellikle görme ile ilgili kısımda belirgin bir gelişme göze çarpar. Primatların genel evrimsel eğilimine uygun olarak koku merkezlerinde de gerileme görülür.

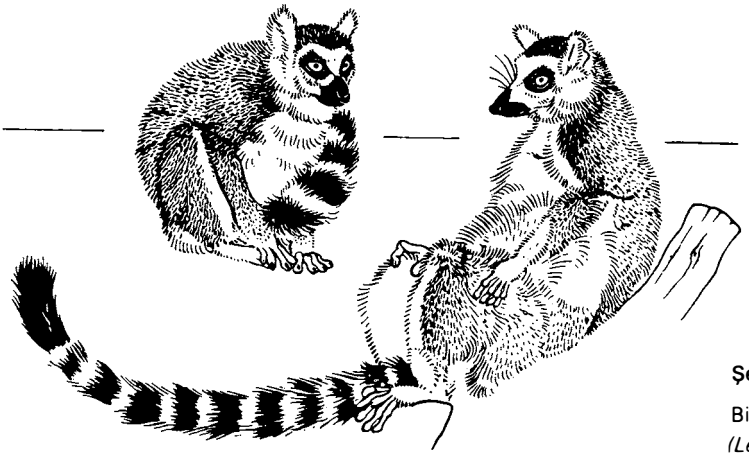
Ayrıca kafatasının, dilin, burnun, kulaktaki küçük kemiklerin, kasların dikkatle incelenmesinde böcekçil hayvanlar ile Lemur'lar arasında geçit özellikleri gösterdiği görülmektedir. Fosil formlar da değerlendirildiğinde bu ağaç böcekçillerinin primat takımının en ilkel üyeleri olduğuna ilişkin kuşku ortadan kalkar denebilir.

23.3.2.4.2. *Lemur* (Şekil 23.9)

Özellikleri bakımından primat olmayan ilkel memeliler ile maymunlar arasında geçit oluştururlar. Bu nedenle, özellikle Alman bilim adamları tarafından, Tarsius'lar-

la birlikte yarı maymunlar denen bir grup içerisine konmuştur. Yüksek primatlarla olan akrabalığı, geçmişte gösterdiği evrimsel eğilimlerden, anatomik ve beyin yapılarından, üyelerin kavrama işlevini yapacak şekilde uyum yapmasından, ön ve arka üyedeki başparmağın hareketliliğinden (bir ayaktan ziyade bir el görünümü kazanmasına neden olmuştur) ve parmaklardaki yassılaşmış tırnakların bulunmasından anlaşılır. Diğer taraftan maymunlara benzeyen; fakat primat olmayan memelilere yakınlık gösteren birçok özelliği de taşır. Örneğin ağız bölgesinin çenenin çok daha ötesine uzanması; burun civarındaki (nostril) çıplak ve nemli bir deri bölgesinin, üst dudaktaki orta yarığın, büyük ve hareketli kulakların ve göresel olarak hareketsiz yüz kaslarının bulunuşuyla primatlardan ziyade diğer memelilere benzer.

Lemur'lar tamamen ağaçlık yerlerde yaşarlar; meyve, kuş, yumurta ve böcek yerler. Çoğunluk gececidirler; alacakaranlıkta görmeyi sağlayabilmek için gözler çok büyümüştür. Senezoyik'te tüm dünyaya yayılmış olmalarına karşın; bugün belirli bölgelerde sınırlı kalmışlardır. Dış görünüş itibariyle çok büyük farklılıklar göstermemelerine karşın, kafatası gibi temel yapı farklılıklarına göre iki gruba ayrılırlar. Bunlar *Lemuriformes* ve *Lorisiformes*'dir. Birinci gruba gerçek Lemur'lar da denir; günümüzde yalnız Madagaskar ve bazı küçük komşu adalarında bulunmaktadır. Büyüklükleri çok değişiktir. En iyi bilinen türleri hayvanat bahçelerinde genellikle bulunan kahverengi Lemur ve bilezik kuyruklu Lemur'dur (Şekil 23.9). Kedi büyüklüğündedirler, söz dinlerler, iyi tırmanıcıdırlar ve uzun tüylü kuyruklarını bir çeşit denge organı olarak kullanırlar. Madagaskar'ın en küçük Lemur'u fare Lemur'udur; çok sevimli bir görünüşü vardır. En ilginç görünüşlü olanı ise Aye-Aye *(Daubentonia)*'dır. Taş kalemi şeklinde ön dişlerinin olmasıyla özellik kazanmıştır. Bu dişler kemirmede kullanılır ve dişlerin görünüşü itibariyle kemiricilerinkine oldukça benzer. Parmaklarında sivri ve kıvrık tırnaklar hâlâ mevcuttur; fakat yalnız başparmaklarının tırnakları yassılaşmış tırnak şekline dönüşmüştür. Birçok bilim adamı Aye-Aye'lerin bu özelliğiyle diğer Lemur'lardan ayrılarak ayrı bir alt takım şeklinde primatlara bağlanmasını önermektedir.



Şekil 23.9:
Bilezik kuyruklu lemur *(Lemur catta)* (Clarke'dan).

Lorisiformes, ana kıta Afrika'da (galagos, pottos ve awantibos) ve Asya'da (lorises) bulunan diğer tüm Lemur'ları kapsar. Sonuncuları çok yavaş hareket eden, ancak çok dayanıklı dallara güvence ile tırmanan hayvanlardır. Oldukça büyük gözleri, gerçek Lemur'ların çoğundan daha kısa bir ağız uzantıları vardır. Galagos'lar oldukça küçük hayvanlardır, arka ayaklarının sıçramaya uyum yapmak için değişmesiyle Tarsius'lara büyük benzerlik gösterirler.

Lemur'lar ağaçlık bölgelerde yaşamaya uyum olarak bir defada doğurdukları yavru sayısını bir, bazen ikiye indirmişlerdir. Çünkü ana bir daldan diğer bir dala sıçrarken postuna tutunmuş yavruyu da beraberinde götürmek zorundadır. Bu koşullar altında doğal seçme bir defada bir yavru doğuranlar yönündedir. Çünkü birkaç yavrulu ananın ağaçtan yere düşmesi daha kolay olacaktır. Bu şekilde primatlarda bir yavru doğurma durumu ortaya çıkmıştır (ikiz ve daha çoklu ikizleri gözönüne almazsak). Lemur'larda ve Aye-Aye'lerde süt bezi sayısı ikiye indirgenmiştir. Bu, daha sonraki primatların özelliği olarak karşımıza çıkar. İki süt bezi (meme) vücudun üst kısmına doğru kaymıştır. Çünkü bu hayvanlar artık zamanlarının büyük bir kısmını oturarak geçirdiklerinden memelerin üstte olması, yavrunun emzirilmesi için daha uygun olmaktadır.

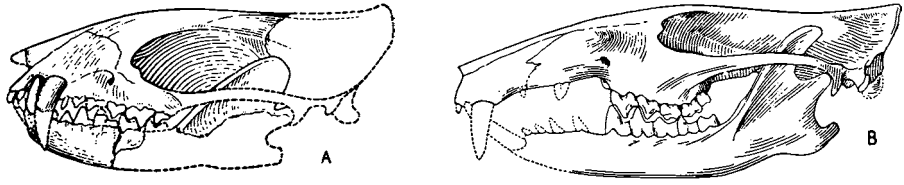
23.3.2.4.3. *Tarsius* (Şekil 23.7)

Prosimii'nin bir kolu, bir zamanlar çok yaygın ve bol olan; fakat bugün Borneo ve Celebes adaları ile Endonezya ve Filipin'lerin haricinde yaşamayan tek bir cinsi T a r s i u s'ları oluşturmuştur. İlkel primatların en gelişmiş grubunu oluşturur. Anatomik yönden kuyruklu ve kuyruksuz maymunlarla Lemur'lar arasında geçit oluşturur. Yapısal olarak o kadar gelişmiştir ki, birçok bilim adamı tarafından maymunların ilkel bir grubu olarak kabul edilir. Gerçekte maymunlardan sapma gösteren birçok özelliğe sahiptir. Geçmişte, dünyada çok yaygın ve değişik tiplerle temsil edilmelerine karşın, bugün yalnız bir cinsle, *Tarsius*'la Bornea, Filipinler ve Celebes adalarında temsil edilmektedir. İlkel özelliklerinin yanısıra, gelişmiş özellikleri taşımasıyla çok garip bir görünüm kazanmışlardır. Bu cins yaklaşık yeni doğmuş (iki haftalık) bir kedi yavrusu büyüklüğündedir. Ağaçlar arasında, kavrayan el ve ayaklarının yardımı, binoküler görme yeteneği ve güçlü arka bacaklarıyla büyük bir ustalıkla sıçrar. Bu, özünde insanlığın yaptığı büyük sıçramaların ilkiydi. Gececil ve ormanlarda yaşayan hayvanlardır; ilke olarak böcekçildirler. Kulakları büyük; kuyrukları uzun ve çıplaktır tutunucu değildir), yalnız uç kısımları tüylüdür. Burun ve dudak civarları Lemur'lardan ziyade maymunlara benzer. Diğer özellikleri bakımından, örneğin beyin yapısı, özellikle görme lobunun büyüklüğü, üreme organlarının ayrıntıları ve burnun iç yapısı bakımından maymunlara benzer. Diğer tırmanıcı omurgalılar ağaçlara tutunma işini tırnaklarını ağaç kabuklarına sokmak suretiyle yapıyorlardı. İlk defa bu hayvanlarda bir el ve ayak kavraması ortaya çıkmıştı ve bu kavrama tutunmada büyük üstünlük sağlamıştı. Çünkü bir dal ve gövde tümüyle çevrelenebiliyordu. Bu ise büyük vücutlu hayvanların ağaçlar üzerinde tutunarak kalmalarını olası kılmıştı. Çünkü tırnakla tutunma ancak belirli bir limit ağırlığa kadar mümkün olabilmektedir. En önemlisi

kavramak için kullandığı bu parmakları başka amaçlar için de kullanmaya başlamıştı. Bu özellik zamanımızın insanında en yüksek derecesine varmıştır. Tırmanmak için kullanılmayan pençeler, tırnaklara dönüşmüştür; böylece ince hünerler için bir çeşit alet vazifesini görmeye başlamıştır. Hatta tırnaklarımızın ucunun kopması, bu nedenle, ince iş yapmamızda büyük aksamalara neden olur.

23.3.2.5. *İlk Primatların Fosili*

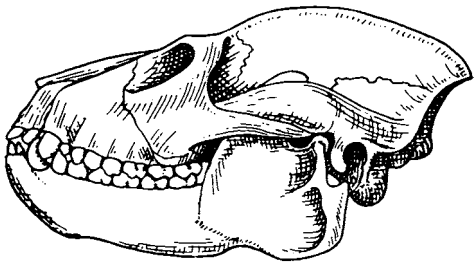
Daha önce de değindiğimiz gibi ilk memeliler Mezozoyik'de (aşağı yukarı 150 milyon yıl önce) görülmeye başlamıştır. Kretase'nin sonuna doğru bugünkü memeli gruplarından bazıları ortaya çıkmaya başlamıştır. Moğolistan'daki Kretase sedimanları içerisinde ilk defa modern böcekçillerin kafatasına benzeyen *Zalambdalestes,* modern karnivorlara benzeyen *Deltatheridium* adlı fosiller bulunmuştur (Şekil 23.10). Tersiyer'in başlangıcında (yaklaşık 70 milyon yıl önce) ilkel memeliler tip ve sayı bakımından büyük bir gelişim göstermişlerdir. Bu devirdeki fosillerden bazıları kafatası ve diş yapısı bakımından ilkel primatların özelliğini kazanmaya başlamıştır.



Şekil 23.10 : İki Kretase memelisinin kafatası (kısmen onarılmış). A) *Deltatheridium,* B) *Zalambdalestes.* (Simpson'dan).

Bu devirdeki primatların hemen hepsi sıçan ve fareden biraz daha büyük orman hayvanlarıydı. Bu hayvanların çoğunun dölü tükendi ve modern primatların evriminde rol oynayamadılar. İçlerinden, bugünkü modern ağaç böcekçillerine benzeyen, belki de en ilkel bir grup, *Plesiadapidae* familyasının üyeleri evrimleşmeye devam etti. Başlangıçta bu denli ilkel bir grubun primat olarak kabul edilmesi kuşkuyla karşılanmakla beraber zamanla bulunan fosil ve diğer kanıtlar, varsayımın doğru olduğunu göstermektedir. Molar dişlerindeki tüberküllerin ve üye kemiklerinin yapısı, bugünkü ağaç böcekçillerininkine yapısal benzerlik göstermektedir. İlkel yapı ve görünümleri ile primatlara çok az benzemekle beraber, daha sonraki aşamalarda beyinlerinin gelişmesi, ağız bölgesinin geriye çekilmesi, kavramaya etkinlik kazandırmak için üyelerindeki değişiklikler ve sivri pençe yerine yassı tırnakların oluşmaya başlamasıyla ağaçlık yerlerde yaşayan Lemur tiplerini vermeye başlamıştır. Her ne kadar bu evredeki fosil formlar yeterince elde edilememişse de bu geçiş konusunda kuşkuları giderecek kadar sağlanabilmiştir ve Eosen'in sonuna doğru birkaç tip Lemur tüm dünyaya yayılmıştır.

Gerçek Lemur fosilleri Amerika ve Avrupa'daki Eosen tortullarında bulunmuştur. Avrupa'dakilerin kafatası, çene, diş ve üye kemikleri yeterli sayıda bulunmuş ve *Adapis* denen bir cinse konmuştur (Şekil 23.11). Bu fosillerden anlaşıldığı kadarıyla



Şekil 23.11 :
Bir Eosen lemuru olan *Adapis parisiensis*'in kafatası (Clarke'dan).

modern Lemur'lar kadar büyük ve aynı kafatası yapısını gösteriyorlardı. Fakat daha ilkel diş özelliğine sahipti (daha sonra alt kesicilerin ve köpekdişlerinin özelleşmesiyle oluşan dental tarak görünmüyordu) ve beyinleri daha küçüktü. Daha sonra serebral hemisferin temporal loblarının genişlemesiyle yüksek primatlarda beyin gelişmesi gerçekleşmiştir. Amerika Lemur'larında daha çok kafatası ve diş ele geçmiştir; tam iskelet nadiren bulunmuştur. Bu kalıntılara göre Avrupa'dakilerine çok benzemektedir. Fakat molar (azı) dişlerindeki tüberküllerin kendine göre değişik şekillerde gelişmesiyle farklılık göstermektedir. Bu nedenle Amerika formları *Notharctus* cinsine konmuştur.

Primatların ortaya çıkmasından kısa bir süre sonra diş, kafatası ve üyelerinin özelleşmiş yapısıyla Lemur'ların ana daldan ayrıldığına ilişkin inandırıcı kanıtlar vardır. Eosen'de Lemur'lar yeterince farklılaşmamakla beraber, Lemuroid'ler (Lemur'lara benzeyen formlar) Oligosen sırasında ve Miyosen'in ilk evrelerinde hızla farklılaşmaya uğramıştır. Eosen'de farklılaşmaya başlayan Lemur kolu Miyosen'in ilk evrelerinde bugünkü ekvatoral Afrika'da yaşayan *Galago*'lara benzeyen formları meydana getirmiştir. Pliyosen'de bu hayvanların tropik Asya'ya ulaştığına ilişkin fosil kanıtlar vardır. Bir grup da ola ki Pliyosen sırasında Madagaskar adasına ulaşmış ve yalıtılmıştır. Daha sonraki evrede, Pleistosen'de, bu ana formdan bugün sadece fosilleri kalan çok değişik çeşitler ortaya çıkmıştır. Bunların arasında dev bir Lemur, *Megaladapis,* Fransız araştırıcısı FLACCOURT'un 1658 yılında yaptığı bilimsel gezide yaşadığı ve yerliler tarafından **trétrétrétré** diye adlandırıldığı bildirilmektedir. Fosillerin yanısıra, bu araştırıcının tanımına göre *Megaladapis* iki yıllık bir dana büyüklüğünde, yuvarlak başlı, insan benzeri yüzlü, arka ve ön üyeler maymun benzeri, kulakları insanınki gibiymiş. Yerliler arasında büyük panik meydana getirirmiş. Tarif edilen *Megaladapis* ise, bu, yakın zamana kadar yaşadığını kanıtlar.

Pleistosen Lemur'larının Madagaskar'da daha sonraki evrimi ilginç olarak maymun benzeri şekildedir. Hatta onlardan birinin, *Archaeolemur*'un kafatasının görünüşü itibariyle gerçekten maymun olup olmadığı tartışılabilir. Fakat kafatasının ve dişin ayrıntılı çalışılması bu benzerliğin kabaca (yapay) olduğu; gerçekte ayrıntılı yapının Lemur'lara benzerlik gösterdiği görülmüştür. Nitekim, bugün, biz, maymunların çok daha erken evrede, en azından Oligosen'de ortaya çıktığını bilmekteyiz. Maymuna benzer Lemur'ların Madagaskar'da gelişimi parelel evrime tipik bir örnektir. Yani benzer gruplar birbirlerine bağımlı olmadan, benzer örnekleri, evrimleşerek kazanma eğilimindedirler. Bu durumda benzerliğin gerçek olmadığı görülür ve yakın akraba olmayacakları da kanıtlanmış olur.

İlkel ağaç böcekçillerine benzer memeliler ve ilkel Lemur'lar Eosen süresince gelişip dallanırken, Tarsius'ların da çeşitlendiği görülür. Daha önce bu gruptan pek az hayvanın (bir cinse bağlı) Borneo, Celebes ve Filipin adalarında, zamanımızda yaşadığını görmüştük. Fakat Eosen'de en az 25 cinsinin ayrıca Avrupa ve Amerika'ya da yayıldığı saptanmıştır. Bu soyu tükenmiş Tarsius'ların bir kısmı bugünkülerine çok benzer. Diğerleri ise (bunlar Eosen Lemur'larından kolayca ayrılacak özellikler kazanmamışlardır) daha ilkel, daha küçük beyinli, üyeleri ve kafatasındaki göz bölgeleri (orbital bölgeler) daha az özelleşmiştir. Hatta bazıları (özellikle Amerika kıtasında yerleşenler) diş özellikleri bakımından farklı şekilde gelişmeler göstermiştir. Yüksek primatların evrimi açısından çok ilginç olan şey, Avrupa'da yaşayanların maymunlar doğrultusunda gelişim göstermesidir. Bunlardan bir tanesi *Necrolemur* denen (Şekil 23.8), Fransa'daki Eosen tortulları içinde bulunan küçük bir hayvandır. Avrupa Tarsius'larının bazıları ilkel diş tipini korumuştur; yani ilkel plazentalı memelilerin diş tipine sahiptir; yalnız kesicilerin bazıları yitirilmiştir. Bunların arasında, ilerleyen evrim hattında birinci premolar diş erken evrede yitirilmiş, ikincisi yavaş yavaş ortadan kalkmış ve son üst iki premolar da bicuspid hale dönerek birbirlerine benzer şekil kazanmışlardır. Bu son özellik, yani premolar dişlerin bicuspid özellik kazanması, insanı da kapsayan yüksek primatların tipik özelliğidir.

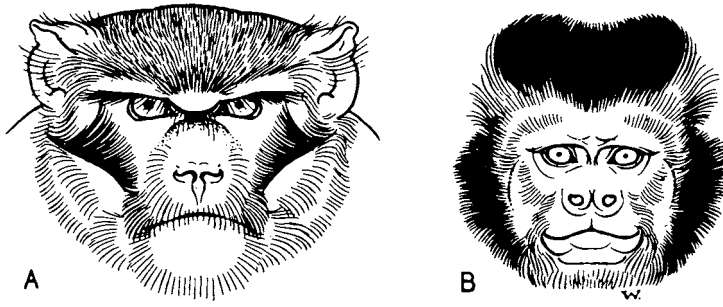
Üst molarlar ilkel tritubercular tipten, dördüncü çıkıntının gelişmesiyle yüksek primatlarda bulunan quadritubercular yapıyı kazanmıştır. Kafatasındaki kulak çukurunun değişimi, ağız bölgesinin geriye çekilmesi, beyin hacminin büyümesi ve diğer özelliklerle primatların Tarsius evresinde maymun evresine geçtiği görülür. Eosen'de bulunan Tarsius'ların kalıntıları (ileride bulunacak fosillerle belki kuşkusuz desteklenebilecektir) gerçek maymunların ilkel tipini oluşturduğu varsayılmaktadır.

Tarsius'ların evrimsel kökeni hâlâ tam aydınlatılamamıştır. Belki Lemur'ları diğer primatlardan ayıran özellikler gelişmeden, Lemur'ları meydana getirecek genel ve ilkel ana tipten türemişlerdir. Birçok araştırıcı da Tarsius'ların doğrudan doğruya ağaç böcekçillerine benzer ilkel atadan Lemur evresi geçirmeden türediğine inanmaktadır. Gerçekte erken Eosen primatlarının fosillerine göre karar vermek ve onları Lemur ya da Tarsius diye ayırmak çok zordur. Belki ilerki çalışmalarda her iki grubun özelliklerini de kısmen gösterecek ortak bir atanın bulunması olasıdır.

Bu kısa açıklamamızda Eosen'de bol bulunan bu ilk primatların çok çeşitli ve küçük yapıda, bugünkü ağaç böcekçillerine benzemeyen ağaçlık yer hayvanları olduğunu belirttik ve bunlardan birkaç tip Lemur ve Tarsius'un türediğini varsaydık. Bu küçük primatlar Eski- ve Yenidünyaya yayılarak çoğu daha sonra tamamen tükenmiş birçok yan dal meydana getirdi. Fakat Tarsius'ların bazıları gerçek maymunlara doğru gelişim ve evrimleşme eğilimini sürdürdü. Eosen'in son yarısında evrimleşmenin, ilk izlenimde, hızlı olduğu görülmekle beraber, gerçekte Eosen 30 milyon yıl sürdüğü için zaman bu evrimleşmeyi sağlayacak kadar uzundur. Çünkü bir noktada evrimleşme zamana bağlı olan bir değişimdir. Bu süre içerisinde Lemur'ların gelişmesi ve ilkel ağaç böcekçillerine benzer atadan daha gelişmiş Tarsius'ların evrimleşmesi için yeterli zaman bulunmuştur.

23.3.3. MAYMUNLAR

Bugün dünyada mevcut *Anthropoidea* (insansı), maymunların en alt tabakasını oluşturur. Onların çoğu ağaçlık yerlerde yaşar; fakat birçoğu da (özellikle Eskidünya maymunlarının bir kısmı) sık sık yere iner ve bazıları da tamamen topraküstü yaşama uyum gösterir. Hem dallar arasında, hem yerde dört ayaklı yürürler. İnsansı maymunlar gibi küçük dallar arasında cambazlık yapamazlar; daha ziyade kalın dallar üzerinde hareket ederler. İnsansı maymunlar gibi ön üyeleri, arka üyelerinden daha uzun değildir; ilkel durumlarını saklarlar. Çoğunluk iyi gelişmiş kuyrukları vardır. Maymunlar iki belirgin gruba bölünmüştür (Şekil 23.12).

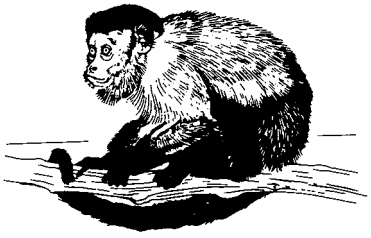


Şekil 23.12: A) Bir Eskidünya, yani *Catarrhine* maymunu *(Macaca)* ve B) Bir Yenidünya, yani *Platyrrhine* maymunu *(Cebus)*. Burun yapılarının birbirinden nasıl farklı olduğuna dikkat ediniz! (Clarke'dan).

23.3.3.1. *Yenidünya Maymunları (Ceboidea)*

SIMPSON'un sınıflandırmasına göre Yenidünya maymunlarının hepsi *Ceboidea* üst familyasına girer. Fakat birçok kitapta bu grup *Platyrrhini* olarak geçer (platy = yassı, rhino = burun). Burunları yassı, burun delikleri birbirinden oldukça uzak ve kısmen öne bakar (Şekil 23.12). Uzun kuyrukları vardır ve kuyruklarını 5. üye gibi kullanabilirler. Eskidünya maymunlarından birçok anatomik özellik bakımından da ayrılırlar (diş ve kafatası yapısı gibi).

Görünüşleri ve büyüklükleri çok değişen birçok türe sahiptirler. Güney Amerika'da bulunurlar. Hepsi arborealdir (ağaçlarda yaşamaya uyum yapmış). Kuyruklarından asılabilir, başka bir dala tutunabilirler; hatta diğer üyelerini bıraksalar dahi kuyruklarıyla asılı kalabilirler. Tamamen arboreal yaşama uymuşlardır. Örümcek maymunlarda arboreal uyum iyice belirginleşmiş ve bunların kuyruklarının ucu dokunma duygusunun algılandığı çıplak bir bölge oluşturmuştur. Yine bu hayvanlar aşırı uzayan üyeleri ile dallar arasında asılı durumda kalırlar. Kapuşin maymunları (*Cebus*), başlarının üzerindeki kıl tepeliği ile hemen tanınır (Şekil 23.13). Sincap maymunlar, hemen hemen bir sincap kadardır; beyinleri oldukça büyüktür. Saki maymunları, kuyruklarını, uzun olmasından dolayı el gibi kullanamazlar; uakari maymunlarının kuyrukları küçülmüştür. Gece maymunları *(Douroucoulis)* tüm maymunlar arasında gece işlek olan tek türdür; gözlerinin büyüklüğü, irisin yapısı ile gece yaşamına uyum yapmıştır. Yenidünya maymunlarının en irisi, böğüren maymundur,



Şekil 23.13 :
Dişi, kahverengi kapuşin maymunu *(Cebus)* (Clarke'dan).

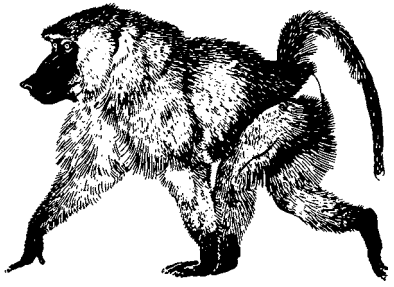


Şekil 23.14 :
Genel bir marmoset *(Callithrix)* (Clarke'dan).

sesli harfleri çok güzel çıkarır. Dilindeki hyoid kemiğinin gelişmesiyle boğazdaki titreşim odasının yapısı değişmiş ve sesli harfler burada çok daha kuvvetlendirilerek dışarıya verilmeye başlanmıştır. Maymunların en küçüğü de bu gruptandır. Küçük marmoset *(Callithrix),* yapı olarak çok ilkeldir; diğer Yenidünya maymunlarından farklı olarak çenelerin her iki tarafında iki molar (azı) dişi (diğerlerinde 3 azıdişi) vardır; tüm tırnakları (başparmaklar hariç) sivridir ve ayaklar yuvarlaklaşmış pençe şeklindedir (Şekil 23.14).

23.3.3.2. *Eskidünya Maymunları (Cercopithecoidea)*

SIMPSON'un sınıflandırmasına göre eski dünya maymunları bu üst familyaya girer. Yine birçok kitapta bu grup *Catarrhini* (cata = aşağı, rhino = burun) olarak geçer. Bu grubun ortak özelliği burun deliklerinin aşağıya bakması ve birbirine oran-



Şekil 23.15 :
Zeytini baboon *(Choeropithecus anubis)* (Clarke'dan).



Şekil 23.16 : Bir langur (Barnes'den).

sal olarak daha yakın olmasıdır (Şekil 23.12). Kuyrukları uzun, kısa veya körelmiş olabilir. Fakat hiçbir zaman kuyruklarını el gibi kullanamazlar.

Bugün yaşayan Eskidünya maymunlarının hepsi *Cercopithecidae* denen bir familyaya aittir. Afrika ve Asya'da yaygındırlar, hatta Güney Avrupa'ya kadar uzanmışlardır. Çoğunun kaba, nasırlı bir kıç kısmı vardır (Şekil 23.15). Bu kısım, oturduğu zaman ağaçların kaba kabuklarından korunmak içindir. Yenidünya maymunlarından farklı olarak, insandaki gibi hem alt hem üst çenelerinde iki molar (azı) dişi vardır (Yenidünya maymunlarında üç tanedir). Özünde Eskidünya maymunları iki gruba ayrılır. İlkel olanları bu anlattıklarımızı, gelişmiş olanları da anthropoid maymunları oluşturur. Bu maymunların yaygın olan grupları şunlardır:

23.3.3.2.1. *Makako ve Rhesuslar* (Şekil 23.7)

Elliye yakın türü vardır. Batıda Kuzey Afrika'dan, Hindistan, Burma, Malaya, Siam, Çin ve doğuda Japonya'ya kadar yayılmışlardır. Orta büyüklükte ve kuvvetli yapıdadırlar. Tropikal çalılıklardan, karlı dağlara kadar yayılmışlardır.

23.3.3.2.2. *Mangabey*

Afrika'ya özgüdürler. Uzun kuyrukları, beyaz renklerle süslenmiş kaşları ve üst göz kapaklarıyla özellik kazanmışlardır. Makako'lardan daha çok arboreal ve daha narin yapılıdırlar.

23.3.3.2.3. *Guenon*

Maymunların en yaygın grubudur ve çok renkli olmalarıyla özellik kazanmışlardır. Afrika'da yaşarlar. Tamamen arborealdirler.

23.3.3.2.4. *Langur* (Şekil 23.16)

Asya'ya özgü maymunlardır. Hindistan'dan Seylan, Malaya, Tibet ve Java'ya kadar yayılmışlardır. Oldukça büyüktürler; fakat genellikle ince yapılıdırlar. Yaprak ve filizlerle beslenirler. Bu nedenle belirli ortamlarda yaşarlar. Mideleri çok büyümüştür. Bu hayvanlara yakın olarak Borneo'da hortumlu maymunlar yaşar; etli burunlarıyla özellik kazanmışlardır.

23.3.3.2.5. *Baboon ve Mandriller*

Toprak üzerinde yaşayan maymunlardır. Çoğunluk kayalık ve açık arazilerde bulunurlar. Keza ormanlık yerlerde de görülürler. Dört ayakla yürürler. Uzun burunları ve orta uzunlukta kuyrukları vardır. Çoğunluk sosyal yaşarlar. Baboonlar grup halinde hareket ederler. Besinlerini ortak kullanırlar. Dişilerini ve yavrularını koruma vardır. Savunmalarını köpekdişleriyle yaparlar.

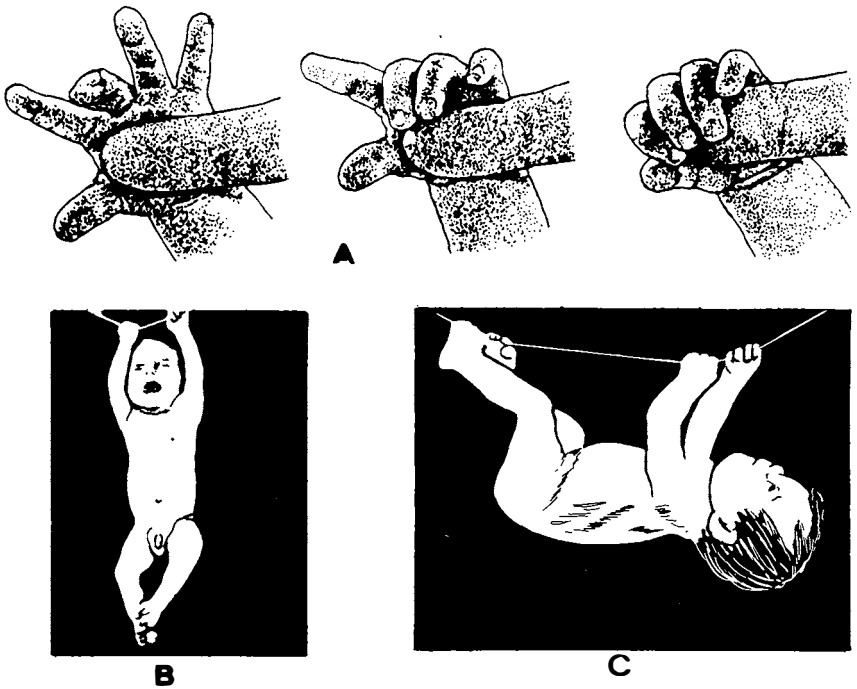
23.3.4. ANTHROPOİD (İnsansı) PRİMATLAR

Primatların ikinci alt takımı *Anthropoidea*'dır ve diğer primatlardan yaklaşık 60 milyon yıl önce ayrılmıştır. Bu alt takım, insanları da kapsar. Yaşayan insansı maymunlar birçok özelliği bakımından (beynin oransal büyüklüğü, kafatasının ayrıntılı yapısı, iskelet ve diş yapısı, ayağa kalkma ve dik durma eğilimlerinden dolayı göğüs ve abdominal organların durumu, kuyruklarının olmaması, yanaklarının genişlemesi) yarı maymunlardan (ilkel primatlar) ziyade insanlara benzer. Bu yapısal özelliklerinin yanısıra birçok fizyolojik özelliği bakımından da insana yakındırlar (kanlarının kimyasal tepkimeleri, büyüme şekilleri, beynin belirli fizyolojik özellikleri, doğumdan önce yavruları besleyen döl yatağının ayrıntılı yapısı ve parazitik enfeksiyonlara karşı gösterdikleri benzer duyarlılıklar). Bu benzerlikler yakın bir genetik akrabalığı ve paralel evrimi gösterir. Tüm insansı maymunlar arboreal yaşama uyum yaparak değişik derecelerde birbirinden farklılaşmıştır. Ağaçlarda yaşamaya, üyelerinin kavrama, tırmanma ve sallanma hareketi yapması için büyük bir uyum görülür. Hayvanat bahçelerinde maymunların sırıklarda çok az bir güçle çok yetkin bir şekilde hareket ettiğini; fakat yerde güçlükle yürüdüğünü gözleyebiliriz. İnsanlar yerde bipedal (iki ayaklı) yürümeye uyum yapınca, tırmanma ve arşınlama hareket yeteneklerini yitirmişlerdir.

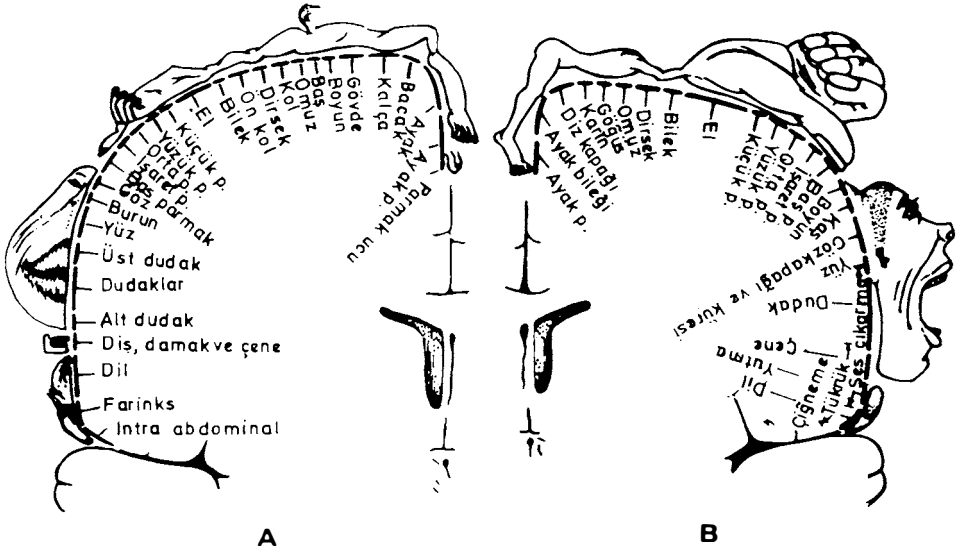
Maymun yavruları, belirli bir süre analarının postuna yapışarak taşınırlar. İnsanlarda küçük bebeklerin doğduktan sonra belirli bir süre değdikleri her şeyi, örneğin bir parmağı çok güçlü olarak kavramaları ve bebeklerin bu kavrama hareketinin çok güçlü olması ağaçlarda yaşamanın bir kalıntısı olarak düşünülmektedir (Şekil 23.17/A). Ayrıca birçok kişinin uykuya dalarken birden düşüyormuş duygusuna kapılarak korkuyla uyanması da, atalarımızın ağaçlarda yaşarken uyuma sırasında ağaçtan düşmemek için irkilmesinin ve tetikte uyumasının bir kalıntısı gibi varsayılabilir. İnsanlar ancak çok iyi eğitildiklerinde, jimnastikcilerde olduğu gibi, bu akrobatik hareketleri kazanabilirler. Bizim elimizin başparmağı diğer tüm parmakların karşısına gelerek etkin bir kavrama yapabilmesine karşın, insansı maymunlarda, el, hareketi kolaylaştırmak için ancak kanca gibi kullanılır; el ayası uzamış, başparmak kısalmıştır ve başparmak diğer parmakların hepsinin ayrı ayrı karşısına gelmez (Şekil 23.5). Bu kavrama, alet kullanma yeteneğimizi güçlendirmiş ve evrimde büyük bir sıçramanın yapılmasını sağlamıştır. İnsan beyninin korteksinde oransal olarak en büyük kısım, bu nedenle, başparmağa bağlı sinirlere ayrılmıştır (Şekil 23.17).

Goril ve şempanze ikincil olarak karasal (toprak üstü) yaşama uyum yapmıştır; orangutan ve gibbonlar gibi serbest arşınlama hareketi yapamazlar. Bununla beraber üyelerinin yapısı yine arboreal yaşama uyum gösterecek şekildedir.

Hareket üstünlüğü bakımından insansı maymunlar gelişmiş görünmektedir; buna karşılık insanlar daha ilkel ve daha genel özellik göstermektedir. Bu nedenle bugün yaşayan insansı maymunlarla, insanlar daha bu özelleşmeler ortaya çıkmadan ortak bir atadan ayrılmış olmalıdır. Geçen süre her kolun kendine özgü bir şekilde değişmesini sağlamıştır. İnsansı maymunların hemen hepsi bitkiyle, özellikle meyve ve taze yapraklarla beslenir. Dişler ve çene kuvvetlidir. Göz oyuğunun üzerindeki kaş



Şekil 23.17/a: Yeni doğmuş bir bebeğin bir ergin parmağını kavraması (A); aynı bebeğin elleriyle (B), el ve ayaklarıyla bir tele tutunması (C).



Şekil 23.17/b: Duyusal (A) ve motorik (B) korteksten alınan düşey bir kesitte çeşitli vücut kısımlarını denetim altında bulunduran bölgelerin şematik olarak gösterilmesi (V.-W.- Barnes'den).

kemeri kuvvetlice ileriye çıkmak suretiyle hem özellik kazanmış hem de çiğnemeye destek sağlamıştır.

Dölleri tükenmiş bir sürü formu gözönüne almazsak, insansı maymunlar bugün yaşayan dört tiple temsil edilmektedir (goril, şempanze, orangutan ve gibbon). Bunların hepsi *Catarrhina*'dan, üç familya içeren *Hominoidea* üst familyasına aittirler. Oldukça zekidirler, gruplar halinde yaşarlar, ilkel seslerle ve yüz ifadeleriyle anlaşırlar. Besinlere ulaşmak için sopa ve diğer aletleri kullanabilirler.

23.3.4.1. *Gibbonlar* (Şekil 23.7/E)

Hylobatidae familyasına aittirler. En ilkel insansı maymunları oluştururlar. Güney Doğu Asya'da bulunurlar, Malaya'ya kadar yayılmışlardır. Çok nadir yapılıdırlar; akıl almayacak kadar çevik ve çok uzun kolludurlar.

23.3.4.2. *Orangutanlar (Pongo)*

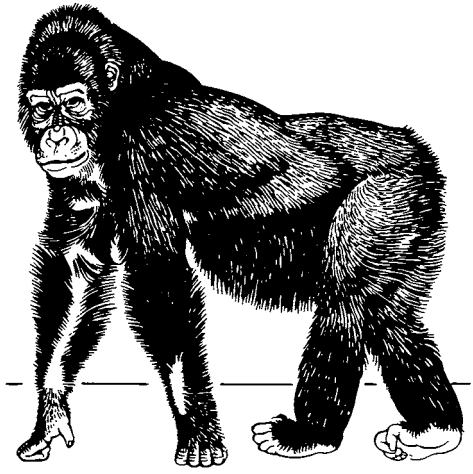
Bundan sonraki iki cinsle birlikte *Pongidae* familyasına bağlıdırlar. Günümüzde Borneo ve Sumatra'da yaşarlar; jeolojik zamanlarda Kuzey Çin'e kadar yayılmışlardır. Oldukça büyük vücutları vardır; daha çok arborealdirler (ağaç yaşamına uyum sağlamışlardır), nadiren yere inerler. Bu üç insansı maymun tipi büyük maymunlar olarak nitelendirilir.

23.3.4.3. *Şempanzeler (Pan)* (Şekil 23.7/F)

Gorillere en yakın gruptur. Yine tropik Afrika'da yaşarlar; çok daha yaygındırlar, küçük vücutlu ve iyi tırmanıcıdırlar.

23.3.4.4. *Goriller (Gorilla)* (Şekil 23.18)

Yaşayan insansı maymunların en büyüğüdür boyları aşağı yukarı 1.80 cm. ve ağırlıkları 230 kg. kadardır. Ekvatoral Afrika'da yaygındır. Pek az arboreal olmasına karşın, zamanının çoğunu çalılık yerlerin içerisinde ve toprak üzerinde dört ayağına



Şekil 23.18: Goril (Clarke'dan).

basarak geçirir (Şekil 23.18). Yürüyüşleri ayaklarının dış kenarıyladır; zaman zaman yarı dikleşmiş olarak dururlar ve ellerin mafsallarına dayanırlar. Anatomik yapılarına bakılırsa, çok yakın bir zamana kadar ağaçlar içerisinde arşınlama hareketi yapmışlardır. Kafataslarının sagital ve boyuna kesitlerinde yüzeysel büyüme görülür; bu, çiğneme kaslarının bağlanması için yüzeyin büyütülmesi ile ilgilidir. Molar dişlerdeki enine pürtükler diğer maymunlardan farklı olarak kaybolmuştur. Diş dizileri dört köşemsi, U şeklinde; molarlar birbirine paralel, köpekdişleri kuvvetlidir ve korunmada kullanılır.

İnsansı maymunlar sesli harflerin çoğunu çıkarırlar; ormanda aile halinde yaşarlar ve belirli bir territoryumları vardır. İki ayakla yürümeye büyük insansı maymunlardan daha yatkındırlar. Dik durumda büyük hızla belirli mesafeleri koşabilirler; bu suretle gövdenin ön kısmı yerden kesilmeye başlar; yerde iken uzun kollarını insanlarda olduğu gibi denge organı olarak kullanırlar. Fakat normal yaşamları, ağaçların arasında, dalları arşınlamak suretiyle geçer, her defasında 3-4 metre arşınlarlar ve iki kolundan asılmak suretiyle uzun zaman bu durumda kalabilirler. Nadiren yere inerler. Arşınlama hareketlerini yaparken, vücutları yere dik durur.

23.3.4.5. *İnsanlar (Homo)*

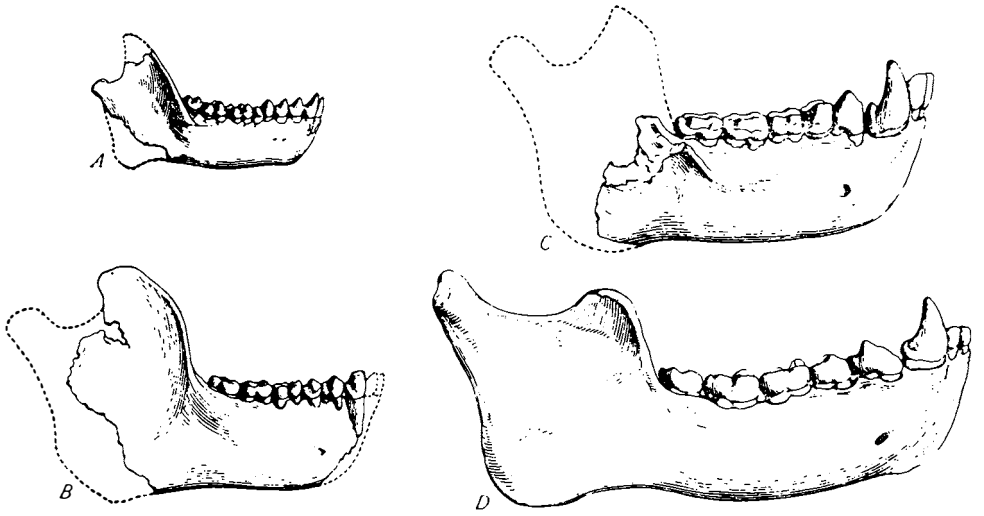
Hominidae familyasına bağlı tek cinstir *(Homo sapiens)*. *Hominoid*'lerden (insansı maymunlardan) yaklaşık 25 milyon yıl önce (bazılarına göre 8-10 milyon) farklılaşmaya başlamışlardır. İnsan, goril, şempanze ve orangutanla temsil edilen *Pongidae*'den (insansı maymunlardan) türememiştir; yalnız onlarla ortak ataya sahiptir.

23.3.5. FOSİL MAYMUNLAR VE İNSANSI MAYMUNLAR

Şimdiye kadar bulunan fosillerin değerlendirilmesiyle insanın evrim hattı izlenmeye çalışılmıştır. İnsanın evrimleşerek bugünkü yapısına ulaştığına ilişkin kuşku olmamasına karşın, bu evrimleşmenin sürekliliğini ve her kademesini kanıtlayacak fosiller bol miktarda bulunamamıştır. Bulunan birkaç fosil zamansal olarak sıraya konmuş ve isimlendirilmiştir. Fakat aynı zamanda veya birbirine yakın zamanlarda dünyanın değişik yerlerinde bulunan fosiller birbirinden küçük farklarla ayrılmakla beraber değişik isimlerle adlandırılmışlardır. Biz bir isim kargaşalığını ortadan kaldırmak için belirli bir evrim çizgisindeki önemli fosil formların ismini verip, zamandaş olan diğer formlara da kısaca değineceğiz.

23.3.5.1. *Parapithecus* (Şekil 23.19/A)

En eski ve en ilkel maymun kalıntaları, aşağı yukarı bundan 40 (belki 60) milyon yıl önce, Oligosen periyodunda bulunmuştur. Bunlardan, Eskidünya maymunlarına benzeyen, zayıf bir olasılıkla konuşan, küçük bir fosil, kuşkulu olmakla beraber *Oligopithecus* diye adlandırılmıştır. Bu hayvanın Mısır'dan tek bir alt çenesi bulunmuş-



Şekil 23.19 : A) *Parapithecus,* B) *Propliopithecus,* C) *Pliopithecus,* D) Modern gibbonun çene kemiği (mandibulu). Doğal büyüklükte (Clarke'dan).

tur. Daha sonra aynı yerden, büyüklüğü bugünkü sincap kadar olan maymunların büyüklüğünde, alt diş sistemi ve diş formülü Eskidünya maymunlarına ve insansı maymunlara benzer (iki kesici, bir köpek, iki premolar, üç molar) fosiller bulunarak *Parapithecus* ismi verilmiştir. Fakat köpekdişlerinin oransal olarak küçük olması ve şekil olarak premolarlara benzemesiyle birçok anatomist tarafından diş formülü 1.1.3.3 olarak kabul edilmiştir. Tarsius'ların alt diş formülü de bu şekildedir. Bulunan bazı iskelet parçaları bu hayvanların Eosen'deki tarsoid bir atadan türediğini göstermektedir. Bu gruptan evrimsel olarak iki kol ayrılır birinci kol Eskidünya maymunlarını ikinci kol ise insan ve insan benzeri maymunları meydana getirir (Şekil 23.4).

23.3.5.2. *Propliopithecus* (Şekil 23.19/B)

Mısır'da bulunan Oligosen yaşıtlı çene kemiklerinden tanınmaktadır (Şekil 23.19/B). Gibbon büyüklüğündedir. Keza diş yapısı bakımından da ona benzer. Köpekdişinin kökü kuvvetli olmasına karşın, ucu sivri ve gelişmiş değildir. *Parapithecus*'un devamı olarak görülmektedir. Anthropoid maymunların atasını oluşturur. Fosiller yetersiz olmasına karşın Oligosen'de küçük maymunların ve insansı maymunların en ilkel formlarının ayrıldıkları açıktır. Birçok araştırıcıya göre maymunlar ile insansı maymunlar birbirinden çok daha erken, Tarsius'lardan itibaren ayrılmışlardır. Bu varsayım doğru ise Oligosen'den çok daha önce bu farklılaşma gerçekleşmiştir.

Propliopithecus bir varsayıma göre iki kola ayrılmıştır. Bir kolu *Pliopithecus* (Şekil 23.19/C) üzerinden gibbonları meydana getirirken, diğer kol *Aegyptopithecus* olarak insansı maymunların atasını oluşturmuştur.

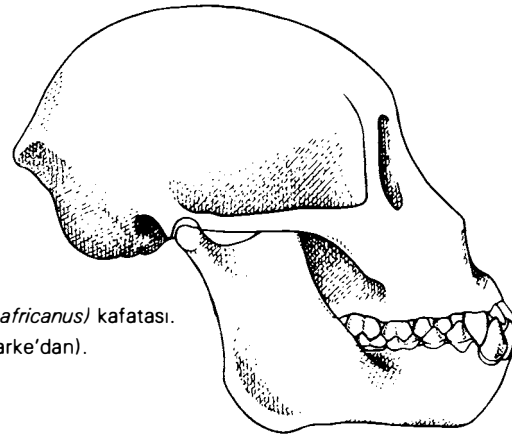
Oligosen'de farklılaşan insansı maymunlar bundan 25 milyon yıl önce, erken Miyosen'de Eskidünyaya yayılmış olan birçok kola ayrılmıştır. Örneğin Kenya'da

bununla ilgili birçok fosil bulunmuştur. Bulunan bu fosillere göre küçük bir gibbondan büyük bir gorile kadar değişen çeşitli büyüklükte hayvanlarla temsil edilmekteydiler. Erken Miyosen'de orta Afrika, değişik tiplerin gelişmesi için çok uygun bir ortam oluşturmuştu.

23.3.5.3. *Dryopithecus (= Proconsul)*

Miyosen'de (25 milyon yıl önce) yaşamıştır. Bugünkü şempanzelere yakın akrabalık gösterir. Büyük formları daha sonra muhtemelen gorilleri meydana getirmiştir. İlk olarak Kenya'da dişleri ve çene parçaları bulunmuştur. Daha sonra Afrika'nın diğer yerlerinde ve Hindistan'da da bulunmuştur. Bu cinslerden Pongo, Pan, Goril ve soyu Pliyosen'de tükenmiş *Gigantopithecus*'lar ve *Homonoid*'ler türemiştir. Bu zamanda doğu Afrika, parça parça orman içeren savan özelliği kazanmıştı. Maymunların çoğu ormanda yaşamakla beraber, zaman zaman savana girmek zorunda kalıyorlardı. *Giganthopithecus* böyle bir tipti. Otçul olmalarına karşın tohumları kırmak, kök ve filizleri yemek için kuvvetli dişlerini kullanmaktaydılar. Ormandan çayırlık yere geçerken arşınlayarak ve dört ayaklı yürüme yerine yavaş yavaş iki ayakla yürüme başlamıştır ve herbivorluk (otoburluk) yerine omnivorluk (et ve bitkiyle karışık beslenme) kazanılmıştır.

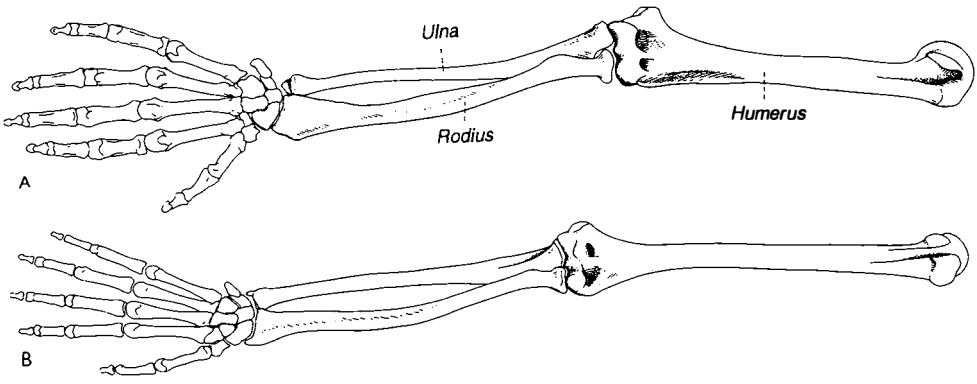
Dryopithecus bugünkü insanlarda olduğu gibi oldukça küçük köpekdişlerine (biraz farklı olarak) sahipti (insansı maymunlarda büyüktür). Büyük köpekdişleri tohumları kırmak için bir alet, korunmak için bir silahtır. Küçük kalmasının nedeni aldığı besin maddelerinin yapısıyla ilgilidir. Bu körelme, alet kullanmayı öğrendikçe hızlanmaktadır. İnsansı maymunlar ile insansıları birbirine bağlayan atanın *Dryopithecus (= Proconsul) africanus* olduğu varsayılmaktadır. Bu türün köpekdişleri körelmiş, üst damakları kısalmış, böylece maymunlarda olduğu gibi çene ileriye çıkmamıştır (Şekil 23.20).



Şekil 23.20 :
Doğu Afrika Miyosen maymununun *(Proconsul africanus)* kafatası. DAVIS ve NAPIER tarafından onarılmış durumu (Clarke'dan).

Bulunan üye kemikleri de bugünkü insansı maymunlardan daha ince yapılıdır ve bu nedenle ola ki daha hareketliydiler (Şekil 23.21). Üye kemiklerinin incelenmesinden, bunların, dalların arasında yaşamadığı anlaşılmaktadır. Belki de dört ayaklı

olarak koşmakta ve tırmanmaktaydılar. Ön üyeleri, diğer maymunların aksine, günümüzün gibbonları gibi, arka üyelerden kısadır. Günümüzün insansı maymunlarında görülen bazı diş ve çene özelleşmesi bunlarda görülmez. Bu ilkel yapı insanlarda görülmesine karşın, insansı maymunlarda kaybolmuştur.



Şekil 23.21 : A) Bir şempanze, B) Bir *Proconsul africanus*'un ön üye iskeleti. Her ikisi de aynı uzunluğu getirilmiştir. *Proconsul* 'unki DAVIS ve NAPIER tarafından onarılmıştır. Fosil maymununkinin daha ince yapılı olduğu ve ön kolun kısa, başparmağın daha uzun olduğu dikkati çekmektedir (Clarke'dan).

Fosil kanıtlar büyük insansı maymunların erken Miyosen'de Afrika'da dallandığını göstermektedir. Miyosen'in sonuna doğru diş ve çene kalıntılarının Avrupa ve Hindistan'a kadar yayıldığını görüyoruz. Bu bölgelerden tanımlanan birçok cins, büyük bir olasılıkla *Dryopithecus* içerisinde değerlendirilmelidir. *Dryopithecus*'dan tanımlanan birçok türün bazılarının gorillere, bazılarının orangutanlara, bazılarının şempanzelere yakın olduğu görülür.

23.3.5.4. *Ramapithecus*

Hindistan'daki Pliyosen katmanlarında çene ve dişleri bulunmuştur (13-14 milyon yıl önce). Dişlerinin küçük yapısı, molarlarının basit görünümü, damağının daha açık U şeklinde olmasıyla insansılara benzemektedir. Bu cins, insansı maymunların son cinsi olarak kabul edilir. Kısmen *Dryopithecus* özelliği de gösterdiği için, *Dryopithecus*'dan ayrılmış ve insanları meydana getirecek kolu oluşturmuştur. Daha sonra *Ramapithecus* içerisinde tartışılması gereken birçok fosil daha bulunmuştur. Doğu Afrika'da bulunan *Kenyapithecus* buna iyi bir örnektir. Bu insansı, güney Asya'dan doğu Afrika'ya kadar yayılmıştır. Yine Pliyosen katmanlarında İtalya'da bulunan bir fosil, Pongid'ler ile insanlar arasında bir özellik göstermektedir ve bu kalıntılar *Oreopithecus* olarak tanımlanmıştır. Diş, kafatası, çene özellikleri bakımından geçit formu gibi görünmektedir. Bazılarına göre *Ramapithecus* içerisinde incelenebilir denmektedir.

23.3.5.5 Maymun-İnsan Arasındaki Geçiş: *Ardipithecus*

1994 yılının Eylül ayı insan evrimi konusunda uğraş veren bilim adamları için son derece heyecanlı bir gelişmeye tanık oldu. Amerika Birleşik Devletleri California Üniversitesi (Berkeley) profesörlerinden Dr. Tim D. White, birlikte çalıştığı iki bilim adamıyla birlikte (Gen Suwa ve Berhani

Ashfaw) insanın evrim çizgisinin hemen başlangıç aşamalarında yeralan yeni bir tür bulduklarını Nature dergisinin Eylül sayısında (Nature 371: 306-312, 1994) dünya kamuoyuna açıkladı.

Yeni tür yine insan evriminde çok önemli bir yeri olan Ethiopia'da bulunmuştu. Buluntu yeri ülkenin küzeyinde, Middle Awash projesi kapsamında araştırılan Aramis bölgesi idi. Bu yeni form 1974 yılında bulunan ve uzun yıllar tüm dünyanın gözbebeği olan Lucy adlı 3.7 milyon yıl öncesinde yaşamış olan hominidden en az 700.000 yıl öncesinde yaşamıştı ve bazı özellikleriyle Lucy'e, bazı özellikleri ile de şempanzelere benzemekteydi. Zaten buluntu yeri Lucy'nin bulunduğu Hadar buluntu yerine yaklaşık 70 km. uzaklıktaydı. 1992 ve 1994 yıllarında bulunan vücut, kafatası parçaları ve dişlerin incelenmesi, bulunan fosillerin yeni bir tür olarak tanımlanmasını gündeme getirdi ve tür tüm dünyaya tanıtıldı. *Australopithecus ramidus* Prof. White yöre halkına olan sevgi ve şükran hislerini buluntuya verilen isme yansıtmış ve yörede yaşayan Afar yerlilerinin dilinde "kökler" anlamına gelen ramidus ismini vermişti.

Australopithecus ramidus ile birlikte son derece zengin bir fauna da ele geçti. İki ayağı üzerinde yürümeye kalkışan bu canlıya çevresinde kuşlar, sürüngenler, kemiriciler, yarasalar, etçiller ve çeşitli herbivorlar eşlik ediyordu. *Ramidus*'un çevresinde en bol bulunan canlıların arasında bir Colobine maymunu da bulunmaktaydı. Buluntuların genelde parçalı ve izole parçalardan oluşması ve üzerlerinde etcil hayvanlara ait diş ve pençe izlerinin bulunması geniş ve düz ovada yaşamış ve ölmüş canlıların etçiller tarafından parçalandığını gösteriyordu.

Middle Awash projesinin 1994 yılı arazi çalışmaları olağanüstü bir buluşla hareketlendi. 1994'ün son ve 1995'in ilk günlerindeki kazılarda yeni tanımlanan bu türe ait olan hemen hemen tam bir iskelet bulundu. Buluntunun önemi aynı bireye ait bulunması ve hemen hemen tam bir iskelet olmasıydı. Aynı bireye ait 95 adet kemik her zaman ele geçirilemeyecek bir şanstı. Bu buluntu aynı zamanda kol-bacak oranlarını, vücut iskeletinin organizasyonunu ortaya çıkarma potansiyelini taşımaktaydı. Fosiller sedimanlar içinde olduklarından detaylı bir inceleme henüz yapılamamasına karşın çok önemli yeni bir açıklama yapıldı. *Australopithecus ramidus* öyle özellikler taşımaktaydı ki bu tür yeni bir cinse konulmalıydı. Yine Nature dergisinin bu kez 1995 mayıs sayısında (Nature 375, 88) bu tür için yeni bir cins (genus) teklif edildi: *Ardipithecus*.

23.3.6. İNSANLARIN ÖZELLİĞİ

Primatların insanı içeren familyasının (ailesinin) adı Hominidae'dir. Bunlar yaygın olarak hominid adıyla tanımlanırlar. Hominidae familyası üyeleri, tipik bir ortak özellikte birleşirler: Dik yürüme. Bu familya Australopithecinae ve Homininae alt familyalarından oluşur. Her iki alt familya da birercins içerir. Bunlar: *Australopithecus* ve *Homo* cinsleridir. Australopithecinae türleri, bilinen en eski hominid'lerdir. Dört milyon ile 700 bin yıl öncesinde yaşamışlardır. Sekiz milyon yıl öncesinden başlayarak hominidlerin yaygınlaşmaya başladığı yaklaşık 4 milyon yıl öncesine kadar bulunmuş olan fosiller doyurucu değildir. Bu durum eksiklikler hominidlerin atasal kökünün tartışmalı olmasına neden olmaktadır. *Australopithecus*'ların kendilerinden sonra yaşayan *Homo* cinsinin ilk örnekleri olan *Homo habilis* ile olan ilişkileri de tartışmalıdır.

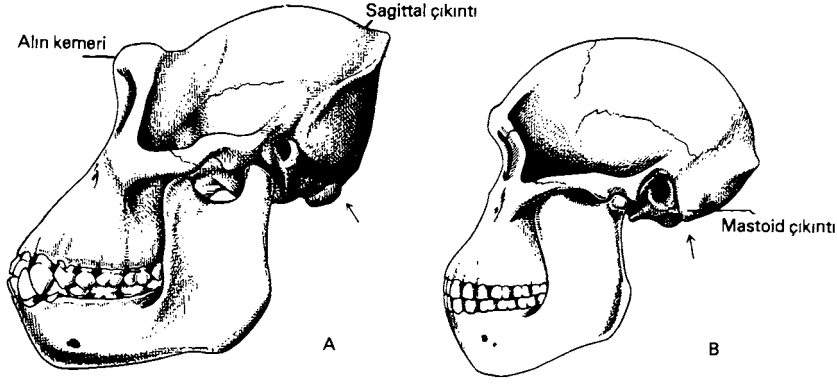
Hominidae familyası birkaç özellik bakımından insansı maymunların diğer familyası *Pongidae*'den ayrılır. Sistematik ve morfolojik olarak en çok şempanzelere ve gorillere yakındır. Bugün insan beyni 1400 cm^3 olmasına karşın, gorillerin beyni ancak 600 cm^3'dür.

İnsan, fizyolojik, sistematik ve morfolojik bakımdan en çok şempanze ve gorillere yakındır; *Hominidae* denen bir familyada bulunur. Diğerlerinin familyası ayrıdır.

İnsanı, diğer insansı maymunlardan ayıran en belirgin yapısal özelliği iki bacaklı yürümeye en iyi şekilde uyumu, ellerini alet ve üretimde kullanması; bitkisel ve hayvansal olarak beslenecek omnivor özellik kazanmasıdır. Yine en büyük özelliklerinden biri dik yürümesidir. Ağırlık merkezi pelvisin ve arka bacakların üzerindedir. Kalça kemiği bizi dik tutan kasların bağlanma yüzeyini büyültmek için genişlemiştir. Pelvis kemikleri bir sepet oluşturarak dik duran insanın iç organlarının aşağı sarkmasını önlemiştir. Bacaklarımız ellerimizden daha uzundur ve daha kuvvetli yapıdadır.

Femurların distal ucu orta çizgide birbirine yaklaşarak çarpık bir görünüm verir. Bacakların, ağırlık merkezinin altında bulunması, bize bacağımızın birini kaldırdığımızda diğeriyle dengede durma yeteneğini kazandırmıştır. Bacaklarımız kavrama yeteneğini kaybetmiştir; parmaklar kısa ve birbirine paraleldir. Topuk kemiği büyümüş, karpal ve metakarpal (tarak kemikleri) kuvvetli bir ayak kemeri oluşturmuştur. Başparmak dayanak çizgisine en yakın olanıdır ve diğerlerine oranla kuvvetlice gelişmiştir.

Başımız omurga sütununun üzerinde dengelenmiş durumdadır. Foramen magnum (omiriliğin kafatasına girdiği delik), kafatasının oldukça altındadır. Bel kemiği dik durmada dengeyi sağlamak için bel kısmında hafifçe içe doğru eğilmiştir. Fakat bu uyum tam gelişmediği için, belirli yaşlarda bel kayması ve bel incinmesi sorunu oldukça yaygındır. Keza diz kapağı rahatsızlıkları ve düztabanlılık da bu uyumsuzluğun sonuçlarındandır. Kasıklardaki fıtık da kasların dik durmaya tam uyum yapmamış olmasındandır. Kadınlar küçük bir inguinal kanala (testis yolu kanalı) sahip olduğundan kasık fıtıkları azdır. Çünkü bunlarda testisin inmesi için geniş kanala gereksinme yoktur. Boyun kaslarının bağlandığı kafatasının arka kısmındaki alan büyük ölçüde küçülmüştür. Mastoid çıkıntı (kafatasının arkasında aşağı doğru bir çıkıntı) genişlemiştir (Şekil 23.22). Vücuttaki kılların kaybolmasını veya seyrekleşmesini birçok araştırıcı savanalarda av peşinde koşmaktan meydana gelen ısının kaybedilme zorunluluğuna bağlamaktadır. Eller artık hareket etmek için kullanılmadığından diğer işler için kullanılmaya başlamıştır. Başlangıçtaki ilkel primatlarda sadece kavrama ve tutma işini gören el, bir zaman sonra taştan ve kemikten alet yapabilme yeteneği kazanmıştır.



Şekil 23.22 : Goril ve *Australopithecus* kafataslarının karşılaştırılması. A) Goril, B) *Australopithecus*.

Maymunlara oranla başparmağımız daha uzun ve metakarpal kısım (el tarağı) daha kısadır (Şekil 23.5). Bundan başka insanlar köprülü bir buruna, sivri bir çeneye ve kıvrılabilen dudaklara sahiptir.

Savanalarda çeşitli yiyecek bulma olanağı, ormanlardan daha fazla idi. Ola ki ilk insan, böceklerin, kertenkelelerin, kemiricilerin ve diğer küçük hayvanların yanısıra bitkileri de yemiştir. Daha sonra ateşi kullanmış ve pişirmek suretiyle besinlerini daha yumuşak hale getirmiştir. Dolayısıyla çeneleri ve dişleri maymunlara oranla kuvvetini kaybetmiştir; bunun sonucu olarak çene ve ona destek olan gözün üstündeki kaş kemeri maymunlardaki gibi dışarıya fırlamamıştır (Şekil 23.22). Dişlerimiz daha da yuvarlaklaşmış ve köpekdişlerimiz küçülmüştür. Kendini artık dişleriyle değil yaptığı alet ve silahlarla korumaya başlamıştır. İlk insanın beyni maymununkinden çok fazla büyük olmamakla beraber, bugünkü insanda büyük bir gelişim göstermiştir.

Beynin gelişimi çok çabuk olmuştur. Belki antilop ve diğer büyük hayvanları avlamak için kullanılan hileli silahlar, sosyal yaşantıdaki ilişkilerin ve düşüncedeki yaratma yeteneğinin gelişimi beynin büyümesinde etkin olmuştur.

23.3.7. AUSTRALOPİTHECİNAE

***Australopithecus*'un genel özellikleri**

400-650 cm^3 arasında değişen beyin kapasitesine sahiplerdi. Beyin kapasitesi, sayısal olarak küçük olmakla birlikte, vücuda oranlandığı zaman Pongidae türlerinden daha büyüktür. Dolayısıyla da *Homo* cinsinden sonra, memeliler içindeki en akıllı gruptur. Bazı türlerinde, çiğneme kaslarının bağlanması için ek alan oluşturan, sagittal crest denilen ve önden arkaya doğru uzanan, ibik şeklinde bir çıkıntı vardır. Kafatasının kaide (bazal) kısmı daima üst kısımdan daha geniştir. Diş kemeri, şempanze ve gorilde görülen U şeklinden farklılaşmış ve insandaki gibi parabolikleşme eğilimine girmiştir. Premolarların tüberkül yapısı ve genel diş yapısı Pongidae türlerinin köpekdişlerine (canin) benzeyen yapıdan farklılaşarak, daha çok molarlara benzemeye başlamıştır. Bazikraniyal (kafa kaidesi) fleksiyon (başın öne doğru eğilmesi) günümüz *Homo sapiens*'indeki kadar olmasa da, mevcuttur (konuşma işleviyle ilgili).

Miyosen ve erken Pliyosen sırasında insansı maymunların Afrika, Asya ve Avrupa'da yayıldıklarını ve çeşitlendiğini öğrendik. Fakat bu evrede insana yakın herhangi bir primat oluşmamıştı. Çoğu, bir yan dallanma ile bugünkü insansı maymunların atasını oluşturmuştu. Gibbon ve orangutanlar şimdi yalnız güneydoğu Asya'da bulunmaktadır. Goril ve şempanzeler ise tropik Afrika'da bulunur. Bu devirde *Ramapithecus*'un dik yürümeye eğilimi, zemin üzerinde yaşamaya uyum yapan ön ve arka üyeleri ve arboreal yaşayan diğer insansı maymunlardan farklılaşmış özellikleriyle *Hominidae*'nin atasını oluşturduğu varsayılmaktadır (!).

Bilim adamları *Australopithecus* cinsini iki ayrı grupta toplanabilen 5 türden oluştuğunu ileri sürmektedirler. Bunlar daha robust (tıknaz ve kaba) yapı gösteren *Australopithecus aethiopicus*, *A. robustus* ve *A. boisei* ile narin yapı gösteren *A. afarensis*, *A. africanus* türleridir.

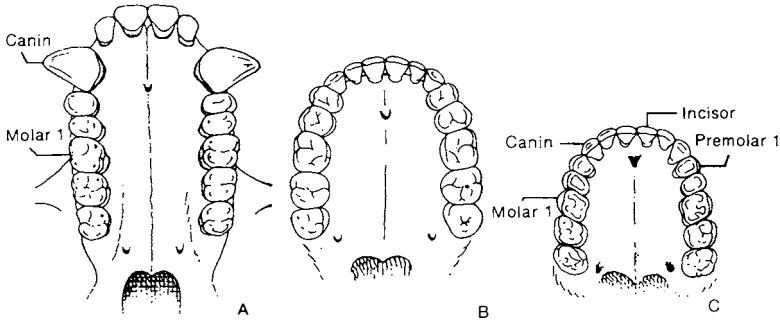
Australopithecine'nin Üst Miyosen'de şempanzelerden ayrılarak özelleşmeye başladıkları kabul edilir. Yapılan moleküler biyoloji çalışmalar, bu iki familyanın 5-6 milyon yıl önce birbirlerinden ayrıldıklarını göstermektedir. Nitekim 4 milyon 400 bin yıl öncesine tarihlenen *ramidus* türü, şempanze ile *Australopithecus aferensis* arasında özellikler göstermektedir. Bu Tür için yeni bir taksa önerilmektedir; *Ardipithecus ramidus.*

Şu anda bilinen *Australopithecus* türleri, 4 milyon-700 bin yıllık bir zaman dilimini kapsamaktadır. Narin ve robust türlerdeki morfolojik farklılığın, farklı beslenmeden kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Bazı bilimadamları robust yapılı Australopithecinae türlerinini ayrı bir cinse (Paranthropus'a) konulması gerektiğini ileri sürmektedirler. Bu tür (*A. robustus*) adı Güney Afrika Cumhuriyetin'de Swartkrans ve Kromdraai buluntu yerlerinden ilk olarak bulunan robust türlerin tanımlanması sırasında Robert Broom tarafından verilmiştir.

Prof. ROYMANDO DART, 1925 yılında güney Afrika'daki kapanmış bir mağarada maymuna benzer erginleşmemiş bir bireye ait kafatası buldu. Sütdişleri ve ilk devamlı azıdişleri yerindeydi. Bu fosile *Australopithecus (africanus)* (austral = güney, pithecus = maymun) adını verdi (zamanımızdan beş milyon yıl öncesinden bir milyon yıl öncesine kadar yaşamış ve alet kullanmıştır). İnsana ait özelliklerle birlikte, ilkel özelliklerin de bu fosilde beraberce bulunduğunu gösterdi. Birkaç yıl sonra bu gruptan birçok fosil daha, değişik bilim adamları tarafından bulundu. Yakın yıllara kadar çoğunluk güney ve doğu Afrika'dan, pek azı Endenozya'dan 300 kadar fosil sekiz farklı yerden bulunmuştur. Bazıları tam iskelet olarak bulunmuştur. Farklı yerlerden bulunan bu fosillere, sahip oldukları küçük değişikliklerden dolayı *Plesianthropus, Paranthropus, Telanthropus* ve *Zinjanthropus (boisei)* (zamanımızdan üç milyon yıl önceden bir milyon yıl önceye kadar yaşamıştır) gibi cins isimleri verilmiştir. Büyük bir olasılıkla tüm bu kalıntılar *Australopithecus* cinsinin değişik alttürleri ya da varyasyonlarıdır. Biz konuyu daha anlaşılabilir hale getirmek için bu grubun hepsini *Australopithecinae* alt familyası içerisinde tartışacağız. Yalnız güneydoğu Asya'da bulunan alt Pleistosen fosilleri *Australopithecus*'la çağdaş ise de *Pithecanthropus erectus*'un arkaik formları olarak kabul edilmektedir. Bulundukları yerlerde jeolojik tabakalar düzenli olmamakla beraber, ayrıntılı çalışmalar, tüm bu kalıntıların Pleistosen'in erken evrelerine ait olduğunu göstermektedir (1-2 milyon yıl önce). İlk *Australopithecinae*'lerin doğu Afrika'da Pliyosen yaşlı *Ramapithecus*'lardan türediği zannedilmektedir. Bulundukları mağaralarda hayvanları avlamak için kullandıkları bazı aletler ve daha çok çöl faunasına ait, bugün soyu tükenmiş birçok hayvan fosili bulunmuştur. Bu fosil formların kuyruksuz maymunlar ile insanlar arasında geçit formu olduğu varsayılır.

Australopithecinae'lerin genel yapıları şu şekildeydi: Beyinleri yaklaşık 600 cm^3 (modern insanın 1400 cm^3); büyüklükleri bugünkü erkek gorillerden biraz daha büyük (yaklaşık 160 cm.); büyük beyinleri muhtemelen daha kıvrımlı bir yüzeye sahip; çeneler kuvvetli, öne doğru çıkık ve molar dişler çok büyüktü. Beyni vücuduna göre küçük olmakla beraber diğer memeliler içerisinde en zeki kapasiteye sahipti. *Australopithecinae*'lerin kafatası kaba dış görünüşüyle modern büyük insansı maymunlara benzemektedir (Şekil 23.22). Örneğin kasların bağlantısı daha zayıftır. Modern insansı maymunlarda kasların bağlanması için arka tepede karina iyi

gelişmiştir (Şekil 23.22). Halbuki bunlarda bu karina zayıflamıştır. Alın, modern insanlarda olduğu gibi yuvarlaklaşmıştır. Kaş kemeri fazla çıkıntılı değildir. Kafatasının omuriliğe bağlandığı delik (foramen magnum) öne doğru kayarak dik durmaya daha iyi uyum yapmış, omurilik, başın daha alt kısmından bağlanmış ve başın omurilik üzerinde dengede kalması sağlanmıştır. Yanak kemiklerinin yapılışı, alt çene ile kafatası ekleminin durumu bakımından da insana daha çok benzer. Mevcut maymunlar içinde bu özellikleri gösteren başka bir tür yoktur.

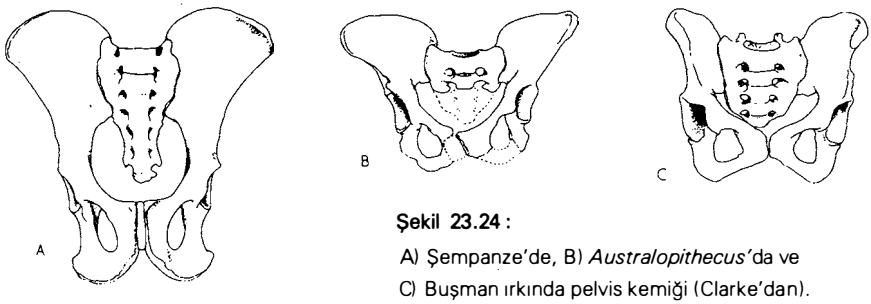


Şekil 23.23: A) Erkek bir gorilin, B) *Australopithecus*'un ve C) Bir Avustralya yerlisinin damağı ve üst dişleri. Diş dizilimlerinin ve köpekdişlerinin yapısı bakımından *Australopithecus*'un maymunlardan çok insana benzediği açıkça görülmektedir (Clarke'dan).

Anatomik olarak dişler birbirine paralel; kesiciler oldukça küçük; köpekdişleri bazı örneklerde insanla karşılaştırıldığı zaman büyük olmakla beraber; spatül (küçük keski gibi) şeklinde olmasıyla insanlarınkine çok benzer (Şekil 23.23). Halbuki insansı maymunlarda sivri ve keskindir. Bütün büyük insansı maymunlarda (fosil ve yaşayan) alt-ön premolar diş, sivrilerek kesme ve parçalama için özelleşmesine karşın, esas üst köpekdişinin karşısına gelerek etkinliği artırır. Bununla beraber insanlarda ve *Australopithecus*'larda bu şekilde karşı karşıya gelme görülmez. Bu alt-ön premolar diş bizde bicuspid halde ilkel durumunu korumuştur. Sütdişleri modern insansı maymunlarınkinden daha küçüktür; fakat insanlarınkine göre kuvvetli ve insanlardaki gibi spatül şeklindedir. Molarlar daha çok insanlardaki gibi öğütme işini görmek için yassı bir taça sahip olmuştur. Dişlerin dizilimi bakımından da insana benzerlik gösterir (Şekil 23.23).

Australopithecinae'ler belki de konuşma yeteneğine sahiptiler. Sözcükle anlatım dilinden ziyade, çok gelişmiş mimikler ve çeşitli seslerle anlaştıkları ileri sürülmektedir. Bugünkü insansı maymunlar bazı insan özelliklerini bağımsız olarak paralel evrim sonucu kazanmışlardır; ancak bu özelliklerin gelişmesiyle insan meydana gelmemiştir. Yani insanın atasını oluşturmazlar.

Yine Afrika'da bulunan diğer birçok iskelet parçası *Pongidae* ile *Hominidae*'nin birbirinden nasıl ayrıldığını göstermektedir. Özellikle pelvis kemiğinin yapısı bu gelişmeyi açıkça göstermektedir. Yarı maymunlarda ilium (=kalçanın bir parçası) incelip uzamasına karşın, *Australopithecus* ve insanlarda kısalmış ve genişlemiştir (Şekil 23.24). Bu, insanın ayakta durmasına bir uyumdur. Genişleyen leğen kemiği kalça kaslarının (gluteus maximus) bağlanması için büyük bir yüzey oluşturmuştur. Ayrıca bu yapıyla karındaki organların aşağıya sarkması önlenmiştir. Bu iskelet kalıntılarının



Şekil 23.24 :
A) Şempanze'de, B) *Australopithecus'*da ve C) Buşman ırkında pelvis kemiği (Clarke'dan).

Homo habilis'in bulunuşu ve yapısal özellikleri

Bulunuşu: 1960'lı yılların başlangıcında, Olduvai Boğazı'nda, robust *Australopithecus* spp. ile bir süre birlikte yaşamış olan; ancak insana daha çok benzer bir yapı sergileyen bir fosil hominid formu bulundu. LOUİS LEAKEY bu yeni forma, becerikli adam anlamına gelen *Homo habilis* adını verdi. Fosillere bu adın verilmesinin nedeni, bunlarla birlikte bulunan çakıl taşlarının yontularak kullanıma hazır hale getirilmesidir. LOUİS LEAKEY'in bu forma becerikli adam demesine neden olan aletlerle ilgili olarak, ayrıca *Zinjanthropus* fosilleri de bulunmuştur. Bu durum, Olduvai'de alet yapan türler içinde robust Australopithecus türlerinin de olabileceğini hatıra getirmektedir. LEAKEY, *Zinjanthropus*'u *H. habilis*'lerin yemeği olarak tanımlamaktadır. Ancak böyle bir savın kanıtlanması çok güçtür. Olduvai'de bulunan habilis örneklerinden bir çocuğa ait olan bir mandibula, OH7 olarak tanımlanır. OH13 ise alt ve üst dişleri tam olan ve kafatasının bir kısmı korunmuş olan bir bireydir ve LEAKEY tarafından *Cinderella* olarak isimlendirilmiştir. Talihsiz bir biçimde Masai'lerin beslediği sürü tarafından paraçalanmış olan OH16 ise Olduvai George olarak bilinir. 1968 yılında bulunan OH 24 ise narin yapısından dolayı Twggy olarak isimlendirilmiştir. Olduvai Boğazı'ndan bulunan *H. habilis*, 1.85 ile 1.6 milyon yıl öncesine tarihlendirilmektedir. *Habilis*'in genel olarak 2.2. -1.8 milyon yıl önce yaşadıkları kabul edilir. *Homo habilis*'de beyin kapasitesi ortalaması, 630 cm^3 civarındadır. Olduvai Boğazi'nda bulunan ve *H. habilis*'e konulan fosillerin kırık ve parçalı oluşu, bu türün tamamlanması ve kabul edilmesi konusuda güçlükler çıkarmıştır.

H. habilis'in *A. africanus*'a olan büyük benzerliği, ayrı bir cinse konmasını güçleştirmektedir. Özellikle diş yapılarıda büyük bir çakışma söz konusudur. Ancak Turkana Gölü kenarlarında daha sonraki buluntular, *H. Habilis*'in daha iyi tanımlanmasına neden olmuş ve bu konudaki kuşkuları önemli ölçüde gidermiştir. Örneğin 1972 yılında Turkana Gölü'nün batısında bulunan ER1470, 775 cm^3 beyin kapasitesine sahiptir. Bu kapasite *H. habilis*'den sonra yaşamış olan *H. erectus* türünün alt sınırı ile çakışmaktadır.

Yapısal özellikleri: *Homo habilis*, *A. africanus*'a genel hatları ile benzemekle birlikte bazı özellikleriyle de ondan ayrılır. Örneğin: 1. Beyin kapasitesi daha büyüktür, 2. Premolar ve molarlar daha küçüktür.

Bazı bilimadamları *H. habilis*'i ikiye bölmekte ve Rudolf Gölü'nün kıyılarından bulunmuş olan fosilleri *Homo rudolfensis* olarak tanımlamaktadır.

Gerek *Australopithecus* cinsinin tüm türleri, gerekse *Homo habilis* sadece Afrika kıtası ile sınırlı kalmışlar ve kuzeye, diğer kıtalara göç etmemişlerdir. Ancak *Homo erectus* kıtanın dışına çıkan ilk hominid türüdür.

özelliklerine dayanarak, *Austrolopithecus'*un dengeli olmasa da insan gibi dik yürüdüğü, başını dik tuttuğu varsayılmaktadır. Ayaklar ve bacaklar ilkel tiple insan arasında geçit özelliği gösteren birçok yapıyı taşımaktaydı. Tanganika'da *Australopit-*

Australopithecus türlerinin buluntu yerleri ve yaşadıkları zaman periyodu

1-*Australopithecus aferensis* [Hadar,Laetoli,Chemeron, Kanapoi, Lothagam, Omo (Usno formasyonu ve Shungura formasyonu B), Koobi Fora, West Turkana ve Middle Awash]; 3.75-3 milyon yıl

2-*Australopithecus africanus* [Taung, Sterkfontein ,Makapansgat, Omo (Shungura Formasyonu C ve D katmanı), Olduvai, ve Koobi Fora]; 3-2 milyon yıl]

3-*Australopithecus* (ya da *Paranthropus*) *robustus* [Kromdraai ve Swartkrans (Güney Afrika Cumhuriyeti)]; 2-1 milyon yıl.

4-*Austalopithecus* (ya da *Paranthropus*) *boisei* (Olduvai, Peninj, Chesowanja, West Turkana, Koobi Fora ve Omo); 2,5-1,2 ile 700 bin yıl.

5-*Australopithecus aethiopicus* (West Turkana, Omo); 2.5- 2.4 milyon yıl).

hecinae'lerin yaşadıkları bir bölgede karışık birçok fosil bulundu. Bunların bir kısmı *Australopithecus*'a çok benzemekle beraber bir kısmı da daha çok insana benziyordu. Bu insana benzeyen kalıntılara *Homo habilis* dendi (zamanımızdan 3 milyon yıl öncesinden bir milyon yıl öncesine kadar yaşamıştır). Fakat *Homo habilis* birçok araştırıcı tarafından hâlâ *Australopithecus*'un değişik bir ırkı olarak kabul edilmektedir. Örneğin beyin kapasitesi 680 cm^3'dir ve modern insanınkinden çok küçüktür. Ayakları insanınkine çok benzemekle beraber kas-kemik bağlantısı dengeli bir yürümeyi gerçekleştirecek kadar gelişmemişti. Diş yapısı *Australopithecus*'un varyasyon sınırı içine girmektedir. Eldeki bulgular *Australopithecus*'un ormanda değil, daha ziyade kurak yerlerde yaşadığını göstermektedir. Bu nedenle toprak üstü yaşama daha iyi uyum yapmıştır. Büyüklükleri bugünkü pigmeler kadardır.

Australopithecus aferensis'in yapısal özellikleri

A.aferensis'in kafatası yapısı anthropoyit (insans) maymunlara benzeyen birçok ilkel özellik gösterir. Bunlar: 1. Çok küçük bir endokraniyal kapasiteye (380-450 cm^3 arasında, ortalama 415 cm^3) sahip olması, 2. Mastoid çıkıntılar da dahil olmak üzere kafatasının yan kısımlarının bol miktarda hava boşluğu içermesi, 3. Çok hafif bir bazal fleksiyon gösteren kafatasına sahip olması, 4. Temporal ve nuchal crestlerinin iyi gelişmeşsi, 5. Nuchal düzlüğün daha yatay olması, 6. Özellikle burnun alt kısmında prognatizmanın bulunması, 7. Caninlerin (köpekdişlerinin) üzerindeki bölgede çok belirgin çıkıntıların bulunması, 8. Zygomatic kemiklerin daha küçük olması, 9. Palatin kemiğin dar ve daha sığ olması, 10. Maksilla dişlerinin yukarıya doğru belirgin bir eğim yapması, 11. Diestemanın (dişler arasındaki aralıkların) bulunması, 12. Üst kesicilerin göreceli olarak iri olması, 13. Mediyal kesicilerin laterallere oranla daha iri ve geniş olması, 14. Alt caninlerle ve premolarlar arasında çoğunluk diestemanın bulunması, 15. Çiğneme sisteminin gelişmiştir ve kuvvetli olması, 16.Yüzün ön kısmının ön dişlerin iriliğini yansıtması, 17. El ve ayak parmaklarının dorsele doğru bombeli olması, 18. Ayak parmaklarının göreceli olarak uzun olması (bu özellik ağaç yaşamını en azından bir miktar sürdürdüğünü gösterir).

İnsansı maymunlardan farklı olarak:

Bipedaldir (iki ayak üzerine yürür). Çünkü:

1. Foramen magnum öne doğru ilerlemiştir, 2. Ayak arkı oluşmuştur, 3.Hallux parmakları karşı karşıya gelme özelliği taşımaz, 4. Femurun distali ile tibianin proksimali arasında, vücut hareket halindeyken, ağırlık merkezinin vücut içinde kalmasını sağlamak için belirgin bir açı oluşmuştur, 5. Kalça kemeri kısalıp genişlemiştir ve iliumun kanatları yanlara ve arkaya doğru genişlemiştir (bu durum yürüme sırasında göğüs kafesinin kalça eklemleri üzerinde dengede durmasını sağlar).

Fosillerden anlaşıldığı kadarıyla erken Pleistosen'de, belki de daha önce, insan tipine benzer üyeler (ekstremiteler) gelişmiştir; bununla beraber beyin, oransal olarak daha küçüktür. Diğer bir anlatımla, üyelerin gelişmesi beynin gelişmesine öncülük etmiştir. Bu, primat evriminin bir özelliği olarak görülmektedir. Eosen'deki Lemur'ların üyeleri bugünkülerine benzemekle beraber, beyinleri daha küçüktü. İnsan evriminde, üyelerin gelişimini beyin hacminin ve karmaşıklığının artması izlemektedir.

*Australopithecinae'*nin yüksek primat sistematiğindeki yeri: Araştırıcıların büyük bir kısmı *Australopithecinae'*yi *Hominidae* familyası içerisine koymaktadır. Yukarıda açıkladığımız özelliklerinden dolayı *Pongidae'*den daha çok insansılara benzemektedir ve insan evrim hattında gelişme göstermiştir. Beyninin küçük olmasından dolayı, bazıları, maymunların içine konabileceğini savunmaktaysa da, özünde, daha sonra da göreceğimiz gibi modern insanın atası hiçbir zaman büyük beyinle özellik kazanmamıştır. Diş, kafatası, pelvis ve üye kemiklerinin yapısı bakımından *Hominidae'*nin ilkel grubunu (şimdiki ve soyu tükenmiş) oluşturduğu kuşkusuzdur (Şekil 23.4).

*Australopithecinae'*nin yaşadıkları yerlerde elle yapılmış kaba aletler bulunmuştur. Başparmakları diğer parmakların karşısına gelebiliyordu. Başka hayvanların boynuz ve kemiklerini silah olarak kullanabiliyorlardı. Bugün şempanzelerde de termit yuvalarına bazı kabukları sokarak avlama, sopa kullanma ve taş atma görülürse de *Australopithecus'*lar bunu çok daha bilinçli yapıyorlardı ve silahlarını sürekli geliştiriyorlardı.

23.3.7.1. *Robust (tıknaz) Australopithecinae Türleri*

Bunlar da karada (yeryüzünde) iki ayağı üzerinde yürüyorlardı; fakat yürürken bizden daha fazla sallandıkları gerçekti; foramen magnumu yine kafatasının altında idi, mastoid çıkıntısı iyi gelişmişti; kalça kemiği genişlemişti; ayak yapısı tipik olarak bugünkü insanlara benziyordu. *A. africanus* 35 kg. olmasına karşılık *A. robustus* 60 kg. kadardı. Her ikisinde de yüz hafifçe ileriye çıkıktı; fakat çene çıkıntıları yoktu, daha doğrusu çenenin ucundaki çıkıntı yoktu. Kaş kemeri o kadar kuvvetli değildi; dişlerin şekli insanınkine çok benziyordu. Kafatasının kapasitesi 450-700 cm^3 idi; bu rakam büyük maymunların kafatasının iç hacmi kadardı (gorilde 340-752 cm^3'dir); fakat bugünkü insanın kafa kapasitesinin çok altındaydı (modern insanda 1200-2000 cm^3'dür).

Öyle anlaşılıyor ki insanın üye, yüz ve diş oluşumu, beynin büyümesinden önce meydana gelmiştir. Fakat DARWIN ve devrinin bilim adamları 19. yüzyılda bunun aksini savundular. Çünkü İngiltere'de çakıl çukurları arasında bulunan *Eoanthropus,* Pleistosen'in başlangıcında, hemen hemen bugünkü insan beyninin kapasitesine sahip olmakla beraber, yüz ve çene yapısı bakımından maymuna daha yakındı. Fakat daha sonra yapılan özenli ve ayrıntılı çalışmalarda kafatasının geç Pleistosen'e ait olduğu gösterilmiş ve çene kemiklerinin de aynı zamanda yaşayan şempanzelere ait olmasından dolayı bu hatanın ve karıştırmanın meydana geldiği bulunmuştur. Dolayısıyla DARWIN ve arkadaşlarının görüşü geçerliliğini yitirmiştir.

A. africanus ve *A. robustus,* dişlerinin yapısı ve yaşam şekli bakımından farklıdır. *Robustus'*un dişleri daha büyüktür ve çene daha güçlüdür. Bitkilerle, kuvvetli köklerle, genç sürüngenlerle, çilek ve kiraz gibi meyvelerle beslendiği ileri sürülebilir. *A.africanus* biraz daha çevikti, omnivor olduğundan bitkilerin yanısıra böcek ve küçük hayvanları da yiyordu.

*A.robustus'*un alet yaptığına ilişkin elimizde herhangi bir kanıt yok, buna karşılık *A.africanus'*un yaşadığı yerlerde ilkel taş aletler bulunmuştur. Bu aletlerden, örneğin balta, bir taş parçasının bir tarafının yuvarlaklaştırılarak sivriltilmesinden ibarettir. Ola ki bunlar hayvanların öldürülmesinde ve daha ince taş tabakalarından yapılmış olanlar da deri yüzmede ve diğer silahların yapılmasında kullanılıyordu. Bu aletlerle, iliği alınmak için kırılmış kemiklere ve beyni alınmış delik kafataslarına çok rastlanmıştır.

Gerçekten *Australopithecus* fosilleri bulunduğu zaman, insan mı yoksa maymun mu olduğuna ilişkin kesin bir yorum yapılamadı. *A.robustus* bir yan dallanmaydı ve Pleistosen'in ortalarına doğru ortadan kalktı. İnsanın ise bir *A. africanus* devresi geçirdikten sonra bugünkü haline ulaştığı bir gerçektir. Gerçekte avcılık ve alet yapabilme yeteneği, ona bir üstünlük kazandırdı ve bu da beynin büyümesine neden oldu.

Büyük bir olasılıkla konuşma yeteneğini kazanmışlardır (CLARKE). Baboon ve kendi ırkından delinmiş kafataslarının bulunması belirli silahları kullandıklarını ve yamyam olduklarını kanıtlar.

Sonuncu soru: Acaba bu grup, *Homo sapiens'*in (daha doğrusu *Homo erectus'*un) atası mıdır? Ayrıntılı analizler bu grubun kesin insanın atası olduğunu kanıtlayamamıştır. Fakat birçok bakımdan bu varsayım geçerli görünmektedir. Yani *Australopithecinae*'ler insanlara geçittirler. Fakat bu gruptan birçok cins ve türün tanımlanması, gerçekte bu grubun Pliyosen'in sonunda yaygınlaşarak çeşitlendiğini ve ayrı ırklar halinde farklılaştığını; fakat aralarındaki kalıtsal bağlantının kesilmediğini göstermektedir. *Australopithecus africanus* büyük bir olasılıkla insanın atasını oluşturmuştur. Diğerleri yan gruplar halinde ortadan kalkmıştır. Burada örnek olarak *Australopithecus africanus'*tan farklılaşan bir tür verilmiştir.

Dik durması onlara ön üyeleriyle silahları kullanma olanağını vermekteydi. Çevrelerinde bulunan kertenkele, yılan, kuş ve memelileri avlıyorlardı. Keza kök, tohum ve meyve de yiyorlardı.

Tüm hayvanlarda beyin gelişimi ve öğrenim (bireyin yaşam süreci içerisinde) çok kısa sürmesine karşın, insanlarda öğrenim ölünceye kadar devam eder. Yaşlı bireylerini koruyan tek canlı insandır. Çünkü bilgi ve deneyimin diğer bireylere aktarılması bu yolla mümkün olmaktadır. Binlerce yıl süren bu etkili seçme, insan beyninin kapasitesinin de büyümesine neden olmuştur.

23.3.8. HOMO ERECTUS

Zamanımızdan 1.8 - 0.5 milyon yıl öncesine kadar yaşamıştır.

Buraya kadar, Miyosen ve Pliyosen'de insansı maymunların ve *Australopith-*

***Homo erectus*'un bulunuşu ve yapısal özellikleri**

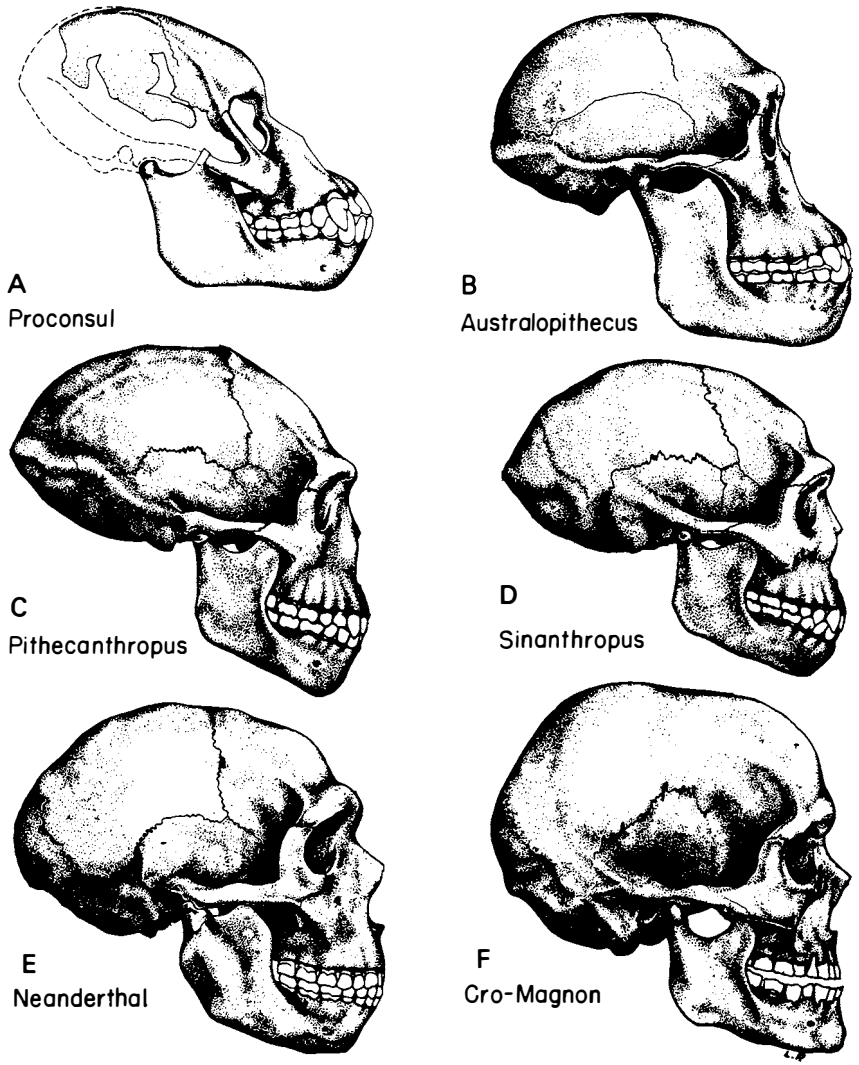
Yaklaşık 1.8-1.7 milyon yıl önce *H. habilis* adı verilen ilkel bir türün *H. erectus*'u oluşturduğu geniş ölçüde kabul edilir. Hemen hemen tüm bilimadamları *H. erectus*'un günümüz insan türlerine, geniş anlamda *H. sapiens*'e atasal kök oluşturduğunu ve yaklaşık 500-400 bin yıl önce yeryüzünden silindiğini kabul etmektedir.

Ancak burada sorulması gereken soru, ince kemikli, yüksek ve yuvarlak kafadamı ile yuvarlaklaşmiş kafa arkasına sahip bir form olan *H.erectus*'un; kalın kemikli, basık ve uzun kafatası ile kafa arkası belirgin bir açı sergileyen *H. sapiens*e nasıl dönüştüğüdür. Çünkü evrimsel gelişim çizgisinde *erectus*'tan bir önceki dönemde yaşamış olan *habilis* ince kafatası kemikleri ve bazı özellikleriyle *H.sapiens*'e benzemektedir. Bu durum, bazı bilimadamlarının *H. sapiens*'in doğrudan *H. habilis*'ten evrimleştiği ve *H. erectus*'un evrimsel bir yan dal olduğu görüşünü ileri sürmelerine neden olmuştur. Ancak *H. habilis* ve *H. sapiens* arasındaki bilinen tek tür *H. erectus*'tur. *H. erectus*, sadece biraz daha robust olmanın dışında modern özellikler gösteren bir vücut iskeletine ve hâlâ ilkel özellikler taşıyan bir kafatasına sahiptir. Yukarıda yazılan aykırılıklar göz ardı edilecek olursa, vücut yapısı, vücut işlevleri, diş yapısı ve kafatası büyüklüğü bir bütün olarak ele alındığı zaman, *H. erectus*'un, *H. sapiens*'in atası olduğu söylenebilir. İnsan evriminde lokomotor sistemi harekete geçiren uzuvlar ve diğer vücut kemikleri, kafatası ve beyne göre çok daha önce evrimleşmiştir. Bu da bize insan evriminin mozayik yapısını açıklar.

H. erectus daha önceki fosil formlara göre çok daha gelişmiş aletler yapmış ve yeni ekolojik ortamlara uyum sağlama yeteneğini kazanmıştır. Özellikle ateşi denetimli olarak kullanması, onun kuzeye göç etmesine olanak sağlamıştır. İnsanın Afrika'dan kuzeye ne zaman göç etmiş olabileceği konusunda çeşitli görüşler vardır. Son yıllarda Java ve Gürcistan'da 1 milyon 800 bin yıla tarihlenen *erectus* buluntu yerlerinin keşfi, daha önce 1 milyon yıl ile tarihlenen kuzey göçünün zamanı konusunda yeni tartışmalar açmıştır. Hatta bazı bilimadamları, *H. erectus*'un polifiletik kökenli olabileceğini ve Afrika ve Asya'da ayrı ayrı evrimleşmiş olabileceğini ileri sürmektedir.

H. erectus, 1 milyon yıllık bir zaman sürecinden fazla yaşamasına karşın gerek yapısal açıdan gerekse davranış açısından konservatiftir. Yaşadığı zaman sürecinde ne diş yapısında ne de geliştirdiği Acheulean alet kültüründe belirgin bir değişiklik olmamıştır.

ecinae'lerin kalıntılarını izleyerek insansılara, yani *Hominoidea*'ya kadar gelmiştik. Maymuna benzer görünüşlerinin yanısıra birçok insan özelliğini de taşıyorlardı. Özünde, adam olmakla insan olmak arasındaki küçük farkı ayırmak gerekir. İnsan belirli bir el becerisini yapabilmeyi vurgular (evrimsel açıdan). *Australopithecinae*'nin öncülerinin alet yapabildiklerine ilişkin açık bir kanıt yoktur. Belki kuramsal öncü bir *Australopithecus* alet yapmayı başarmıştı. Bu evre ilkin insanlık evresi olarak varsayılabilir. *Australopithecinae*'den itibaren, birçok fosil kalıntı, bunların alet kullanabilme ve yapabilmeyi başardıklarını ve yeterince zeki olduklarını gösterdiğinden, bundan sonraki dölleri *Hominidae* familyası içerisine yerleştirmekteyiz. Uzak Doğuda bulunan bu canlıların fosil kalıntılarının bulunuşu şu şekilde olmuştur. *Australopithecus*'ların bulunmasından çok önce, Alman HAECKEL bugünkü insanla maymunlar arasında gerçek bir bağlantının kayıp olduğunu iddia etmiştir. Bu geçişi, gerçekte bulunmayan ve sadece hayali bir isim ile birbirine bağlamayı denemiştir ve bu hayali yaratığa *''Pithecanthropus alalus''* demiştir. Bu hayvan, konuşamayan, insanla-maymun arasında bir varlıkmış. HAECKEL'in ortaya attığı fantazi Hollanda'lı EUGENE DUBOIS denen araştırıcının hayalini uyardı ve bu ilim adamı Java'da dikkatli bir araştırma



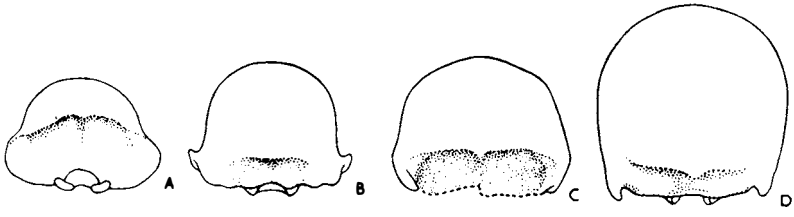
Şekil 23.25 : İnsan ve maymunların kafatasının karşılaştırılması A) *Proconsul* (Miyosen büyük maymunu), B) *Australopithecus* (güney Afrika insansı maymunu), C ve D) Java ve Çin'den ilkel insan tipleri, E) Neanderthaloid, F) Cro-Magnon (üst Paleolitik'teki modern insan) (Romer'den).

sonucu bir nehrin kenarında, 1891 yılında, *Pithecanthropus erectus* adı verilen insanla maymun arasındaki kaybolan bu bağlantıyı buldu. Bu kafatası çok ilkel bir adama ait olmakla beraber, alın, kaş, beyin hacminin küçüklüğü (Şekil 23.25) ve birçok özelliği bakımından da maymun benzeriydi. Bulunan uyluk kemiği de adım adım yürüyen bir insanınkinin aynıydı. Demek ki dik durma ve adım atma bugünkü durumuna ulaşmıştı. DUBOIS bu tipe "P i t h e c a n t h r o p u s e r e c t u s" ya da dik duran maymun-adam ismini verdi. Bu konuda çalışanların bir kısmı bunu dev bir gibbon olarak, bir kısmı da insan olarak kabul eder. Fakat maymunla insan arasındaki bağı oluşturması bakımından önemlidir. Beyin hacmi *P. erectus*'da 900 cm^3 idi. Bu, 500 cm^3'lük yaşayan maymun beyni ile, 1350 cm^3'lük insan beyni arasında ortalama bir

değerdir. Bugün 1000 cm^3 hatta daha küçük insan beyinleri mevcuttur. İkinci Dünya Savaşı sıralarında *Pithecanthropus* konusunda, Uzak Doğuda, birçok değerli fosil daha bulundu. Bu fosillere dayanılarak, bunların, daha sonraki ve günümüzdeki insanlardan cins düzeyinde farklılaşma göstermediği anlaşıldı ve *Pithecanthropus erectus, Homo erectus* olarak değiştirildi. 1936 yılında ve onu izleyen üç yıl içerisinde, Java'da, tam kafatası, dişler ve diğer fosil kalıntıları daha bulundu. Bunların arasında bulunan iki yaşındaki bir çocuğun kafatası, birçok bakımdan bir Avrupalı çocuğun (2 yaşında) kafatasına benziyordu. Yalnız eskisinin beyin hacmi 700 cm^3, zamanımızdakinin 1000 cm^3 kadardır. Kaş kemeri, bu yaştakinden beklenmeyecek kadar öne çıkık, alın geriye çekilmiştir (insan ve maymunlarda alın, bebeklikte, ileriye daha çok çıkıktır).

Orta Java'da 1941 yılında bulunan çene kemiğindeki dişlerin (3 diş) çok büyük olmasıyla *Homo erectus*'dan ayrılmaktaydı. Bu çenenin sahipleri *Meganthropus* denen bir cinse yerleştirilmekle beraber, daha sonraları *Australopithecus* ile *Homo erectus* arasında geçiş gösteren bölgesel bir varyasyon olduğu varsayıldı. Daha sonra bulunan *Telanthropus* cinsi de, bundan önceki *Australopithecus* ve *Homo erectus*'un varyasyon sınırları içerisine girmekteydi. Tüm bunlar aynı zamanda; fakat farklı bölgelerde yaşamaktaydılar.

1927 yılında Kanada'lı anatomist Prof. DAVIDSON BLACK'in denetimi altında, Pekin'in 60 km. güneybatısındaki Choukoutien köyünde yapılan kazıda bulunan fosiller, daha değişik yapılı, bugün dölü tükenmiş izlenimi veren bir insan türüne, *Sinanthropus*'a (400.000 - 200.000 yıl önce yaşamış) yani Çin adamına aitti. Daha sonraları bulunan yeterince fosil, gerçekte bunların *Homo erectus*'un bölgesel populasyonları olduğunu, Java adamının bundan 500.000 yıl önce (orta Pleistosen'in başları), Çin adamının da Pleistosen'in sonlarına doğru yaşadığını gösterdi. Bütün bunlar kendi aralarında alttür denecek kadar küçük özelliklerle birbirinden farklılaşmıştır. Çin'de bulunan kafataslarının beyin hacimleri 850-1300 cm^3 (ortalama 1075 cm^3). Java'dakilerin 775-900 cm^3 (ortalama 860 cm^3) arasında değişmektedir. Böylece Java'da bulunan maymun adam daha küçük beyinliydi ve bu açıdan daha ilkeldi. *Homo erectus*'un 1000 cm^3 beyin ortalaması, bugünkü modern insanın 1350 cm^3'lük beyin ortalamasından oldukça azdır. Boyları ortalama 150-160 cm.'den daha kısadır. Fakat bu iki değer (beyin ve boy uzunluğu) birbirinden farklı yürümektedir. Örneğin günümüzdeki Bushmanlar 150 cm.'den daha küçük olmakla beraber beyin kapasiteleri 1300 cm^3 kadardır. Beynin yapısını, kıvrımlarını ve lobların büyüklüğünü öğrenmek için yapılan girişimler tam başarıya ulaşmamıştır.



Şekil 23.26 : A) Şempanze, B) *Australopithecinae,* C) *Homo erectus* ve D) *Homo sapiens*'in kafatasının arkadan görünümü. Kafataslarının hepsi aynı plana göre yönlendirilmiştir (Clarke'dan).

Homo erectus'un kaş kemeri hâlâ goril ve şempanzelere yakınlık göstermektedir. Alın, yalnız Pekin insanında düzleşmeye başlamıştır. Diğerlerinde arkaya yatık ve basıktır. Kafatasının arka kısmı da (Şekil 23.26)'daki gibi gittikçe farklılaşmıştır. Burun, insansı maymunlardaki gibi geniş ve basık; çene kuvvetli, alt çene biraz geriye çekik; çene ucu çıkıntısı yok; boyun kuvvetli kaslı; dişler hâlâ ilkel özellikleri göstermekle beraber dizilimleri bugünkü insana yakınlık göstermektedir.

Kafatası, diş ve diğer özellikleri bakımından ilkel görünen bu bireyler, üye kemikleri bakımından daha hızlı bir gelişim göstererek modern insanın yapısını kazanmıştır.

Beyninin küçüklüğünden dolayı zeka düzeyinin düşük olduğu varsayılmakta; fakat kalıntılarının yanında işlenmiş kuvars aletlerin bulunuşu; belirli bir zeka ve beceri düzeyine de ulaştığını kanıtlamaktadır. Kömürleşmiş kemiklerin bulunması, ateşi kullandıklarını göstermektedir. Avcılıkla geçindikleri ve besinlerinin % 70'nin geyik ve buna benzer hayvanlar olduğu saptanmıştır. Çin adamlarının yaşadıkları yerlerde kendi ırktaşlarının delik kafataslarının bulunuşu, yamyamlıklarını gösterir. Bununla beraber daha ilkel sayılan Java adamlarında yamyamlığa rastlanmamıştır.

Sonuç: Pleistosen'in ortasında bulunan yanmış kemikler, ateşin kullanıldığını göstermektedir. Ateşi kullanmaları ve ham hayvan derisinden yapılmış elbiseler giymeleri, bu insanların buzul devrinde Avrupa ve Asya'da arta kalmalarına büyük ölçüde yardımcı olmuştur. Bulundukları yerleşme merkezlerinde ayı, at, hatta fil gibi büyük av hayvanlarına ait kemiklere rastlanmıştır. Bu gibi hayvanlar sıkıştırılarak, uçurumlara ya da bataklıklara sürülmek suretiyle öldürülmüştür. Böyle avcılıkla geçinen insan topluluklarına İspanya'da rastlanmıştır ve orada hayvanları sürmek için ateşin kullanıldığına ilişkin bazı kanıtlar vardır. Bütün bunlar bir arada yaşayabilen, aralarında iletişim (kominikasyon) olan, yaptıkları aletleri ve avlanma şekillerini, avlarının doğal yapısını ve mevsimlerin özelliklerini yavrularına öğretebilen bir zeki insan topluluğunu göstermektedir (*Prehistorik Devir*). Bundan sonraki modern insana geçişi anlamak bizim için daha kolay olmaktadır. Çünkü yeterince kanıt elde etmek olasıdır.

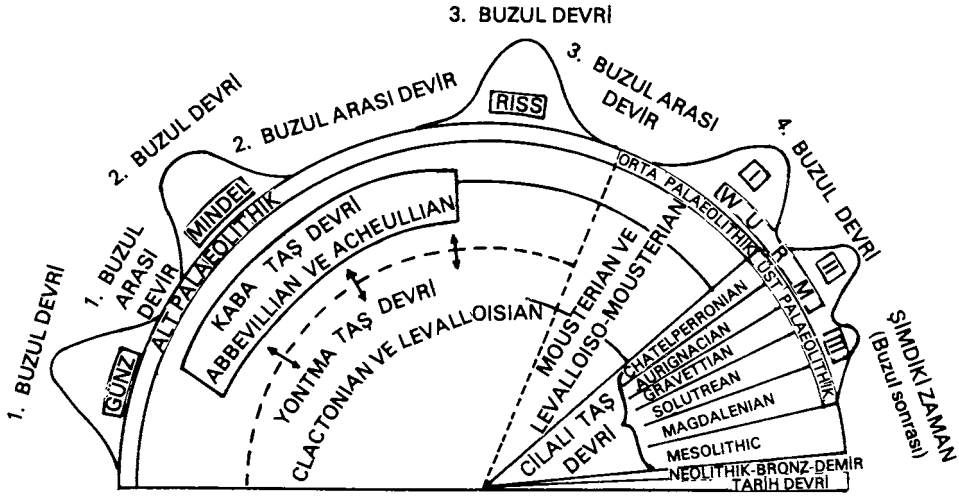
Ateşin bulunuşu ve kullanımı

İnsanoğlu ısınmak ve pişirmek için ateşi denetimli bir şekilde binlerce yıldan beri kullanmaktadır. Ateşin kullanılması, insanoğlunun Afrika'ya göre daha soğuk olan kuzey yarımkürede yayılmasına olanak sağlamıştır. En eski ateş kalıntıları, Afrika'da Koobi Fora ve Chesowanja'dan bulunmuştur ve yaklaşık 1.4-1.5 milyon yıl öncesine tarihlendirilmektedir. Ancak bu buluntu yerlerindeki pişmiş toprağın çeşitli doğal nedenlerle çıkan yangınlar sonucu da oluşabileceği düşünülmektedir.

Günümüzde denetimli olarak kullanılan en eski ateş izinin Zhoukoudian Mağarasın'dan geldiği tüm bilim çevrelerince kabul edilmektedir. Söz konusu ateş izleri, 400 bin yıl ile tarihlendirilmektedir. Bu buluntu yerinde yanmış taşlar, kemikler, kül tabakaları ve odun kömürü kalıntıları bulunmuştur.

23.3.9. PLEİSTOSEN PERİYODU VE HOMO SAPİENS'İN KÖKENİ

Gelişmiş teknik yöntemlerle ve yeterli fosil araştırmalarıyla Pleistosen'in bundan üç milyon yıl önce başladığı saptanmıştır. Fakat Pliyosen ile Pleistosen'in geçiş



Şekil 23.27 : Prehistorik devir. Buzul devirlerine ve kültürlere bağlı olarak kronolojik sıralama yapılmıştır (Brodrick'den).

zamanı hâlâ tartışmalıdır. Genel kabul, dünyanın birçok bölgesinde yavaş yavaş soğuk bir iklimin hüküm sürmeye başlaması ve buna paralel olarak da Pliyosen'de yaşayan memelilerin azalarak, zamanımızda yaşayan memelilerin ortaya çıkmasıdır.

Dünyada buzul devirlerinin başlamasına, güneş sisteminin kozmik toz bulutundan geçmesi ve dolayısıyla gelen ışınların zayıflaması ya da dünya eğiminin belirli periyotlarda değişmesi neden olarak gösterilmektedir. Soğuyan dünyada, sular, buz halinde ilk olarak yüksek dağlardan ve kutuplardan başlayarak, daha sonra ovalara dağılmak suretiyle karalar üzerine yığılmaya başlar ve denizlerin su düzeyi düşer (yaklaşık bugünkünden 185 m. daha düşük). Daha sonra havalar ısınarak buzullar erimeye başlar ve denizlerin seviyesi yükselir (bugünkünden 15 m. daha yüksek). Bu, bizim hâlâ buzul arası devire gittiğimizi göstermekte ve havaların daha ısınması beklenmektedir. Sular buz halinde karalara yığılınca, düşen su seviyesinden dolayı birçok kara parçası arasında bağlantılar oluşmuştur. Buzullardan kaçan birçok hayvan ve bitki değişik bölgelere göç etmiştir. Buzul devirleri Pleistosen süresince tekrarlanan olaylardır (Şekil 23.27). Süreleri ve etkinlikleri farklı olan dört ana buzul devrinin olduğu bilinmektedir. Her buzul devri, havaların ısınması yani buzul arası devirle birbirinden ayrılmaktadır. Buzul devirleri; buzul akıntılarının bıraktıkları yığıntılar (morenler) ve civarında yaşayan soğuğa uyum yapmış hayvan ve bitki kalıntıları ile izlenir. Memeliler, örneğin, mamutlar, tüylü gergedanlar, misk öküzleri, ren geyikleri, kutup fokları vs. bu devrin tipik hayvanlarındandır. Buzul arası devirlerde de sıcak ortamlara uyum yapmış hayvanlar ve bitkiler, örneğin suaygırı *(Hippopotamus)* ve düz dişli filler *(Elephas antiquus)* yaygınlaşır. Buz örtüsü kuzeybatı Avrupa'dan güneye ilerlerken soğuğu seven bitki ve hayvanlar da güneye; buzul arası devirde de sıcağı seven canlılar kuzeye göç etmiştir.

Pleistosen'de buzul ve buzul arası ritmik devreleri tanımlayabilmek için tarih öncesi (Prehistorik) insanların bıraktıkları fosil kalıntılara ve kullandıkları aletlere göre

göresel bir yaş çizelgesi kullanılmaktadır. Jeolojik sediman dizisine uygun bir yaş dizilimi görülür. Bu saptamalara göre ilk buzul devri bundan yaklaşık 600.000, ikincisi 500.000, üçüncüsü 250.000, dördüncüsü 70.000 yıl önce başlamıştır. Sonuncu buzul devrinin bundan yaklaşık 20.000 yıl önce sonlandığı varsayılmaktadır. Bununla beraber verilen bu tarihler çok kesin olarak kabul edilmemelidir.

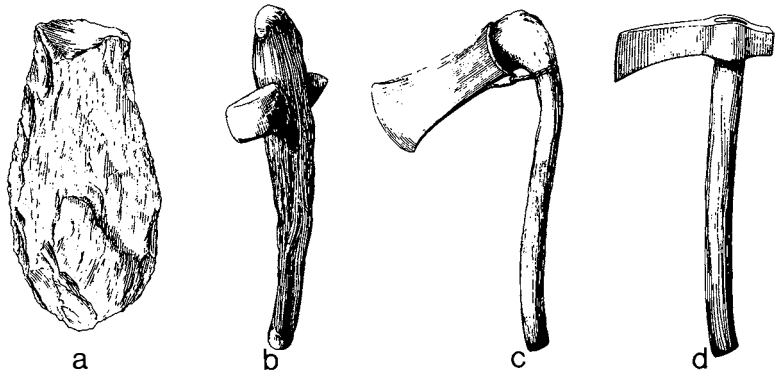
Doğal olarak Afrika'da buzullar oluşmamıştır. Yalnız yağmurlu ve kurak periyotlar birbirini izlemiştir. Bu periyotlar kuzeydeki buzul ve buzul arası devirlere paraleldir. Bu yaş saptamaları, dünyanın değişik bölgelerine yayılmış fosil kalıntılar arasında zaman eşdeğerliliğini saptamaya yarar.

İlk insan fosilleri oldukça nadir olmakla beraber, yaptıkları ve kullandıkları aletler daha çok bulunmaktadır. Biz fazla ayrıntıya girmeden bu konuda kısaca bilgi vermeye çalışacağız.

İlk Alet Kültürü

En eski alet Afrika'da Ethiopia'daki Hadar bölgesindeki Kadagona'dan bilinmektedir. Bu buluntunun tarihi klasik yöntemle 3.1 milyon yıla kadar inmekle birlikte, radiopotasyum tarihlendirme yöntemi ile 2.4- 2.5 milyon yıla konmaktadır. Zaire'de Sengo ve Lusso buluntu yerlerinden ele geçen aletler ise, Omo Nehri Vadisi'ndeki Shungura Formasyonun'dan bilinen ve iyi tarihlenen aletlerle, faunal korelasyon sonucu çağdaş bulunmuşlar ve 2.4-2.3 milyon yıllık bir zaman dilimine tarihlendirilmişlerdir. Olduvai ve Koobi Fora'da bulunan aletler çok iyi tarihendirilmiştir ve 2.0-1.6 milyon yıllık bir tarihe sahip olduklari anlaşılmıştır. Chemoigut (Chesowanja), Melka Kunture (Ethiopia), Mwimbi (Malawi), Swartkrans ve Sterkfontein (Güney Afrika) büyük bir olasılıkla Olduvai ve Koobi Fora ile çağdaştır. Özetle, Güney ve Doğu Afrika'da iki milyon yıl önce alet yapıldığına ilişkin son derece güven verici deliller vardır.

Bunun dışında Prof. RAYMOND DART Makapansgat'ta bulunan bazı hayvan kemiklerini alet olarak değerlendirmiş ve burada "Osteodontokeratic" kültür olduğunu ileri sürmüştür (kemik-diş-boynuz kültürü). Bu kültürün bulunduğu katman 2.5- 3 milyon yıla tarihlendiği için DART'ın bulduğu bu aletler, bilinen en eski aletler olmalıdır. Ancak bu buluntuların bir kültürden ziyade domuzlar tarafından yenmiş hayvan artıkları olduğu da ileriye sürülmektedir.

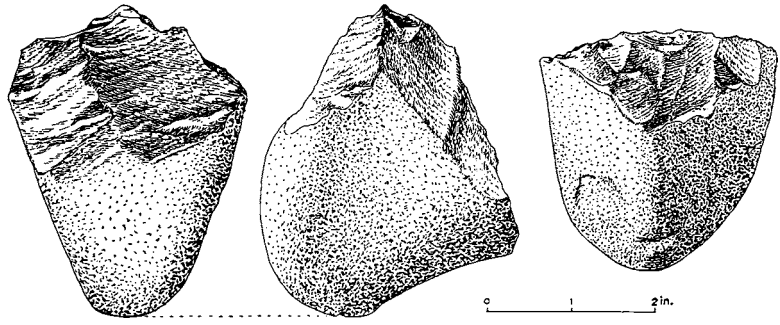


Şekil 23.28: El aletlerinde evrim. a) Kaba taş devri. El ile tutulan, kısmen yontulmuş bir taş (Kenya'da bulunmuş, Paleolitik devre ait), b) Cilalı taş devri. Odun saplı balta (İrlanda'da), c) Odun saplı bronz balta (Avustralya'da) ve d) Demir balta (Romanya'da) (Oakley'den).

Pliyosen sedimanlarında şimdiya kadar yapay bir alet veya araca rastlanmamıştır. Bilindiği kadarıyla ilk aletler Pleistosen'in erken evrelerindeki sedimanlarda bulunmuştur. Bu aletler yumru ya da levha şeklindeki kaba taş veya maden parçalarıydı. Kabaca yontulmuş ve bazen de bir sap takılmıştır **(Kaba Taş Devri)** (Şekil 23.28/a). Daha sonraları gelişen teknikle istenen amaca uygun aletler (delici, vurucu, oyucu vs.) yapılmaya başlanmıştır **(Yontma Taş Devri)** (Şekil 23.28/b). Bundan 7000 yıl öncesine kadar süren yontma taş devri **Paleolitik** ya da **Eski Taş Devri** olarak bilinir. Bu devrede yaşayan insanlara da **Paleolitik İnsan** denir. **Cilalı Taş Devri**'yle **Neolitik Devir** başlamıştır (Şekil 23.28/c ve d).

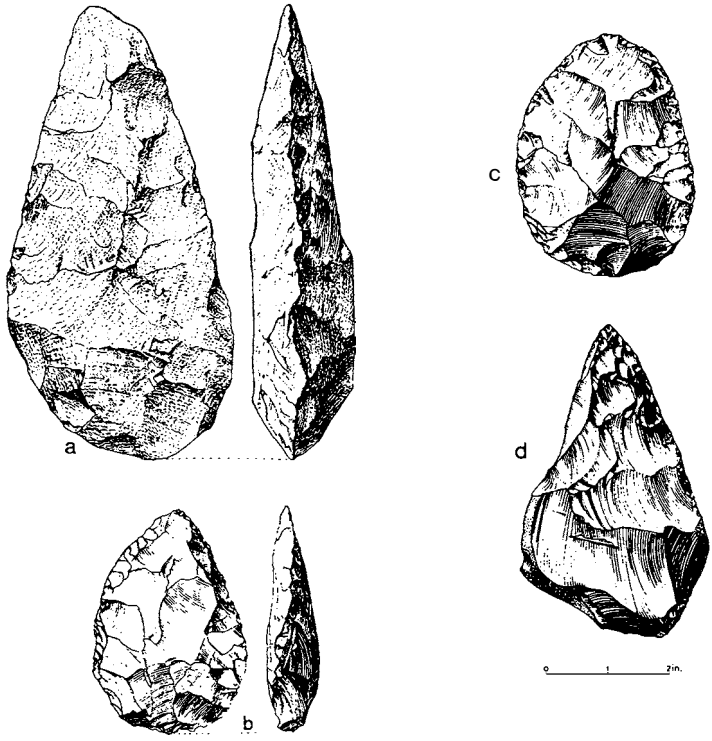
Paleolitik insanların farklı grupları, farklı zamanlarda, farklı yerlerde, değişik alet ve araç yapım tekniği geliştirmişlerdir. Bu aletlerin incelenmesiyle kültürel evrim ve onunla ilgili olarak Paleolitik insanın kısmen fiziksel yapısı arasında ilişki kurulabilir. Bu dizilerin incelenmesiyle zamansal bir düzenleme yapılabilir, buzul ve buzul arası devirlere göre durumları ortaya çıkarılabilir. Bu konuda ayrıntılı bir çalışma K.P. OAKLEY'in *"Man the Toolmaker"* kitabında verilmiştir.

Paleolitik endüstri, Pleistosen periyodunda, özellikle Avrupa'da ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Pleistosen'deki buzul ve buzul arası devirler gözönüne alınarak, bu kültürler ilk bulundukları yerlere göre isimlendirilmişlerdir.



Şekil 23.29 : Oldowai (Pre-Chellean) aletleri Tanganika'dan (500.000 yıl önce) (Oakley'den).

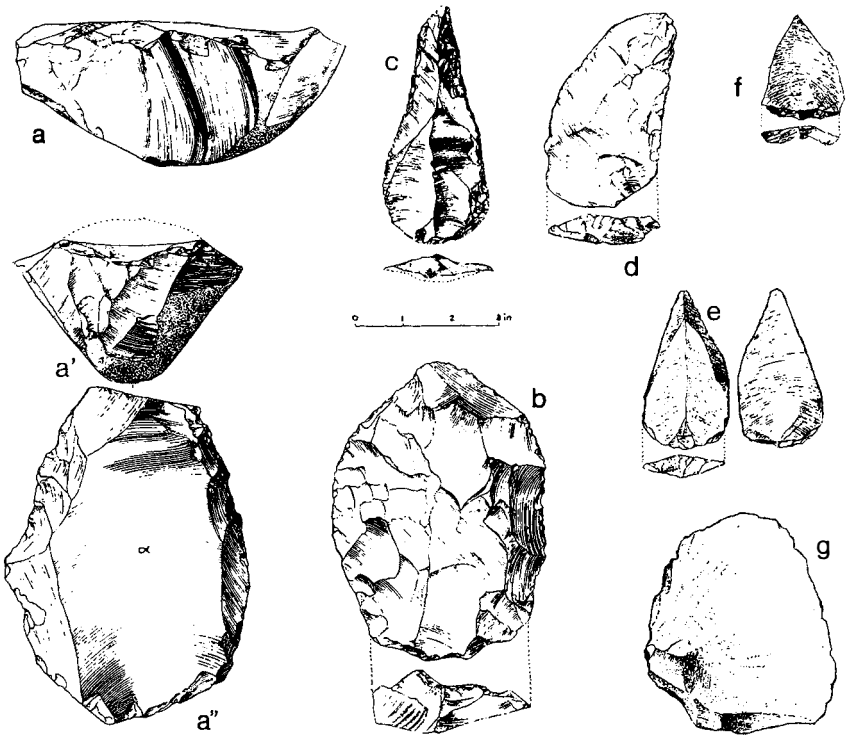
Daha önce de değindiğimiz gibi, *Australopithecinae* üyeleri kaba aletleri kullanabilme ve yapabilme yeteneğindeydi. Bu araçların ilk bulunduğu yer "Olduvai" daki sedimanlar olduğu için, bu kültür "Olduvai Endüstrisi" (3 milyon - 500.000 yıl önce) olarak bilinir. Birinci buzul devrine rastlar. Kaba taş ve benzeri aletleri içerir (Şekil 23.29). Daha sonra yine ilkel bir endüstri "Abbevillian (bazen *'Chellean'* olarak adlandırılır) Endüstrisi" ikinci buzul devrini ve buzul arası devri kapsayan bir endüstri devridir (500.000 - 100.000 yıl önce). Sapı olan balta ve benzeri araçları içerir. Bu devrin sonuna doğru aletlerin ağzı keskinleştirilmeye ve daha etkili şekiller almaya başlamıştır (Şekil 23.30). "Levalloisian (Şekil 23.31) ve Mousterian Endüstrileri (Şekil 23.32) üçüncü buzul devrini ve sonuncu, yani dördüncü buzul devrinin ilk evrelerini kapsar (100.000 - 35.000 yıl önce). Bu devirdeki araçlar çok daha zarif ve etkileyicidir. Özenle yapılmışlardır.



Şekil 23.30 : Acheulian aletleri (300.000 yıl önce) (Oakley'den).

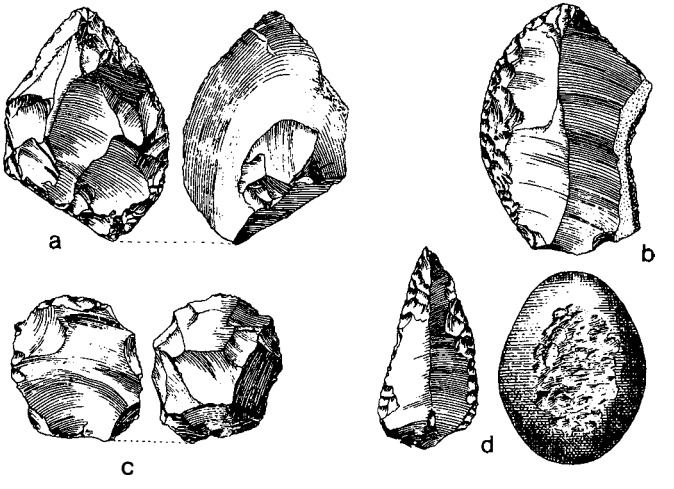
Mousterian devrinde ilk evlenme törenlerinin yapıldığı bilinmektedir. Sonuncu buzul devrinde çok gelişmiş "Aurignacian (30.000 - 20.000 yıl önce), Solutrean (Şekil 23.33) (26.000 yıl önce) ve Magdalenian Endüstrisi" (14.000 yıl önce) ve daha sonrakiler görülür. Bu devirde kemikten, taştan, boynuzdan ve fildişinden yapılmış çok ince alet ve aracın yanında boyna takılan ve diğer kişisel süs ve ziynet eşyaları görülür (Şekil 23.34). Oturdukları mağara ve kovukları süslemeyle (resim ve oyma olarak) sanatsal işlevler de başlamıştır (Şekil 23.35). Solutrean da ezmek ve delmek suretiyle ince süs eşyaları; Magdalenian'da ren geyiği boynuzuyla desteklenmiş ve süslenmiş taştan yapılmış balta, mızrak, kanca vs. görülmektedir (Şekil 23.36). Magdalenian kültürünün Aurignacian'dan köken aldığı varsayılmaktadır. Bu devirde mağaraların renkli hayvan resimleriyle süslendiği (Şekil 23.37) ve ayrıca etkin bir deniz avcılığının göstergesi sayılan zıpkınların geliştirildiği görülmektedir.

Heidelberg İnsanı: Pleistosen'deki kültürel gelişime kısaca göz attıktan sonra, bu kültürü geliştiren insanların durumunu irdelemeye çalışalım. Kafatası, beyin ve diş bakımından hâlâ ilkel özelliklerin bir kısmını gösteren ve *Homo sapiens*'in kökenini oluşturan bazı insansıların Java ve Çin'de yaşadıklarını gördük. Avrupa'da bunlara yaşça eşit ilk insan fosillerinin Heidelberg'de yaşadığı bilinmektedir. Bu kalıntılar *Homo heidelbergensis* = **Heidelberg İnsanı** olarak adlandırılmıştır. 1907'de kum

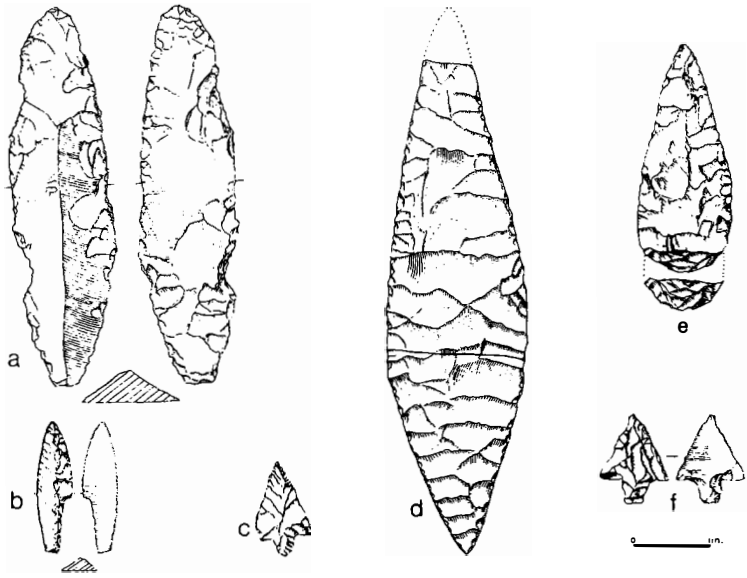


Şekil 23.31 : Levalloisian aletleri (100.000 - 35.000 yıl önce) (Oakley'den).

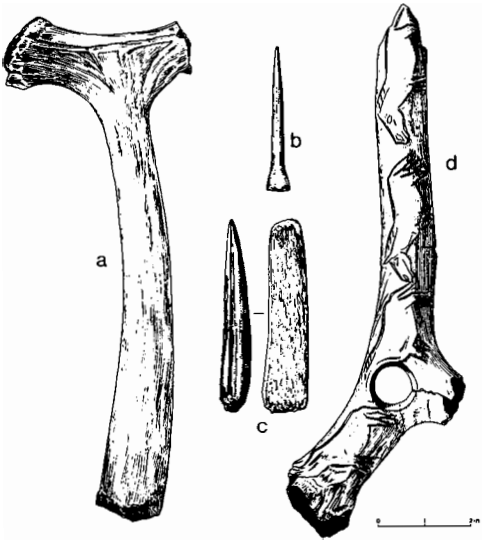
çukurunda bulunan bu fosillerin yanında gergedan *(Rhinoceros etruscus)*, fil *(Elephas antiquus)* ve Pleistosen'in ilk evreleri için özgün olan diğer memeli kalıntıları da bulunmuştur. Bu kalıntıların yaşı ilk buzul devrine denktir ve en azından 500.000 yıllıktır. Keza fosillerin yanında taştan yapılmış aletler de bulunmuştur.



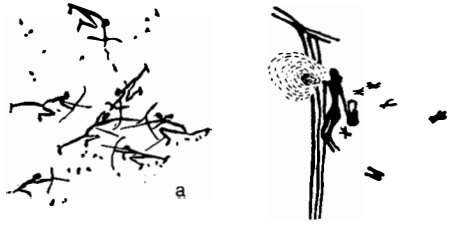
Şekil 23.32 : Mousterian aletleri (100.000 - 35.000 yıl önce) (Oakley'den).



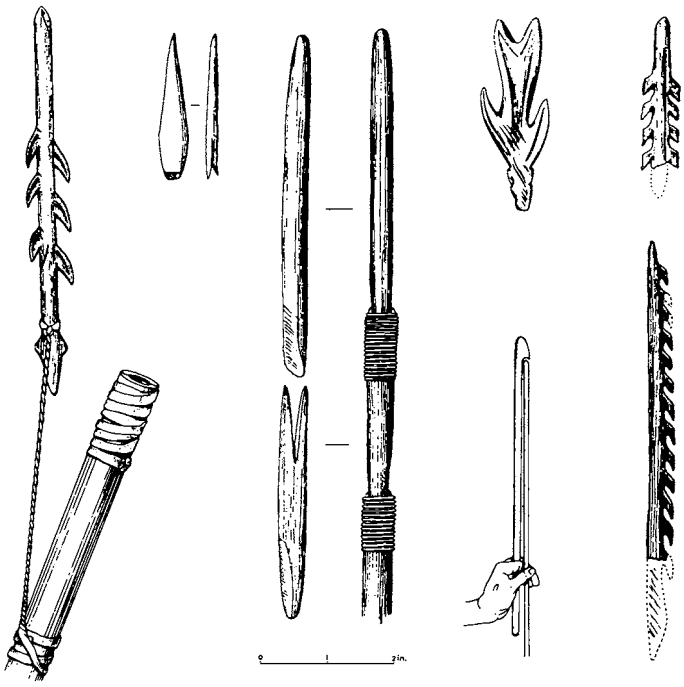
Şekil 23.33 : Geç Paleolitik'te taştan yapılmış silahlar (Solutrean Kültürü) (18.000 yıl önce) (Oakley'den).



Şekil 23.34 : Üst Paleolitik'te kemikten ve boynuzdan yapılmış aletler. a, c ve d) Magdalenian Kültürü (14.000 yıl önce), b) Aurignacoid Kültürü (30.000 - 20.000 yıl önce).



Şekil 23.35 : Doğu İspanya'daki kaya resimleri (Oakley'den).

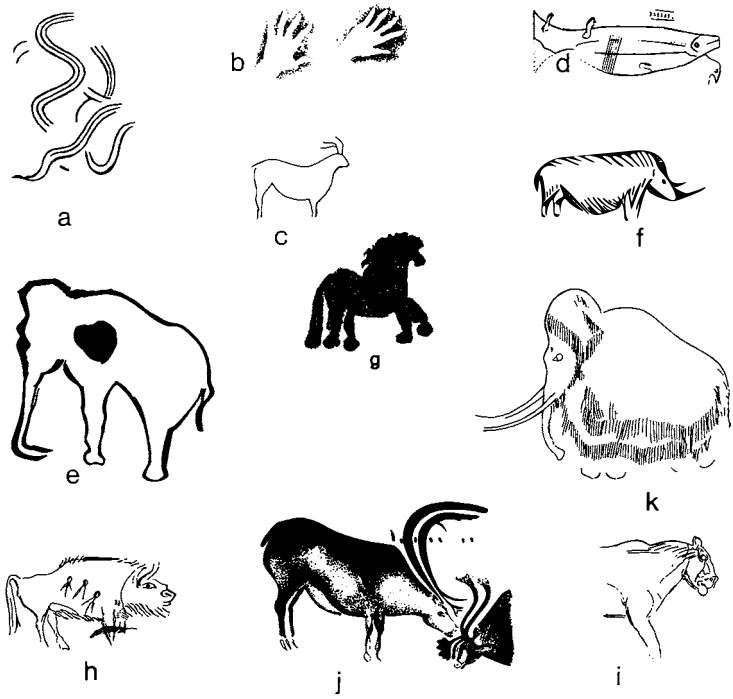


Şekil 23.36: Üst Paleolitik'te kemikten ve boynuzdan yapılmış silahlar (hepsi Magdalenian Kültürüne ait) (Oakley'den).

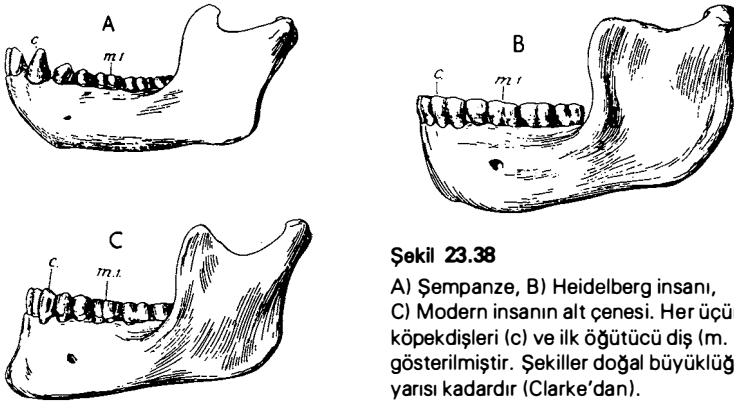
Bulunan fosillerin çene kemikleri kuvvetli yapıda ve çene ucu çıkıntısından yoksundur (Şekil 23.38). Bu sonuncu özellik biraz ilkel görünüşü yansıtır. Çenenin diğer yapısal özellikleri ilkel tipe ait olmasına karşın, dişler kural olarak bugünkü insanlarınkine benzer ve çenenin büyüklüğüne göre de oldukça küçüktür. Köpekdişleri çok büyük değildir. Üst çene güçlü ve kuvvetli kaslarla donatılmış; kaş kemeri çıkıktır. Daha sonra Cezayir'de *Australopithecinae* fosillerini içeren tabakaların üzerinde bulunan fosillerde *Homo erectus*'a benzeyen özellikler saptanmıştır. Bu fosiller Uzakdoğuda bulunanlara benzerlik göstermektedir. Fakat alınları daha yüksek yapıdadır. Olduvai devrinde bulunan bu fosillerin hepsi *Homo erectus*'a ait görünmektedir. Demek ki değinilen tüm bu fosil türler Pleistosen'in ortalarında Eskidünyaya yayılmıştı ve hepsi *Homo erectus*'a aitti.

Bunların en güzel örneği, doğu Afrika'da belirli bir zaman ve jeolojik sediman dizisi içerisinde alttan yukarıya doğru bulunan *Proconsul* (Miyosen), *Ramapithecus* (Pliyosen), *Australopithecus* (alt Pleistosen) ve insan benzeri *Homo erectus* (orta Pleistosen) dizisinin fosil kalıntılarının incelenmesidir. DARWIN'in de savunduğu gibi ilk insan evrimsel hattı gerçekte Afrika kıtasında oluşmuş olabilir.

Swanscombe İnsanı: İlk insanın geçiş kalıntılarından biri de İngiltere'deki Swanscombe taş çukurlarında bulunan kalıntılardı. Bu fosillerle beraber *Elephas antiquus, Rhinoceros* ve kırmızı geyik kalıntıları bulunmuştur. Keza yassı aletlerin



Şekil 23.37 : Üst Paleolitik'te mağara resimleri. a-c) Gravettian (ilkel evre) (26.000 yıl önce), d-f) Gravettian (gelişmiş evre), g-k) Magdalenian (Oakley'den).

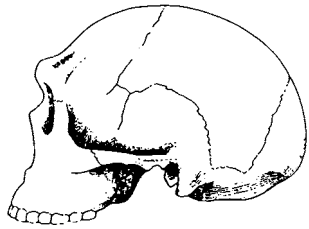


Şekil 23.38
A) Şempanze, B) Heidelberg insanı, C) Modern insanın alt çenesi. Her üçünde de köpekdişleri (c) ve ilk öğütücü diş (m. 1) gösterilmiştir. Şekiller doğal büyüklüğünün yarısı kadardır (Clarke'dan).

bulunması, bu insanların Acheulian devresinin ortasında yaşadıklarını ve bunun ikinci buzul devrinin sonlarına ve daha sonraki buzul arası devre denk olduğunu kanıtlar. Bu kalıntıların incelenmesinden beyin hacminin ortalama 1300 cm^3 olduğu ve diğer birçok özelliği bakımından da ilkel form *(Homo erectus)* ile insan *(Homo sapiens)* arasında geçiş gösterdiği saptanmıştır. Hatta kafatasının içinin incelenmesiyle, beyinin dış tabakasının kıvrımlarının oldukça geliştiği de ortaya konmuştur. Burnun hava sinusları gelişmiştir. Bu kalıntıların tüm özellikleri incelendiğinde

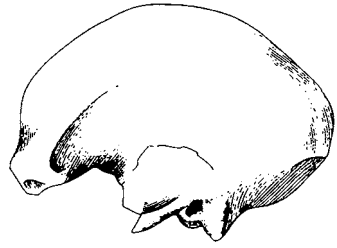
Acheulian tipinde (ya da erken Mousterian) olduğu ve anatomik bakımdan *Homo sapiens*'den büyük fark göstermediği görülür.

Steinheim İnsanı *(Homo steinheimensis)* (250.000 yıl önce): Daha sonra Swanscombe insanı gibi *Homo sapiens*'in kökeni olabilecek kalıntılar, 1933 yılında Almanya'nın Steinheim bölgesinde bulundu. İkinci veya üçüncü buzul arası devre ait olması muhtemeldir. Birçok ilkel özelliğinin (oldukça gelişmiş kaş kemeri ve kuvvetli üst çenesi ile) yanısıra birçok da gelişmiş özelliği (yuvarlaklaşmış kafatasının arkası, iskelet özellikleri vs.) taşır. Bu gelişmiş özellikleri bakımından *Homo erectus*'dan ziyade *Homo sapiens*'e benzer (Şekil 23.39). Beyin hacmi 1000 cm^3 kadardır. Yüz, iskelet ve kas bakımından bir geçiş formu izlenimini vermektedir.



Şekil 23.39 :

Steinheim kafatasının yandan görünüşü (250.000 yıl önce yaşamış).
Doğal büyüklüğünün 1/3'ü oranında (Clarke'dan).



Şekil 23.40 :

Ehringsdorf insanın kafatası (şekil normal büyüklüğünün 1/3' kadardır) (Clarke'dan).

Weimar İnsanı: Yine Almanya'da 1928 yılında Weimar civarında bulunan ve Steinhem *(Homo steinheimensis)* insanına benzeyen kalıntılar modern insana çok benzerlik göstermektedir. Bu kalıntılar Mousterian aletleriyle simgelenmiştir. Fauna ve flora kalıntıları sıcak iklime aittir. Kronolojik incelemede son buzul arası devrin ikinci yarısına ait oldukları saptanmıştır. İyi gelişmiş alnı, göz çukurunun oluşumu ve 1450 cm^3'lük beyin hacmiyle (Şekil 23.40) modern insana; kaş kemerinin çıkıntısı, alt çenenin kuvvetli yapısı ve diğer özellikleriyle, özellikle çene çıkıntısının oluşmamasıyla da ilkel forma benzer.

Son buzul devrinin sonlarına doğru yaşamış formların fosilleri Fonécheva'da (Fransa), Krapina ve Carmel'de (Filistin), güney Afrika'da bulunmuştur. Yaş ve gelişim bakımından hepsinin aynı olduğu saptanmıştır.

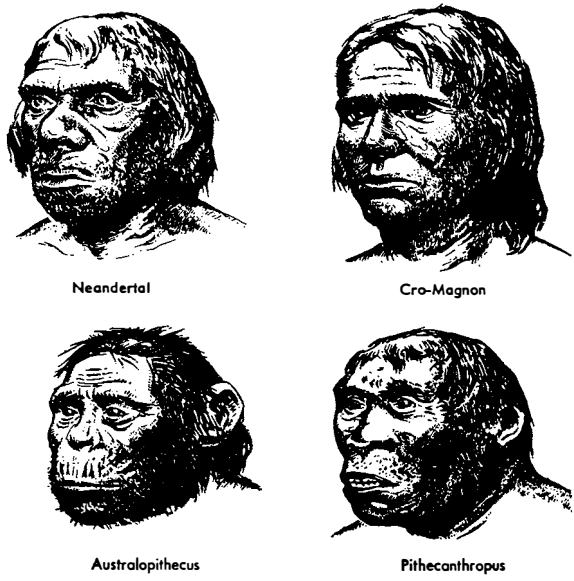
Tüm bu fosiller bölgesel olarak bazı yapısal farklılaşmalar göstermekle beraber, her birini farklı türler olarak adlandırma gibi bir eğilimin de (bir zamanlar yapıldığı gibi) hatalı olacağı fikri yaygındır. Çünkü tüm bunları *Homo sapiens*'ın bir varyasyonu olarak düşünmek daha aydınlatıcı olacaktır. Bu nedenle Acheulian ve erken Mousterian devrinde (ikinci ya da üçüncü buzul arası devirde) değindiğimiz fosil kalıntılar *Homo sapiens* özelliğine ulaşmıştır.

Önemli bir araştırma da doğu Afrika'daki büyük Riff vadisinde yapılmıştır. Fosil bulunamamakla beraber Avrupa'daki Acheulian zamanına denk Paleolitik insanların yaptıkları araçlar bulunmuştur. Orta Pleistosen'deki bu kalıntılardan anlaşıldığı kadarıyla göl kenarında kamp kurmuşlar, *Elephas antiquus, Hippopotamus gorgops* (acaip çıkık gözleri olan bir suaygırı), *Notochoerus* (dev bir domuz), *Sivantherium* (bir zürefa çeşidi) ve *Simopithecus* (dev bir baboon cinsi) gibi hayvanları avlamışlardır. Kafatası ve uzun kemiklerini kırarak beyin ve iliğini çıkarmışlardır. Yanmış kemik bulunmadığından dolayı ateşi kullanamadıkları zannedilmektedir.

Doğu Afrika'daki Paleolitik Acheulian devri Avrupa'dakine yaşıtsa, bu, binlerce yıl önce dahi Afrika'da bir ortak yaşama sisteminin (kommün) geliştiğini gösterir. Bu birlikler Afrika'dan dünyanın başka yerlerine dağılarak kültürlerini beraber götürmüş ve gittikleri yerlerde bağımsız gelişme göstermiş olabilirler.

23.3.10. NEANDERTAL İNSAN *(Homo neanderthalensis* veya *Homo sapiens neanderthalensis)* (Şekil 23.41) (100.000 - 35.000 yıl önce yaşamış)

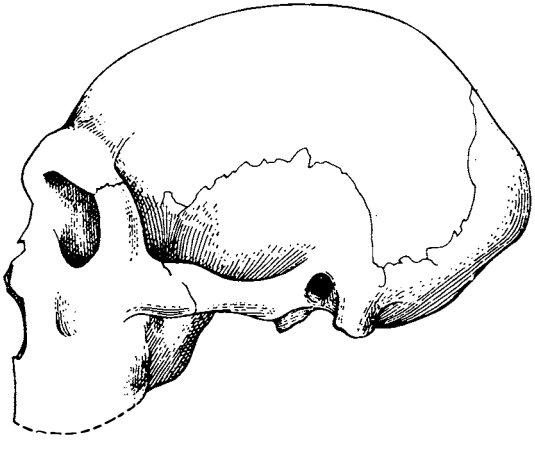
Son buzul devri sırasında, Paleolitik kültürün Mousterian evresinde, Avrupa'da, modern insana çok benzeyen bir tip yaşamıştır. İlk defa Almanya'da



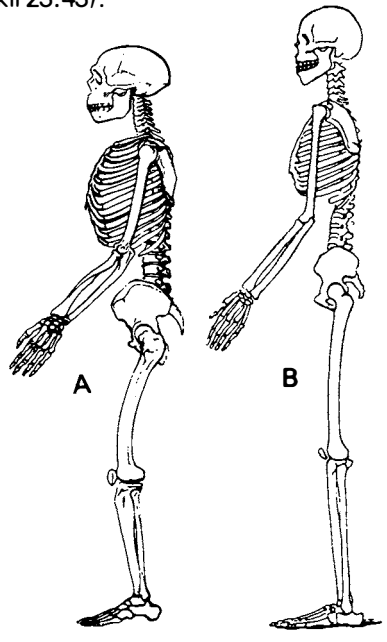
Şekil 23.41 : Afrika'daki maymun adam *(Australopithecus)* ve Önasya'daki ilk insanların kuramsal yüz şekilleri (Colbert'dan).

Düsseldorf civarındaki Neandertal vadisinde bir mağarada bulunduğu için bu isim verilmiştir. Bu tip, *Homo neanderthalensis* olarak adlandırılmakla beraber, bazen *Homo mousteriensis* ya da *Homo sapiens neanderthalensis* olarak da isimlendirilir. Çünkü iskeletlerinin civarında bulunan aletler Mousterian endüstrisine aittir. Kaş çıkıntısının kuvvetlice gelişmesi, arkaya yatık alnı, kafatasının üst kısmının yassılaş-

ması ile ilkel tipe benzer (Şekil 23.25). Keza daha sonra (1848) Gibraltar'da bir mağarada bulunan fosiller çenelerinin güçlü, burunlarının çok geniş ve göz çevrelerinin büyük olduğunu göstermiştir. 1886'da Belçika'nın Namur bölgesinde bulunan fosillerin yanında mamut ve tüylü gergedanların oluşu, son buzul devrini simgeler. Bunların çene ucu çıkıntısı (menton) yoktur. 1908'de Fransa'nın Chalpelle-aux-Saints bölgesindeki bir mağarada oldukça tam olan iskeletler; tüylü gergedan, bizon, ren geyiği, diğer memelilerin yanmış kemik parçaları ve keza Mousterian devrinin araçları bulunmuştur. Ayrıca Avrupa, İzlanda, İtalya, Filistin, Güney Rusya, Sibirya ve Kuzey Afrika'da yine birçok fosil bulunmuştur. Tüm bu fosiller, aralarında bölgesel bazı farklılıklar olmakla beraber, *Neanderthal* grubun dünyada çok geniş bir alana yayıldığını ve her zaman, *Homo sapiens sapiens*'den kesin farklılıkları olduğunu göstermiştir. *Homo erectus* ile *Homo sapiens* arasında kesin sınır olmamakla beraber, *Homo neanderthalensis* ile *Homo sapiens* arasında çok belirgin farklar vardır (Şekil 23.25). *Homo neanderthalensis*'in (Şekil 23.42) kafatası büyük ve duvarları kalın; kaş kemeri iri, göz çevresi kemikleri kalın, alnı kısa ve arkaya yatık, başı üstten basık, arka tepenin çıkıntısı boyun kaslarının bağlanması için iyi gelişmiş, burnu büyük, üst çenesi kuvvetli ve güçlü kaslarla donatılmış, büyük sinus kesecikleri var; foramen magnumu (başın omuriliğe karşı gelen deliği) *Homo sapiens*'e göre kafatasının daha arkasında, alt çenesi geriye çekilmiş, dişleri oldukça büyük, molar dişleri köklere kadar uzanmış büyük pulp boşluklarına sahiptir (taurodontism). *Homo sapiens*'de baş daha yuvarlak, kaş kemeri küçük, alt çene ileriye çıkık ve kafatası omurilik üzerine daha arkada ve daha dengeli oturmuştur (Şekil 23.43).



Şekil 23.42:
Neanderthal (İtalya'da bulunmuş) insanın kafatasının yandan görünüşü. Yaklaşık doğal büyüklüğünün 1/3'ü kadar (Clarke'dan).

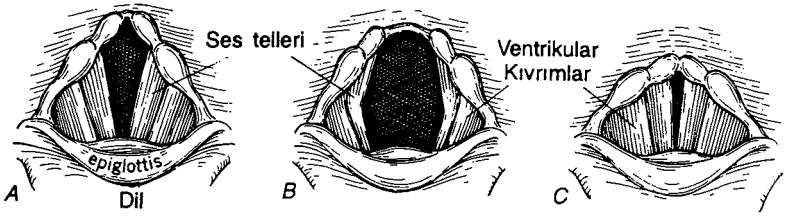


Şekil 23.43:
A) Neanderthal ve B) Modern insanın iskeletlerinin karşılaştırılması (Clarke'dan).

Neanderthal insanın boyun omurlarının çıkıntıları boyun kaslarının bağlanması için çok daha uzundur; üye kemikleri, özellikle uyluk kemikleri bükük (bazılarına göre bu büküklük bakımından fark yoktur); el ve ayakları daha büyüktür. Boyu, erkek 150 - 160, dişi 130 - 140 cm.; kolları oransal olarak daha uzun ve vücudu kuvvetli yapıdadır. Hayvan derileriyle vücudunu kısmen örtmüş ve ateşi kullanmıştır. Besin depoladığına ilişkin kanıt yoktur. Obur olduğu ve uzun zaman açlığa dayandığı zannedilmektedir.

İlk bakışta bu özellikleri bakımından, *Homo sapiens*'den ziyade insansı maymunlara benzer. Bazılarına göre insanlar böyle bir evre geçirmişlerdi *(Homo primigenius* olarak). Fakat elde edilen kanıtlara bakılırsa Mousterian devrinin ilk evrelerinde hem *Homo sapiens* hem *Homo neanderthalensis* oluşmuştu. Aralarındaki yapı farkları Homo neanderthalensis'in insanın atası veya geçiş formu olmadığı, *Homo erectus*'dan erken evrelerde ayrılmış bir hat olduğu varsayımını güçlendirmektedir. Nitekim köken aldığı insansı maymunların özelliklerinin bir kısmı bu grupta güçlenerek gelişmiştir. Örneğin dişdeki pulp boşluğu ve kaş çıkıntısı gibi. Nitekim Mousterian devrinin ilk evrelerindeki kalıntıları *Homo sapiens*'e daha çok benzemektedir. İlerleyen zamanla aralarındaki bu farklılık fazlalaşmıştır.

Mousterian devrinin sonlarına doğru ve daha sonra bulunan fosiller bu iki tür arasında herhangi bir geçişin olmadığını göstermektedir. Büyük bir olasılıkla dördüncü buzul devrinin sonlarına doğru *Homo neanderthalensis,* doğudan gelen gelişmiş *Homo sapiens* tarafından ortadan kaldırılmıştır. Dilci PHILIP LIEBERMAN ve anatomist EDMUND CRELIN'in yaptıkları çalışmalarda, *Neanderthal* insanın konuşma için gerekli olan sesli harfleri çıkaracak gırtlak yapısına sahip olmadığı bulunmuş, bu nedenle bir konuşma dilini geliştiremediği, dolayısıyla doğudan gelen diğer ırklara dayanamayarak ortadan kalktığı varsayılmıştır (Şekil 23.44). Tam yetkin bir konuşmanın Cro-Magnon insanında ortaya çıktığı varsayılmaktadır. Daha önceki insan türlerinde ve ırklarında da belirli kademelerde gelişmiş bir konuşma yeteneği olduğu kuşkusuzdur. Rodezya insanının gırtlağı vokal sesleri çıkarma ve modüle etme bakımından ilkel primatlarla insanlar arasında bir geçiş oluşturmaktadır.



Şekil 23.44 : İnsan larinksi ve ses şeritlerinin (tellerinin) hareketi. A) Normal nefes almada, B) Derin nefes almada ve C) Yüksek perdeden şarkı söylenirken dilin arkasında görünen ses telleri (Storer'den).

Gerek morfolojik, gerekse anatomik yapılarının incelenmesi ve istatistiksel olarak değerlendirilmesi her ikisinin ayrı türler olarak değerlendirilmesini gerektirmektedir. Mount Carmel ve Krapina mağaralarında bulunan kalıntılar bazı özellikleriyle

*Homo sapiens'*e bazı özellikleriyle *Homo neanderthalensis'*e benzemektedir. Büyük bir olasılıkla *Homo sapiens, Homo neanderthalensis* tam farklılaşmadan bu bölgeye gelmiş ve onunla karışarak gen akımını kesmemiştir. Bu nedenle bazı genlerini bugün taşıdığımız söylenebilir. Diğer bölgelerdekiler yalıtım nedeniyle farklı gelişimlerine devam etmiştirler.

Ölümden sonra bir yaşamın olduğuna ilk inananların da *neanderthal'*ler olduğu kabul edilmektedir. Çünkü ölülerini mezarlarına ikinci yaşam için kullanabileceği alet-





Şekil 23.45 :

Rodezya insanının kafatası.
A) Önden ve B) Yandan.
Şekiller normal büyüklüğünün yarısından biraz küçüktür (Clarke'dan).

lerle birlikte gömdükleri bilinmektedir. Ölümle ilgili bazı törelerin ve merasimlerin ilk bu devirde başladığı varsayılmaktadır (yaklaşık 40.000 - 35.000 yıl önce).

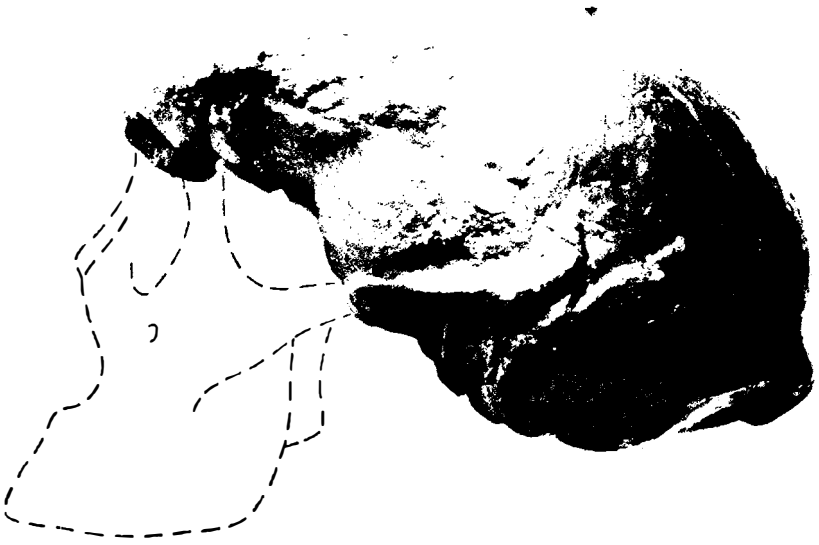
Neanderthal insanın beyin şekli ve büyüklüğü çalışılmıştır. Şekil olarak ilkel yapı göstermekle beraber, büyüklük olarak (1450 cm^3) modern insan beyninin büyüklüğü ile çakışmaktadır (1350 cm^3). Yaptıkları aletler incelendiğinde, *Homo neanderthalensis* daha büyük beyne sahip olmakla beraber, *Homo sapiens*'den daha yeteneksiz görülmektedir. Bu da ikisinin ayrı kol olduğunu kanıtlamaktadır.

Sonuç: Beyin büyüklüğü bakımından geniş bir varyasyon gösteren ilk *Homo erectus*'lardan bir kol yukarıda özellikleri belirtilmiş (çıkık alın, büyük çene, büyük pulp boşluğu, büyük azıdişi, eğik ve kalın üye vs.) neandertal tipi, diğeri ise insansı özelliklere yönelmiş *Homo sapiens*'i meydana getirmiştir.

23.3.11. AFRİKA VE ASYA'DAKİ NEANDERTHALOİD'LER

Neanderthaloid görünüşlü insanlar sadece Avrupa'ya değil, dünyanın birçok bölgesine yayılmış ve ola ki, Avrupa'dakilerden daha uzun süre yaşamlarını sürdürmüşlerdir.

Rodezya İnsanı: 1921'de Rodezya'daki bir mağarada bulunan fosil kalıntıların, yanındaki aletlerin ve kemiklerin incelenmesiyle bunların yapısal olarak kısmen Neanderthal insana benzediği; fakat kaş kemerinin yapısı, çene ve kafatasının bağlanma yerlerinin ve diğer yapılarından bazılarının daha değişik gelişmesiyle de farklılık gösterdiği görülmüştür (Şekil 23.45). Beyin hacminin 1300 cm^3'den daha az olduğu



Şekil 23.46: Java (Ngandong)'da bulunan *Homo soloensis*'e ait kafatası (şekil yaklaşık normal büyüklüğünün yarısı kadardır) (Clarke'dan).

tahmin edilmektedir. Kafatasındaki bu farklılıklara karşın üye kemikleri *Homo sapiens*'e benzer. Bu kemiklerin spektrografik analizlerinde kafataslarının ve üye kemiklerinin aynı veya zamandaş bireylere ait olduğu da gösterilmiştir. Bu farklılıklardan dolayı bunlar ayrı bir tür, *Homo rhodesiensis* olarak tanımlanmıştır (100.000 - 50.000 yıl önce yaşamış). Bu kalıntılardaki diş sayısı, bugün yaşayan insanlarda anormallik olarak bilinir. Yaşları konusunda çok kesin bilgimiz olmamakla beraber *Neandertal*'lere zamandaş olduğu zannedilmektedir.

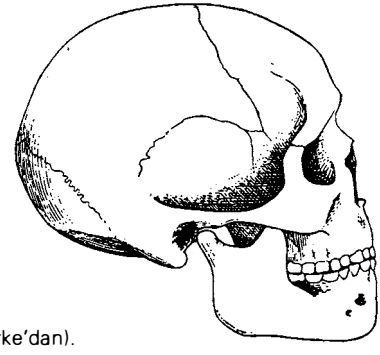
Solo İnsanı: 1931 ve 1932 yıllarında Java'daki sedimanlarda Rodezya insanına benzer kalıntılar bulunmuştur. Kafatasının özellikleri, beynin büyüklüğü (1150 - 1300 cm^3) ve üye kemiklerinin yapılışı bakımından *Homo sapiens*'e büyük benzerlik gösterir (Şekil 23.46). Gösterdiği değişikliklerden dolayı da *Homo soloensis* (Solo denen yerde bulunduğu için) adı verilmiştir.

Eldeki kanıtların değerlendirilmesiyle Rodezya ve Solo İnsanlarının benzer olduğu ve büyük bir olasılıkla *Neanderthal* bir kökten geldikleri varsayılmıştır. Avrupa'daki evrimleşmiş *Neanderthal* insanlar gibi ortadan kalkmışlardır. Herhalde evrimsel gelişimleri ve farklılaşmaları o denli ilerlemiştir ki bugünkü insanlara köken oluşturacak kol ile çiftleşme olanağını ve dolayısıyla gen akışını yitirmiş ve sonuçta onların savaşım gücüne dayanamayarak ortadan kalkmıştır.

23.3.12. HOMO SAPİENS SAPİENS (geç Palaeolitik zamanda) (45.000 yıldan beri yaşamakta)

Bu modern alttür bundan aşağı yukarı 40.000 yıl, belki biraz daha önceleri evrimleşmiştir. *Neanderthal* insanla karşılaştırıldığında daha dik duran (Şekil 23.43), çenesi öne çıkık, kaş kemeri zayıflamış, çeneler zayıflamış ve kısalmış, kraniyumu yuvarlaklaşmış (Şekil 23.25), bacakları uzamış ve kolları kısalmıştır.

Bir ırk, yani Cro-Magnonlar, büyük bir olasılıkla 25.000 yıl önce, Paleolitik kültürün Mousterian devri sonunda, Asya'dan batıya göç ederek, *Neanderthal* insanların yerini almıştır. Doğuda herhangi bir yerde Aurignacian kültürünü geliştirerek batıya göç etmiş ve sosyal organizasyonlarının gelişmişliğinden dolayı da baskın duruma geçmişlerdir. Aurignacian kültürü taşıyan bu insanların kalıntıları ilk defa güney Fransa'daki Cro-Magnon'da bulunmuştur (Şekil 23.47). Sanatsal yönleri çok



Şekil 23.47:

Cro-Magnon insanının Combe-Capelle'de (Aurignacian zamanında bulunmuş) kafatasının yandan görünüşü (Clarke'dan).

gelişmiştir (Şekil 23.34). Fransa ve İspanya'daki mağaraları renkli hayvan resimleriyle süslemişlerdir (Şekil 23.35 ve 37). Bu resimlerin çoğu mamut, tüylü gergedan, bizon, ren geyiği ve atlara aittir.

Grimaldi'deki mağaralarda bulunan Aurignacian kültürüne ait iskelet kalıntıları, özellikle çene çıkıntıları zencilerinkine yakınlık göstermektedir. Bunların Afrika'dan Avrupa'ya göç ettiği zannedilmektedir(!). Nitekim boyadıkları mağara duvarları, bugünkü Buşman süslerine çok benzemektedir. Bununla beraber birçok ilim adamı tarafından Cro-Magnonların bir kolu olarak kabul edilmektedir.

Aurignacian kültürünü takiben Avrupa'da kısa süren Solutrean kültürü gelişmiştir (Şekil 23.33). Daha sonra Magdalenian kültürü gelmiş ve aşağı yukarı bundan 10.000 yıl önce sonlanmıştır (Şekil 23.34, 36 ve 37). Magdalenian kültürü sırasında Avrupa'da havalar soğumuş, bu nedenle ren geyikleri güneye doğru inmiştir. Eskimoya benzeyen insanlar da onları izleyerek güneye inmişlerdir. Nitekim güneyde bulunan fosillerin bir kısmı bu devirde Eskimoid özellikler göstermektedir (burnun darlığı, yanakların genişliği, alt çenenin yapısı vs.). Buzulların tekrar kuzeye çekilmesiyle, Eskimolar da geri çekilmiştir.

Bu alttürün bazı ırkları 16.000 yıl önce oluşmuş kara köprüsüyle Asya'dan Avustralya'ya göç etmiştir. 1788 yılında İngiliz'ler burayı işgal edinceye kadar yalıtılmış durumda kalmışlardır. Avustralya yerlilerinin bulundukları zamanki kültür düzeyleri *Homo sapiens sapiens*'in oluştuğu devrelerdeki gibiydi. Tasaday keşfedildiğinde yalnız 28 kişiden oluşmuş bir topluluk bulunmuştur. Yıllarca bu sayının hemen hemen sabit kaldığı zannedilmektedir. Çağdaş tıp girdikten dört yıl sonra üç doğum olmuş ve ölüm meydana gelmemişti. Sonuçta 31 kişi olmuşlardır. Her dört yılda % 10'luk bir artış sağlanmış olsaydı bir zaman sonra yaşayış ve toplumlarının yapısı değişecekti. Birçok medeni olanaklardan yoksun olmalarına karşın, fikir ayrılığı olmayan çok mutlu bir toplum oluşturdukları görülmüştür.

Amerika, kuzey Asya'da oluşan Bering köprüsü üzerinden Alaska'ya geçen insanlar tarafından işgal edilmiştir. Eldeki kanıtlar bu geçişin 50.000 yıl önce olduğunu göstermektedir (daha önceki tahminler 6.000 yıldan eski değildi).

Onbin yıl önce insanın kültürel düzeyini hızlandıran çok önemli gelişmeler ortaya çıktı. Tahıl ziraatı ve hayvanları evcilleştirme başladı. İşe yarayabilecek bitki ve hayvanların seçimi yapılmaya, gerek duyulan besinler bu yolla sağlanmaya başlandı ve dolayısıyla toprağa bağlanma ve koloni kurma ortaya çıktı. Ev yapma ve kommünite yaşamı gerçekleşince; göçler (varsa) kısa süreli olmaya başladı.

Avustralyalı yerliler kök, yaprak, meyve ve küçük hayvanlarla beslenerek göçebe yaşamlarını sürdürdükleri için köklü bir medeniyet kuramadılar. Kuzey Amerika yerlileri, Avrupalılar köklerini kazıyıncıya kadar, bufalo sürülerini izlediler. Bugün Afrika ve Amerika'da hâlâ bu şekilde yaşayan birçok kabile (aşiret) mevcuttur. Toprağa bağlanma şehirleşmeyi, şehirleşme teknolojik gelişmeleri getirmiştir. Sonuçta populasyon artması, iyi beslenme ve en önemlisi iletişim ve bilgi aktarımında patlarcasına gelişmeler ortaya çıkmıştır.

Beş ile onbin yıl önce bazı toplumlar göztaşını (bakır sülfat) ısıtarak zehirli sarı bir duman ile beraber bakırı elde ettiler. Bu yumuşak metal, alet, kap ve süs eşyalarının yapımında başarıyla kullanılabiliyordu (Şekil 23.28). Kesici aletler bu metal ile yapılmamıştır **(Bakır Devri).**

Milattan yaklaşık 3800 yıl önce Çin'de bakıra % 15 kalay eklenerek bronz yapıldı **(Bronz Devri)**. Bu alaşım çok daha sert olduğu için kesici aletlerin yapımında kullanıldı. Çok yakın zamanlara kadar bu alaşım birçok amaç için kullanılmıştır. Milattan 2500 yıl önce Mısır'da piramitler içerisinde bronz kaplar ve aletler bulunmuştur (Şekil 23.28).

Milattan 1500 yıl önce Anadolu'da 1500 °C'ye kadar ısıtmakla demir elde edilmiştir **(Demir Devri)**. Çok sert ve bol olmasından dolayı bronzun yerini almıştır (Şekil 23.28). Zamanımızdan yaklaşık 2000 yıl önce çelik bulunmuştur. Özellikle Japon kılıççıları demire % 1 oranında karbon eklemek suretiyle çok sert olan çelik elde etmiş ve döverek dünyanın en zarif kılıçlarını yapmışlardır.

23.3.13. İNSAN IRKLARI

Bugün dünyada bir mi yoksa daha fazla mı insan türü yaşadığı bilinmemektedir. Gerçi renk, saç, kıl ve bazı yapısal özellikleriyle birbirlerinden belirgin olarak ayrılmalarına karşın, fizyolojik yapıda bir bütünlük görülür. Belki politipik bir tür olduğundan, dünyada çeşitli bölgelere yayılarak ırklar meydana getirmişlerdir. Fakat aralarındaki gen akışı hiçbir zaman kesilmediğinden birbirleriyle yavru meydana getirme olanaklarını yitirmemişlerdir.

Modern insanın çıkış yeri olarak Hazar denizi yöresi kabul edilmektedir. Burdan çıkan beyaz renkli ırk, Cro-Magnon ırkını Akdenizin her iki tarafında yok etmiştir. Bugün batı ve kuzey Avrupa'da bu sürülmenin kalıntıları saptanabilir.

İnsan bugün birçok ırka ayrılmıştır. Belirli özellikleriyle ve gen sistemleriyle karakterize edilirler. Özünde, ırklar tamamen farklı gen sistemleriyle değil, ancak gen sistemlerinin frekanslarının farklı olmasıyla birbirinden ayrılırlar. Morfolojik olarak kafatasının şekli, deri renklenmesinin derecesi, baştaki saçın şekli, vücut kıllılığı, göz kapağının şekli, dudaklarının kalınlığı, kan gruplarının frekansının değişimi, feniltiokarbamidleri tadabilme yeteneği ve diğer anatomik ve fizyolojik özellikler ayırıcı özel-



Şekil 23.48 : İsveç ırkı (Cole'den).

liklerdir. Deri renklenmesi, uyumla (adaptasyonla) ilgili olmasına karşılık, diğer anatomik şekillenmelerin nedeni kesin olarak bilinmemektedir.

Anthropologlar birçok insan ırkının, coğrafik bölgelerdeki farklılaşmalardan dolayı ortaya çıktığına inanmaktadır. CARLETON COON, iskeleti esas alarak insanları beş büyük ırk grubuna ayırmıştır.



Şekil 23.49 :
Bask ırkı; dar yüz ve öne çıkmış dar burunla özellik kazanmıştır (Cole'den).



Şekil 23.50 :
Araplar, kahverengi deri ve ince yüz yapısıyla Akdeniz ırkının özelliklerini gösterirler.

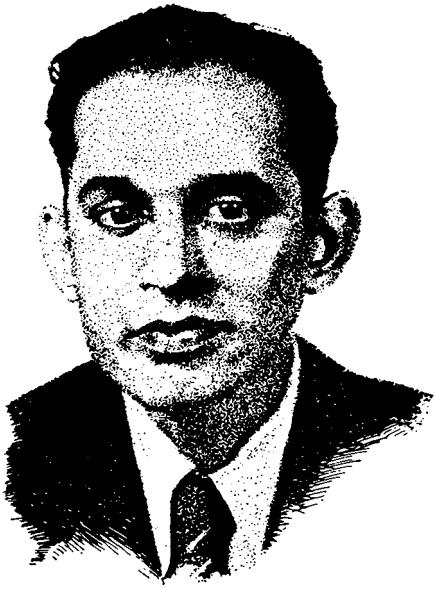
23.3.13.1. *Caucasoid*

Kuzey Avrupa, Alp'ler, Akdeniz yöresi, Kafkasya, doğu Avrupa, Anadolu, Kuzey Afrika ve Hindistan'ın Hindularını kapsar. Renk beyazdan kahverengine kadar gider, saçlar dalgalı, vücut ve yüz kılı fazla, burun oransal olarak dar ve öne doğru çıkık, dudak ince, çene iyi gelişmiş, yüz düz, alın yüksek ve kan grubunda A_2 geni başattır (Şekil 23.48 - 51).

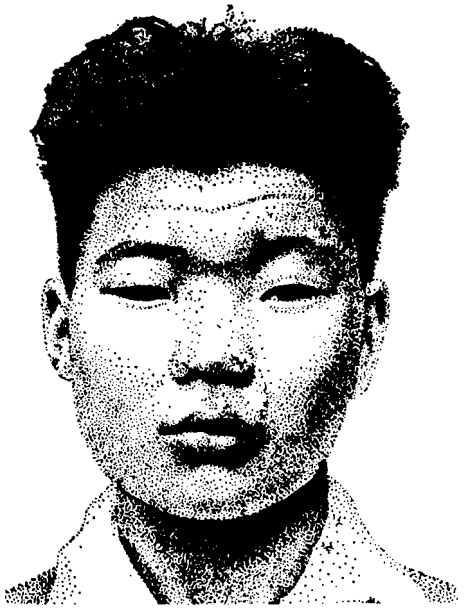
23.3.13.2. *Mongoloid*

Çinlileri (Şekil 23.52), Japonları, Ainuları (Şekil 23.53), Eskimoları ve Amerikan yerlilerini kapsar. Türkleri bu ırkın bir kolu olan Altay alt ırk grubu içinde değerlendirmiştir. Fakat daha sonra batıya göç etmeleri nedeniyle kaukasoid ırklarla melezlenmiş ve bunun sonucu morfolojik değişikliğe uğrayarak eski özelliklerinin bir kısmını yitirmiştir. Bu ırk, buzul devrinde kaukasoid ırktan yalıtıldığı için (Bering Boğazı ve güney Himalaya'larla) farklılaşmaya uğramıştır. Çoğunluk sarı derili, düz siyah saçlı; sakal ve vücut kılları seyrek, yüz yuvarlak, çene kemikleri çıkık, kaş kemerleri ya hiç gelişmemiş ya da pek az gelişmiş, burun ve yüz basık, göz kapakları şişkin, gözler kısıktır ve göresel olarak az eşeysel dimorfizm gösterirler (erkek ve dişi arasındaki

fark). Bering boğazından geçen Amerikan yerlileri de bu ırk grubunun içerisinde kabul edilir (Şekil 23.54).



Şekil 23.51 :
Akdeniz ırklarının uzak bir akrabası olan Hindular (Cole'den).



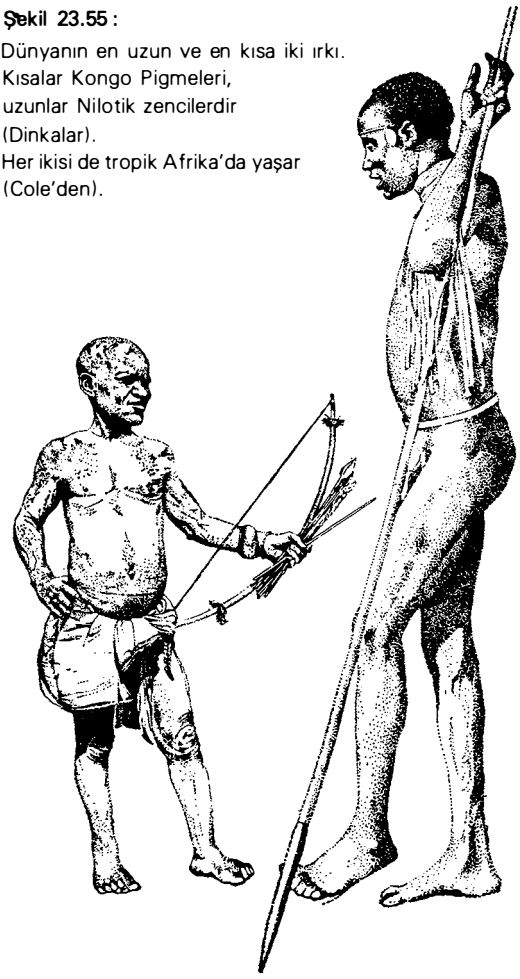
Şekil 23.52
Mongoloidlerin basık yüzü, son buzul devrinde soğuğa (belki besine) bir uyum olarak çıkmıştır. Gözlerinin kısık olması ya buzullardan yansıyan ışığa karşı ya da çöl fırtınalarında kuma karşı bir korunma önlemi olarak meydana gelmiş olabilir (Cole'den).



Şekil 23.53 : Hokkaido'dan bir Ainu. Beyaz kökten gelme bir ırktır (Cole'den).



Şekil 23.54 : Kuzey Amerika'dan bir yerli (Cole'den).



Şekil 23.55 :
Dünyanın en uzun ve en kısa iki ırkı.
Kısalar Kongo Pigmeleri,
uzunlar Nilotik zencilerdir
(Dinkalar).
Her ikisi de tropik Afrika'da yaşar
(Cole'den).



Şekil 23.56 :
Güney Afrika'da yaşayan,
kalçalarına yağ toplanmasıyla
özellik kazanmış tipik bir Buşman kadını
(Cole'den).

23.3.13.3. *Congoid* (Şekil 23.55)

Zenciler ve pigmeleri içerisine alır. Bugünkü Kongo ve çevresinde bulunur. Başları dar, üst çeneleri ileriye çıkık, çene zayıf gelişmiş, burun genişlemiş, pelvis dar, derileri çok koyu, saçları kıvırcık, yüz ve vücut kılları seyrek, dudaklar kalındır.

23.3.13.4. *Capoid*

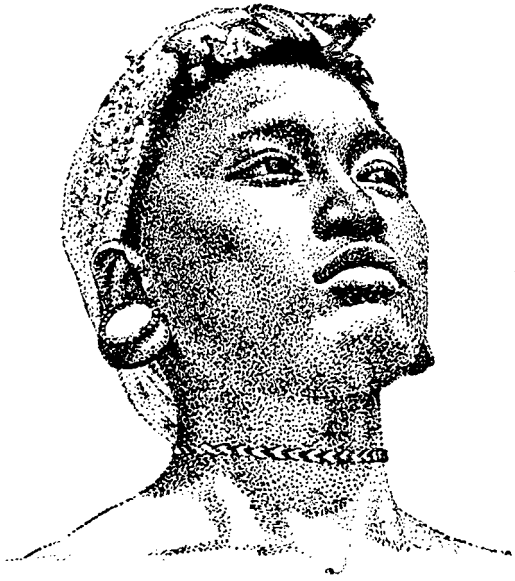
Afrika'nın diğer bölgelerinde yaşayan Buşman ve Hottentoları içine alır. Derileri siyahtan, sarımsı kahverengine kadar gider; boyları çok uzundur; özellikle kadınlarının kalçalarında büyük bir yağ kütlesi bulunur (Şekil 23.56).

23.3.13.5. *Australoid*

Avustralya yerlilerini, Tasmanya'yı ve Papuo-Melanezya'lıları kapsar. Geniş ölçüde adalarda yayıldığı için genel bir tanımını vermek oldukça zordur. Genel olarak

renk açık, burun geniştir. Kuzeye doğru gittikçe renklenmede koyulaşma görülür (Şekil 23.57-60).

Esasında bu ırk grupları arasında kırılma, melezlenme birçok fenotipin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Örneğin, mongoloidlerle güneydeki siyahların kırılmasından, çikolata renkli ve yarı mongoloid yapılı Endonezya (Şekil 23.57) ve çevresi ırkları; kaukasoid ırk ile güney ırklarının melezlenmesinden Hindistan'ın (Şekil 23.51) ve Kuzey Afrika'nın çikolata renkli insanları meydana gelmiştir (Şekil 23.50).



Şekil 23.57 :
Borneo'dan Endonezyalı bir tip (Iban) (Cole'den).

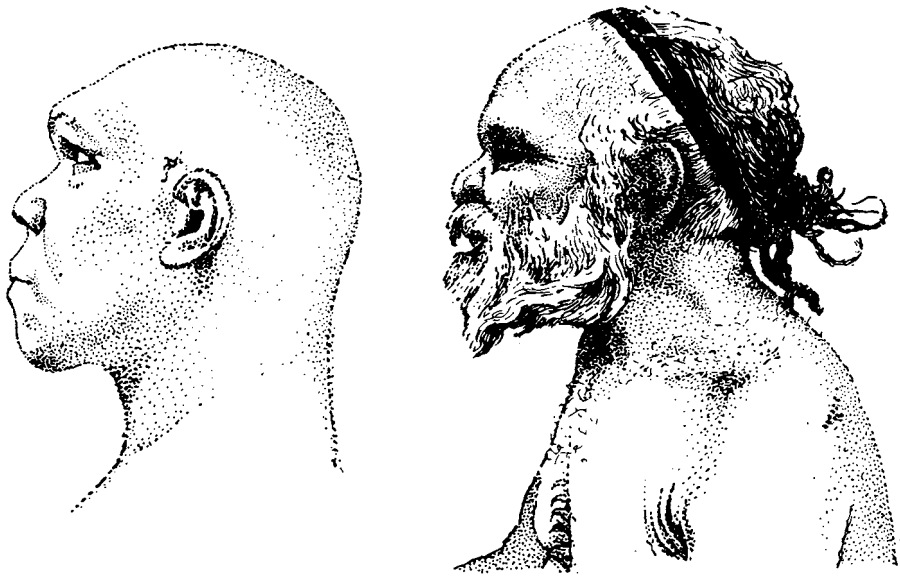


Şekil 23.58 :
Filipinler'den Malayalı bir tip (Bontoc) (Cole'den).



Şekil 23.59 :

Koyu derili ve kıvırcık saçlı Melanezyalılar Afrikalı zencilere ilk bakışta büyük benzerlikler gösterirler (Cole'den).



Şekil 23.60 : Rodezya insanı (çıkık kaş kemeri ve diğer bilinen özellikleriyle yeniden maket halinde yapılmaya çalışılmıştır). Sağda Avustralya yerlilerinin bugünkü görünümü (Cole'den).

Fosillerden elde edilen kanıtlar ilk insan evriminin Afrika'da olduğunu ve orta Pleistosen'de tüm Eskidünyaya yayıldığını göstermektedir. Fakat bu zamanda insan ırklarının oluşup oluşmadığı bilinmemektedir. Birçok anthropolog Pleistosen'in sonlarına doğru, yani *Homo sapiens* ortaya çıktıktan sonra, ırkların farklılaşmaya başladığı görüşünde olmasına karşılık; bazıları ve özellikle Prof. COON bazı iskelet kanıtlarına dayanarak *Homo erectus*'tan veya ondan pek az bir zaman sonra ırkların farklılaşmaya başladığını iddia etmektedir. Eğer durum son anlatılan gibiyse dünyanın çeşitli yerlerine dağılmış *Homo erectus* veya benzeri türler birbirlerine bağımlı olmadan *H. sapiens* yönünde evrime uğramışlardır. Dolayısıyla *H. erectus* ve *H. sapiens* zaman ve yer bakımından birbirleriyle melezleme yapabilen kompleks olarak görülebilir.

Mongoloidlerin tam olarak ne zaman Bering boğazından Amerika'ya göç ettiği bilinmemektedir. Ola ki bir buzul devrinde suların büyük bir kısmı buz halinde kutuplara ve karalara yığıldığından deniz su düzeyi düşmüştü (bugünkünden 185 m. kadar düştüğü fosillere dayanılarak bilinmektedir). Dolayısıyla Sibirya ve Alaska en az bir takım ada dizisiyle birbirine bağlanmıştı. Yine jeolojik kanıtlar buzul devrinde Alaska ve Sibirya'nın buzullarla kaplı olmadığını göstermektedir. Çok büyük olasılıkla, geçiş, son buzul devrinde olmuştur. İnsanın Yenidünyadaki en eski belirtileri, Venezuella'da bulunan aletler ile soyu yok olmuş memeli kalıntılarıdır (*Mastodon* ve *Glyptodon* gibi). Bunların yaşı 16.000 olarak hesaplanmaktadır. İlk insan sitesi ise kuzey Amerika'da Kolorado ve Arizona'da bulunmuştur (tahminen 8800-9300 yıl önce). Irklar Pleistosen'in sonunda veya biraz daha geç olarak oluşmuş ve daha sonra göç olayla-

rıyla birbirlerine karışmış ve melezlenmeler meydana gelmiştir (daha geniş bilgi için populasyon genetiğindeki insan ırklarının oluşumuna bkz!).

23.3.14. KÜLTÜREL EVRİM

İnsanlar göçebeliği bırakıp belirli merkezlere yerleşmeye başlayınca sosyal organizasyonda ve insanın evriminde yeni gelişmeler ortaya çıkmış; insanın çevreye uyumu yerine, çevrenin insana uyumu başlamıştır. İnsanlar kendilerine uygun olmayan çevreyi değiştirerek, amaçlarına uygun hale getirmeye başlamışlardır. Bu sefer doğada insana uyum yapabilen canlılar ayakta kalmayı başarmıştır. Başlangıçta, çevre, sınırlı ölçüler içerisinde denetim altına alınmakla beraber, teknolojinin zamanla ilerlemesiyle, örneğin merkezi ısıtma ile kışlar sıcak, soğutma ile yazlar serin ve yine binlerce buluş sonucu yaşam biyolojik yönden çok daha kolay hale getirilmiş; enerji kullanımı sürekli olarak artmıştır. Eskiden kas gücüne dayanan birçok iş, şimdi enerji ve alete dayanılarak yapılmaktadır. Besinler tarımın gelişmesiyle çok daha kolay elde edilmeye başlanmıştır. Önümüzdeki yıllarda atom ve güneş enerjisinin geniş ölçüde devreye girmesiyle denetimdeki bu yaygınlığın ve baskınlığın çok daha artacağı beklenmektedir.

23.3.14.1. *Bitki Tarımının Gelişimi*

Bugün üzerinde beslendiğimiz bitki ve hayvan türlerinin en önemlilerinin insan denetiminde yetiştirilmesine Neolitik evrede (bu devir Anadolu için yaklaşık 8.000 yıla dayanır) başlanmıştır. Bitkilerin hasat edilmesi, tohumluk saklama geleneğinin ortaya çıkmasından çok önce başlamıştır. Her iki girişimin de beraberce yapıldığına ilişkin kanıtlar çok erken Neolitik evrede bulunmuştur. Belki başlangıçta tarımla ilgili işler (bitki toplama) yalnız kadınlar tarafından, avlanma ve balık tutma da erkekler tarafından yürütülmekteydi. Bitkilerle doğal olarak beslenme dünyanın her tarafında insanlar tarafından yapılmaktaydı. Uzaklardan taşınan daneli bitkilerin tohumlarının yerleşme yerlerinin yakınlarına, hatta kapılarının önüne, rastgele dökülmeleri ve bir zaman sonra çimlenerek tohum vermeleri, o devirdeki insanların dikkatini çekmiş ve kültürünü yapmaya yöneltmiştir.

Bitki ekimi ilk defa, bir çeşit otluk ve yarı kurak steplerde yaşayan. tohum toplayıcı proto-Neolitik Ortadoğulular tarafından gerçekleştirilmiş olabilir. Bu bölgeler (özellikle yukarı Mezopotamya) bir yıllık otları ve onların arasında buğday ve arpayı bol miktarda bulundurmaktaydı. Bu bitkiler az yağmurlu ortamlara uyum yapmakla beraber, bol miktarda ürün verme yeteneğine de sahiptiler.

J.R. HARLAN tarafından Türkiye'de yapılan araştırmalar yabani hububat çeşitlerinin erken Neolitik yerlileri tarafından geniş ölçüde tüketildiğini göstermiştir. Özellikle orak kullanımı hasat verimliliğini çok fazla artırmıştır. Bir ailenin üç haftalık çalışması, bir yıl tüketeceği hububatın sağlanmasına yetmekteydi. Avlanma ve balık tutma ile birlikte bu çeşit besin sağlanması, Fırat Nehri'nin her iki yakasındaki yerli-

lerin bitki kültürü yapmadan ve hayvanları evcilleştirmeden, bir bölgede yerleşik düzende yaşamalarını sağlayabilmişti.

Buğday ve arpa bu ilk Neolitik yerleşme merkezlerinin civarında karışık olarak kendiliğinden yetişiyordu. Her ikisi de, yüksek beslenme yeteneklerinden ve kolay depo edilebilmelerinden dolayı yeni bir ekonomik yapının doğmasına neden olmuştur. Ayrıca bir mevsimlik ürün olduğundan, diğer meşguliyetler için yeterince zaman kalmasını da sağlıyordu. Ekerken tohumların en iyisinin seçilmesi ve tesadüfi çaprazlamalar, yabani tohumlardan çok büyük danelerin elde edilmesine neden olmuştur.

Buğday, pirinç ve mısır tarımı, dünyada birbirleriyle ilişkisi olmayan üç bölgede gelişmiştir. En eski tarım ürünü güneydoğu Anadolu'da yetiştirilen buğday ve arpadır. Daha sonra doğu ve güneydoğu Asya'da yetiştirilen çeltik ve orta Amerika'da yetiştirilen mısır gelmektedir. Daha sonra tatlıpatates *(Ipomoea batatas)*, yalnız Amerika'da yabani olarak yetişen bir besin ürünü olmakla beraber, Amerika dışında da kültüre alınmıştır. Mısır ve tatlıpatatesin yanında, patates *(Solanum tuberosum)*, ayçiçeği, domates, Freng üzümü, fasulye ve muz, buradan tüm dünyaya yayılmıştır. Buğday, arpa, pirinç ve soya da Eskidünyadan Amerika'ya yayılmıştır.

Karbonhidratca zengin tahıllardan sonra, proteince zengin baklagillerin ve yağca zengin ketenin, daha sonra da kök ve meyve ziraatı geliştirilmiştir. Tüm bunların kültüre alınması Neolitik'tedir.

23.3.14.1.1. *Hububat Bitkilerinin Tarımı*

Bugün besin amacıyla kullanılan hububat bitkilerinin tarihsel gelişimini kısaca görelim.

23.3.14.1.1.1. *Buğday*

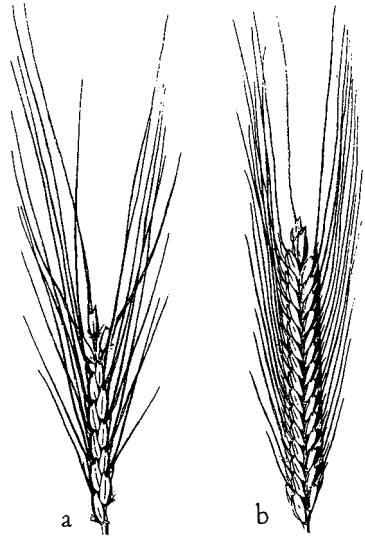
Yabani buğdaydan yüksek verimli buğdayın nasıl elde edildiği tam bilinmemekle beraber; gen mutasyonu, melezlenme ve kromozom dublikasyonu ile olduğu tahmin edilmektedir. Binlerce yıldan beri doğal seçmenin yanısıra, insan tarafından da seçilmeye tabii tutulmuş ve özellikle insan göçleriyle dünyanın değişik bölgelerine yayılarak, değişik iklim bölgelerine uyumu sonucu çeşitlenmiştir.

Kültürü yapılan buğday *(Triticum)*, üç ayrı grup altında toplanır (Şekil 23.61, 62 ve 63).

a) Diploit Grup (= Siyez serisi = Tek daneli seri): Yedili kromozomun ikili takımı halindedir (AA);

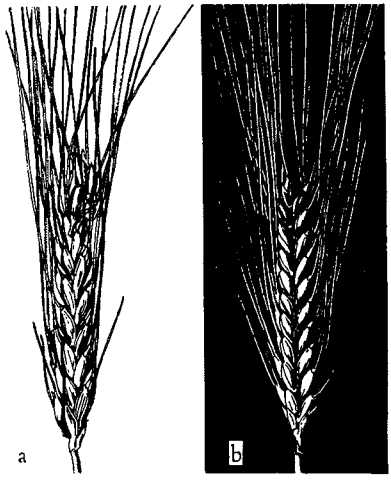
b) Tetraploit Grup (Gernik serisi = Çift daneli seri): Yedili kromozomun dörtlü takımıdır (AABB) (verimi düşük bazı buğday türleri);

c) Heksaploit Grup (Ekmeklik buğday serisi = Çok daneli seri): Yedili kromozomun altılı takımıdır (AABBCC) (ekmeklik buğday *T. aestivum,* topbaş *T. compactum,* kaplıca = kavuzlu buğday *T. spelta*). Bu seriler de üçe ayrılır. Her birinin



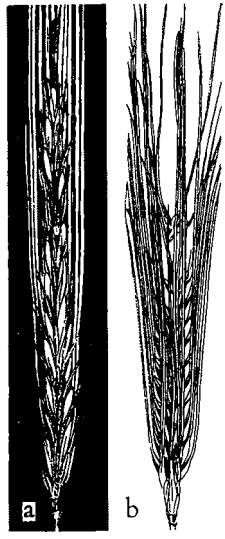
Şekil 23.61 :

a) Diploit buğday *(Triticum boeoticum),* siyes = tek daneli serisinin yabanisi, b) *monococcum,* kültüre alınmış siyez buğdayı (Cole'den).



Şekil 23.62 :

a) Tetraploit buğday *(Triticum dicoccoides);* gernik = çift daneli serinin yabanisi, b) *T. dicoccon;* kültüre alınmış gernik buğdayı (Cole'den).



Şekil 23.63 :

a) İki sıralı arpa *(Hordeum spontaneum),* b) Altı sıralı arpa *(Hordeum crithon)* (Cole'den).

yabani şekli; yabani şeklinden meydana gelen kaplıca ve kaplıca şeklinden meydana gelen daneli kültürü vardır.

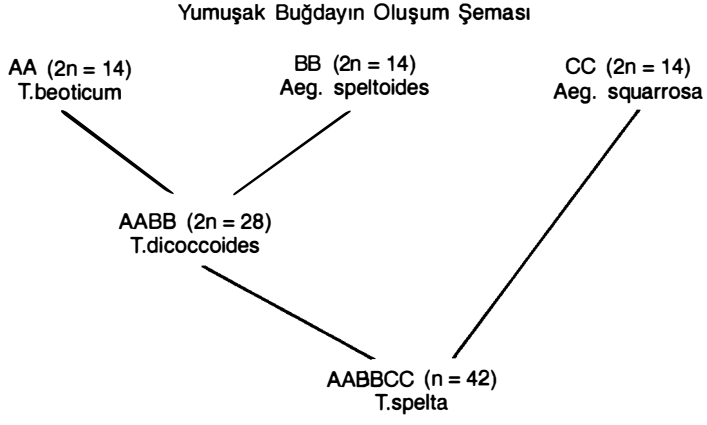
Ortadoğu'daki yabani buğdaylardan en önemlisi *T. boeoticum*, çıplak daneli ve başağı kolay kopmayan, dolayısıyla hasat edilmesi kolaylaşan *T. monococcum*'a gelişmiştir. Yabani buğdayın kavuzları kolay açıldığından ve başak kırıldığından daneler kolaylıkla yere düşmekteydi, bu nedenle hasatları çok zordu. Seçme, kavuzları kolay açılmayan ve başakları kırılmayan ırklar yönünde olmuştur. Dolayısıyla bugünkü buğday türleri ve ırkları, danelerini kolayca bırakmadan harman yerine taşınabilir ve biçilebilir. Bu seçme güney doğu Anadolu'da yaşayanlarca gerçekleştiril-

miştir. İlkel başaklı bu bitkiler, daha sonra Avrupa'ya taşınmıştır. Bugün hâlâ orada yabani olarak dağlarda yaşamaktadırlar.

Tetraploit *T. dicoccoides* (yabani gernik) Ortadoğu'da yabani olarak yaşar; fakat *T. boeoticum*'dan daha az yayılıma sahiptir. *T. boeoticum* gibi yüksek yerlerde yaşar; ama onun gibi soğuğa ve fakir topraklara iyi uyum gösteremez. *T. dicoccoides*'den bugün tarımı yapılan buğday meydana gelmiştir. Mısır ve Ortadoğu ve hatta İsviçre'deki göl kenarında Neolitik yerleşme yerlerinde rastlanmıştır. Kuzey Avrupa'ya İsanın doğumundan sonra yayılmıştır. M.Ö. 6000 yıllarında Mezopotamya'da tarımı yapıldığına ilişkin karbonlaşmış kalıntılar vardır. Bulunan bu fosiller büyük varyasyonlar göstermektedir. Buğdayın tarımı ilerledikçe tekdüzelik artmaktadır. Tetraploit buğday sulu tarıma daha iyi uyum yaptığından dolayı yaygınlaşmıştır. Bu her iki ilkel buğday tipi de yabani tipe hâlâ büyük benzerlikler göstermektedir. Bol tüylü ve koyu renklidir. Van civarında, özellikle Nemrut Dağı civarında ekilen buğday hâlâ koyu renkli, hatta siyahtır. Bu iki ilkel buğday tipinde, tohumlar, olgunlaştıktan sonra kolayca toprağa dökülebilmektedir. Daha sonraki yapay seçme, kavuzların daneleri kuvvetlice tutabilenleri yönünde olmuştur. Çünkü tarım bitkisi olarak, özellikle taşımada ve biçilmede bazı yararlar sağlıyordu.

Heksaploit buğday *T. aestivum,* Demir Devrinden önce önemli değildi; bununla beraber M.Ö. 6000 yıllarında Knossos ve daha sonra Çatal Höyük'te, daha önceki iki ilkel buğday türüyle beraber yetiştiği tesbit edilmiştir. Bunun yanı sıra aynı yerleşme yerlerinde bezelye, bakla, burçak; bitkisel yağ elde edilen Krusiferler, badem, meşe palamutu, fıstık ve büyük miktarlarda çitlembik *(Caltis)* tarımı ve şarap yapımına rastlanmıştır.

Yabani yaşayan heksaploit buğday bilinmemektedir. Tarımı yapılan tüm varyetelerin, tetraploit buğday ile *Aegilops* adı verilen bir graminenin melezlenmesiyle ve kromozom dublikasyonu ile oluştuğu bilinmektedir (Şek. 23.64). Keza heksaploit grup *T. spelta*'yı (ilk defa Bronz Devrinde yetiştirilmiş) ve *T. compactum* (özellikle



Şekil 23.64 : Yumuşak buğdayın kalıtsal olarak ortaya çıkış şeması.

kuzey İsviçre'deki yerleşme yerlerinde rastlanmış)'u meydana getirmiştir. Heksaploit buğday M.Ö. 3000 yılında Hindistan'da, bin yıl sonra da Çin'de ekilmeye başlanmıştır.

23.3.14.1.1.2. *Arpa*

Arpa da Yakındoğu ve Ortadoğu'da buğdayın iki yabani varyetesiyle birlikte bulunur. Belki ilk zamanlarda buğday tarlalarında yabancı ot olarak yetişmekteydi ve kaplıca denen buğdaya göre daha az öneme sahipti. Çünkü Neolitik yerleşme merkezlerinde buğdayla birlikte bulunmuştur. Mısır'da ölülerin bağırsağında sadece arpanın (kaplıca değil) bulunduğu görülmüştür. Arpanın iki ana grubu (otuz kadar türü) vardır: İki sıralı ve altı sıralı arpa. İki sıralı arpa, *Hordeum sopontaneum* tarafından temsil edilir ve Ortadoğu'da yabani olarak yetişir; kültüre alınmış olanı, başağı kolay kırılmayan ekseni tüysüz ve dolgun daneli, iki sıralı *H. distichum*'dur. Altı sıralı olanı, *H. agriocrithon*'dur; ilk olarak doğu Tibet'te bulunmuştur; daha sonra İsrail'de tesbit edilmiştir. Önceleri yabani olduğuna inanılmıştı. Şimdi, yabani iki sıralı form ile kültüre alınmış altı sıralı formun melezlenmesiyle ikincil olarak ortaya çıktığına inanılmaktadır. Böylece iki sıralı *H. spontaneum* açıkça bugünkü kültüre alınmış arpanın atası olarak kabul edilmektedir. Kültüre alınmış altı sıralı formlar sıkı kavuzlu *H. hexastichum* ve gevşek kavuzlu *H. tetrastichum* ile temsil edilmektedir. Kültür formları 7, 14, 28 kromozomludur.

İlk kültüre alınmış arpa Çatal Höyük'ten bilinmektedir. Bu, yabani *H. spontaneum*'a çok benzemektedir. Ondan danelerinin daha büyük ve sapının daha sağlam olmasıyla ayrılır. Altı dizili arpa, alüviyonal toprakların sulanmasından sonra, bir mutasyonun sonucu olarak ortaya çıkmış ve iki dizili arpanın yerini almıştır. M.Ö. 4500 yıllarına ait Mısır'da bulunan tahıl depo çukurlarındaki arpaların çoğu altı dizilidir; iki dizili arpaların da olduğuna ilişkin kesin olmayan kanıtlar vardır. Sıkı kavuzlu, sağlam başaklı ve altı sıralı arpa bugün Avrupa'da Alpler'in birkaç yerinde ekilmekle beraber, genellikle gevşek kavuzlu *H. tetrastichum*'un tarımı yapılmaktadır.

Tahıl bitkileri başlangıçta sadece küçük arsalara ekilmiş (tarlalara değil), kuru toprak çapa şeklindeki odunlarla (bazen taştan) gevşetilmiştir. Daha sonra ilk defa insan tarafından, zamanla öküzlerle çekilen sabanla toprak işlenmiştir (M.Ö. 3000 yıllarında Ortadoğu'da, M.Ö. 1500 yıllarında Avrupa'da).Hasat etme de başlangıçta elle yapılmış, daha sonra odun, kemik ve sonunda metalden yapılmış oraklarla ekin biçilmiştir. Aletle hasat etme, tohumlarını çabuk döken ve başağı kolayca kırılarak düşen varyeteler ve türler aleyhine bir seçimin ortaya çıkmasına ve sonuçta kavuzu daneyi sıkı kavrayan, sarsıntıdan danesini hemen dökmeyen; fakat daneye sıkıca bağlı olmayan türlerin ve varyetelerin yaygınlaşmasına neden olmuştur.

Daneleri diğer yabancı maddelerden ayırmak için kullanılan rüzgârla savurma (harman) yöntemi ve daha sonra eleme, tahıl tarlalarının içinde yaşayan yabani otların tohumlarının da şekil ve büyüklük bakımından seçilime uğramasına ve geçen

bunca sene zarfında yabani otların tohumlarını hem şekil hem de büyüklük bakımından tahıl bitkilerine benzetmesine neden olmuştur (yabani otlardaki mimikri). Benzemeyenler ise elemeyle (elekle) sürekli olarak populasyondan uzaklaştırılmıştır.

23.3.14.1.1.3. *Darı*

Avrupa'daki Neolitik yerleşme yerlerinde iki çeşit darı bulunmuştur: Kumdarısı *(Panicum miliaceum)* ve cindarı *(Setaria italica)*. Cindarısı yeşil yabani darıyla *(Setaria viridis)* akrabadır. Bu yabani darı bugün güney Avrupa'da ve kuzey Afrika'da yabancı ot olarak tarlalarda yetişir. Kumdarısının kökeni bilinmemektedir; fakat Habeşistan'da yaşayan yabani *Panicum callosum*'a benzerlik gösterir. Darı tarımı Yunanistan'da ve M.Ö. 3000 yıllarında Irak'ta tesbit edilmiştir.

Bugün Afrika'da hâlâ ilkel olarak, *Elusine* (kazotu) ve *Pennisetum* (gökdarı) cinslerine bağlı darı türlerinin tarımı yapılmaktadır. Bu son ikisi büyük bir olasılıkla Afrika kökenlidir.

23.3.14.1.1.4. *Yulaf ve Çavdar*

Yabani yulafın hasadına ilişkin ilk bilgiler İran'da bulunmuş; fakat iri daneli kültürüne ilk defa Yunanistan'da rastlanmıştır. Hem yulafın hem de çavdarın kültüre alındığına ilişkin bulgulara M.Ö. 1000 yıllarına kadar rastlanmamaktadır. Her iki bitki de yabancı ot olarak buğday tarlalarında yetişmiş olabilir.

Birden fazla yabani yulaf türü, kültüre alınmış yulafı meydana getirmiştir. Bugün yaygın olarak kültürü yapılan yulaf türü *Avana sativa*'dır. Batı Asya, kuzey Afrika ve doğu Avrupa'da yaygın olan yabani *A. fatua* türünden türemiş olabilir Ekolojik toleransı fazla olduğundan dolayı, koşulların kötü olduğu yerlerde, özellikle, kuzey ülkelerinde buğdayın yerini almıştır. Kromozom sayıları 7, 14, 21, 28 ve 42'dir. Her ne kadar 13 kadar yabani çavdar türü saptanmışsa da tarımı yapılan çavdar keza Anadolu'da (özellikle doğu Anadolu, güney Kafkasya, batı İran merkez olmak üzere) buğday tarlalarının içinde yabancı ot olarak yaşamakta olan *Secale ancestrale*'den (başakları kolay düşer, daneleri büyük, kavuzları daneyi sıkı kavrar ve dökülmesini önler, kavuzların rengi sarıdan kırmızı kahverengine kadar gider) türemiştir. Seçmeyle ve kültüre alınmayla bugünkü çavdarı yapmıştır. Kültüre alınan tür *S. cereale*'dir (başakları kolay kırılmaz). Çavdar, buğday tarlalarında daha etkili yaşama gücüne sahiptir. Bu nedenle köylüler tarafından sürekli ayıklanır.

23.3.14.1.1.5. *Çeltik*

Tropikal ülkelerin temel besin maddesidir. Hububat tarımına göre çok daha yoğun ve sürekli emek istemektedir. Doğu Hindistan'da yaşayan *Oryza sativa*'dan türemiştir. Büyük bir olasılıkla ilk defa Hindistan'da daha sonra da Çin'de kültüre alınmıştır. Çin'de geç Neolitik (M.Ö. 2000 yılları) devirde görülmektedir. Daha önce ve geç Neolitik'te esas besin kaynağını darı oluşturmaktaydı.

23.3.14.1.1.6. *Mısır*

Fosil mısır polenlerine, zamanımızdan en az 80.000 yıl önce Meksiko Siti'deki ortaya çıkmış olan son buzul devrinde rastlıyoruz. Bu polen taneleri günümüzün modern mısırlarınkinden kolayca ayrılabilmektedir. Fakat kültüre alınmış mısırın *(Zea mays)* atasını oluşturabilecek yaşayan herhangi yabani bir mısır tanımlanmamıştır. Belki yabani mısır, kültüre alınmış mısırın rüzgârla gelen polenleriyle tozlaşmış ve olumsuz kalıtsal bir etki meydana çıktığı için ortadan kalkmıştır. Kültüre alınmış mısır, tahıl bitkileri arasında erkek çiçeklerini uçta (püskül), dişi çiçeklerini yanlarda (koçan) bulunduran yani erkek ve dişi organı birbirinden ayrılmış tek bitkidir. Daneler (koçan) yaprak kılıfıyla örtüldüğünden, tohumların etrafa saçılması için herhangi bir mekanizmaya sahip değildir. Bu nedenle mısır insan eli değmeden kendi kendine doğada yetişmez. Amerika'da yapılan bazı genetik çaprazlamalar sonucu erkek ve dişi üreme organlarını uçta taşıyan; fakat koçan olarak çok küçük olan bazı varyeteler elde edilmiştir. Bu varyetelerin, mısırın atasına benzer olduğu varsayılmaktadır (daha geniş bilgi için kromozomların sayıca değişmesine, yani kromozom mutasyonlarıyla ilgili kısıma bkz!).

Bilinen en eski mısır, M.Ö. 5000 yıllarında Meksika'daki Coxcatlan mağarasında bulunmuştur. Koçanları ince ve hepsi benzer şekildeydi. Bu koçanların yabani ya da kültüre alınmış ilk formlara ait olduğu zannedilmektedir. New Mexico'daki Yarasa Mağarasında bulunan M.Ö. 3600 yıllarına ait koçanlar ise hâlâ bugünkü büyüklüğüne ulaşmamıştı.

Mısırın Yenidünya'da kültüre alınmış ilk bitki olmadığı görülmektedir. Daha önce yaklaşık M.Ö. 5000 yıllarında, Meksika'da sukabağı, balkabağı, kantarkabağı ve fasulyenin kültürü yapıldığı bilinmektedir.

Başlangıçta ezmek ve bulamaç yapmak suretiyle tahılları değerlendiren insanlar, bir zaman sonra onları öğütmeye ve M.Ö. 1800 yıllarında da fırınlarda pişirmeye başlamıştır (ilk defa Mısır'da pişirme görülmektedir). Fazla miktarda karbonhidrat kullanımı bu devirde ve daha sonra, insanlarda diş çürüklüğünü artırmıştır. Herhangi bir nedenle pişirilmesi geciken hamurun uygun mayaların aşılanmasıyla daha iyi olduğu saptanmış ve hamur mayası bulunmuştur. Daha sonra besinleri saklamak için ambarlar ve özel çukurlar yapılmış ve bu arada sulu ortamda mayalanmasıyla başlangıçta yalnız zenginlerin içtiği bira bulunmuştur.

23.3.14.1.2. *Baklagiller*

Fasulye, bezelye ve mercimek erken Neolitik yerleşme merkezlerinin en önemli besin bitkileriydi. Bunların yabani ya da kültüre alınmış formlar olduğunu söylemek olanaksızdır. Bizim için yararlı özellikleri bakımından seçime uğradığı kuşkusuzdur. Kendi kendine üreyebilmesi, iri daneleri, kolay depo edilebilmesi ve yüksek miktarda protein taşıması önemini artırmaktadır. Birçok küçük baklagil bitkisi yabancı ot olarak çoğalmış ve bir zaman sonra da kültür bitkisi haline dönmüştür. Neolitik Avrupa'nın küçük tohumlu baklası *Vicia faba* var. *minor*, kuzey Afrika'nın *Vicia pliniana*'

sından türemiş ve daha sonra İspanya'ya geçmiştir. Bir zaman sonra tüm Avrupa'ya, özellikle Tuna boyunca yayılmıştır.

Fasulye Avrupa'nın soğuk bölgelerinde yetişmesine karşın, bezelye ve nohut ancak sıcak koşullarda kültüre alınabilir. Yem bezelyesi *(Pisum sativum* subsp. *sativum* var. *arvense)* büyük bir olasılıkla yabani bezelye *(Pisum sativum* subsp. *elatius)'* den türemiş ve Akdeniz'den Hindistan'a kadar yayılmıştır. Çatal Höyük'te en azından M.Ö. 6500, Irak ve Mısır'da M.Ö. 4500 yıllarında rastlanmıştır.

Mercimek *(Lens esculenta),* Akdeniz memleketlerinde ve Himalayaların doğusundaki ülkelerde bulunan siyah mercimek *L. nigricans*'dan türemiştir. Büyük tohumlu kültürlerinin, Neolitik'te, Anadolu, Mısır ve Irak'ta M.Ö. 3000 yıllarında yapıldığı bilinmektedir. Daha sonra Tuna boyunda yaşayanlarca Avrupa'ya yayılmıştır.

23.3.14.1.3. *Yağ Bitkileri*

Bitkisel yağ, beslenmede, hayvansal yağlara destek olmada ve aydınlatmada kullanılmak için üretilmiştir. Yağ bitkilerinin en önemlisi zeytin, susam, keten, hintyağı ve kolzadır. Keten *(Linum usitatissimum)* doğu Anadolu'da yabani olarak büyüyen *L. bienne*'den türemiştir. Bu bitki sadece tohumlarından elde edilen yağ kaynağı olarak değil, keza liflerinin dokumada kullanılması açısından çok önemlidir. Türkiye ve Irak'ta M.Ö. 4500 yıllarında örülmüş ketene rastlanmıştır. Değişik keten türlerinin Alpler'de M.Ö. 3000 yıllarında yetiştirildiğine ilişkin kanıtlar vardır. Tohumları Ortadoğu'da yaşayanlarınkinden küçüktür.

23.3.14.1.4. *Meyveler*

M.Ö. 6500 yıllarına ait karbonlaşmış elmaya Çatal Höyük'te rastlanmıştır. Diğer birçok meyve türüne de Ortadoğu ülkelerinde M.Ö. 4000 yılına kadar rastlanmıştır. Hurma ve zeytin kalıntılarına Ortadoğu'nun Neolitik yerleşme bölgelerinde rastlanmıştır. Keza asma kalıntıları hem Suriye hem de Mısır'da bulunmuştur. Üzüm tarımı büyük bir olasılıkla yukarı Mezopotamya, Suriye ve Filistin'de başlamıştır. Bugün Anadolu da dahil olmak üzere asma bu bölgelerde yabani olarak yaşamaktadır. M.Ö. 1000 yıllarında İtalya'ya kadar yayılmıştır.

Karbonlaşmış elmaların içindeki antosiyaninin analizinden, bu elma varyetelerinin kırmızı olduğu ve bugünkü yabani formlardan çok daha büyük olduğu saptanmıştır. Birçok yabani elma türü vardır. Fakat kültüre alınmış elmanın atasını *Malus pumila* denen, güney batı Asya'da yaşayan bir tür oluşturmuştur.

23.3.14.2. *Hayvanların Evcilleştirilmesi*

Koyun ve keçi, yabani olarak yaşadığı Ortadoğu'da insanlar tarafından ilk olarak evcilleştirilen otcul hayvanlardır. Buğday ve arpa kültüre alınınca, bu hayvanlar hem korunma hem de besin bakımından insanlara bağımlı hale gelmeye başladılar.

Depolamanın mı yoksa bitki tarımının mı daha önce başladığına ilişkin kesin bir kanıt yoktur. Her bölgede bu evrim kademeleri farklı zamanlarda olmuştur. Bazı durumlarda avcılar hayvan sürülerini belirli süre denetimleri altında tutmuş ve onlara topladıkları yabani bitkileri ve orakla biçtikleri tahılları getirmişlerdir. Köpek, Mezolitik avcıları tarafından ilk evcilleştirilen etçil hayvan olabilir. Bugünkü bilgilerimizin ışığı altında koyun Milattan 8900 yıl önce evcilleştirilmiş ilk otçul hayvan olarak bilinmektedir. Koyun ve keçi proto-Neolitik insanlar tarafından; sığır ve domuz biraz daha sonra insan eliyle yetiştirilmiştir.

Hayvanların ilk olarak etinden ve derisinden; uysallaştırıldıktan sonra sütünden ve sonunda da yük ve binek hayvanı olarak gücünden yararlanılmıştır. En azgın koç ve boğaları öldürmek suretiyle uslu dişileri ve zayıf yapılı bireyleri canlı olarak saklama, bir zaman sonra onları çiftleştirmek suretiyle evcilleştirme girişimleri başlamıştır. Doğal ortamlarda yaşaması olanaksız olan; fakat insanlar için yararlı bazı özellikleri veren mutasyonlar seçilerek alınmış ve evcilleştirilme için kullanılmıştır. Örneğin uslu davranışlara, parlak renkli posta ve uzun kıllara sahip bireyler.

Bu arada birçok hayvan grubunu evcilleştirme için çaba harcanmış; fakat başarıya ulaşılamamıştır. Mısırlılar antilop, gazella, maymun ve sırtlanı evcilleştirmek için uğraşmışlardır.

Eşek *(Equus asinus)* Mısır'da Sudan'daki yabani eşeklerden evcilleştirilmiş ve ilk defa yük için kullanılmıştır. Bunların akrabası bir yabani eşek *E. hemionus hemippus* Mezopotamya'da yaklaşık M.Ö. 3000 yıllarında arabalara koşulmuştur. At büyük bir olasılıkla, kuzey-batı Asya'da, bugün dölü tükenmiş yabani attan evcilleştirilmiş ve M.Ö. 2000 yıllarının ilk yarısında, Bronz Devri'nde, tüm batıya yayılmıştır. Evcilleştirilen hayvanların evrimsel öyküsünü kısaca görelim.

23.3.14.2.1. *Köpeklerin Evcilleştirilmesi*

İlk evcilleştirilen köpek kayıtları biraz kuşkulu olarak M.Ö. 8400 yıllarında Amerika'dan verilmektedir. Daha kesin kayıtlar M.Ö. 7500 yıllarında kuzey Avrupa' da Mezolitik Devir'de kurtlardan evcilleştirildiğini göstermektedir. Birçok uzmanın üzerinde birleştikleri ortak nokta, köpek kavramının, Avrupa kurtundan daha küçük, Ortadoğu'da yaşayan *Canis lupus arabs* denen Asya kurtunun buradaki yerlilerce evcilleştirilmesiyle ortaya çıktığıdır. Ortadoğu'daki hayvanların ağzının geniş olması evcilleştirmenin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Nitekim burada yaşayan kurtlar arasında da bu bakımdan büyük varyasyon vardır.

Eldeki bilgiler köpeğin Avrupa'da Avrupa kurtundan, batı Asya'da Arap kurtundan bağımsız olarak evcilleştirildiğini göstermektedir. Ayrıca Hindistan-Pakistan köpekleri ve Avusturalya Dingosu da Hindistan kurtundan türemiştir.

Kurtların leş yeme eğilimleri, onların avcılıkla geçinen toplulukların yaşadıkları yerlerin civarında dolaşmalarına neden olmuştur. Yakalanan yavrular evcilleşmiş ve bir zaman sonra da iz sürmede ve avlanmada yardımcı olmaya başlamıştır. Daha sonra Neolitik'te koyun ve keçi sürülerinin korunmasında kullanılmıştır.

23.3.14.2.2. *Keçilerin Evcilleştirilmesi*

Fosillerde keçi ve koyun artıklarını birbirinden ayırmak güçtür. Metakarpal kemik ve boynuz, ayırım için kullanılabilir. Keçilerin ilkel formlarında, erkek ve dişi boynuzları, yukarı doğru uzamış olmasına karşın, evcilleşitirilmiş tiplerde başın üzerinde genişlemiş ve spiral şeklinde kıvrılmıştır.

Keçinin evcilleştirilmesine ilişkin ilk bulgular İran'dan (Ali Kosh bölgesinden) verilmektedir (M.Ö. 6000 yılları için). Evcilleştirilmiş keçiler, bugün batı Asya'da yabani olarak yaşayan dağ keçisinden *(Capra hircus aegagrus)* türemiştir. Dağ keçilerinin boynuzları dikeydir ve geriye doğru hafifçe kıvrıktır. Neolitik'te evcilleştirilen ilk keçilerin boynuzları bugünkü yabani formlara benzer; fakat enine kesitleri biraz daha yassı ve pek az bükümlüdür (kıvrıktır). Zamanla boynuzlardaki kıvrılma ve dönme artar ve M.Ö. 2500 yıllarında bu kıvrılma bugünkü şekline ulaşır.

23.3.14.2.3. *Koyunların Evcilleştirilmesi*

En erken evcilleştirilmiş hayvan olarak, M.Ö. 8900 yıllarında, kuzey İran'da koyunu görmekteyiz. Koyunun daha sakin huylu olması onun daha erken evcilleştirilmesine neden olmuştur. Yünden yapılmış elbiselere de Çatal Höyük'te rastlanmıştır.

Evcilleştirilmiş koyunun Avrupa ve Asya'da yabani olarak yetişen koyunlardan türediğine inanılmaktadır. Avrupa yabani koyunu *(Ovis musimon)* belki bir zamanlar tüm Avrupa'da yaşamaktaydı; fakat şimdi sadece Sicilya ve Korsika'da pek az olarak arta kalmıştır. Asya'da yaşayan *O. orientalis* bugün Anadolu ve Kıbrıs'ta çok az sayıda yabani olarak bulunmaktadır. Üçüncü tip yabani koyun *(O. vigneil)*'da Urial olarak bilinir; batı İran, Afganistan ve Tibet'te bulunur. Aragali denen *O. ammon*'da büyük ölçüde evcilleştirilmiş koyuna katılmıştır; pek azı orta Asya'nın dağlık bölgesinde yabani olarak yaşamaktadır. Gerçek dağ koyunları *O. musimon* ve *O. orientalis*'dir.

İlginç olanı bugün yaşayan yabani koyunun gerçekte ilkel (prototip) koyun olup olmadığıdır. Belki bugün yabani olarak nitelediğimiz dağ koyunları evcilleştirilmiş koyunlar ile meydana getirdikleri melezlerin yabanileşmiş olanlarıdır. Paleolitik'te bulunan (evcilleştirilmiş hayvanlara ait) kemiklerin keçi mi yoksa koyun mu olduğu çok kesin ayrılamaz. Bu benzerlikten şu varsayım çıkarılmaktadır: Koyun ve keçi, insanın yapay seçmesi ile "koyun-keçi" denen bir ortak atadan türetilmiştir. Batı Avrupa'daki bazı evcilleştirilmiş koyunların, gerçek dağ koyunundan meydana geldiği ve ilk evcilleştirilmiş koyunlara benzediği zannedilmektedir. Urial dediğimiz koyunlardan türemiş melezler, Neolitik Devir'de Asya üzerinden bu Avrupa koyunlarına katılmışlardır. Keçi boynuzuna benzeyen boynuzu olan koyunlara M.Ö. 2500 yıllarında İsveç'in göl kentlerinde rastlanmıştır. Seçme baskısından dolayı uzun tüylü koyunlar M.Ö. 4000 yıllarında Mezopotamya'da görülmeye başlamıştır.

23.3.14.2.4. *Domuzların Evcilleştirilmesi*

İlk evcilleştirilen domuzlar Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika'da yabani olarak yaşayan *(Sus scrofa scrofa)*'dan türemiştir. En erken evcilleştirilmiş domuz Güneybatı Anadolu'da Çayönü'nde, erken Neolitik Devri'nde bulunmuştur. Keza Kırım'da evcilleştirilmiş domuz artıklarına rastlanmıştır. Evcilleştirilmiş domuzların tipik özelliği diş dizilerinin, özellikle üçüncü azı dişinin boyca kısalmasıdır. Üçüncü molar dişin kısalmasına ilk defa Irak (Jarmo) ve İran (Jericho)'da rastlanmıştır. Çatalhöyük'te domuzlar, leşçil tabiatlarından dolayı ölülerin civarında bulunmuştur. Hatta göğüsleri domuzlara karşı bir çeşit yakıyla sıvanmış ölüler bulunmuştur. Besin kalıntılarının arasında hiçbir domuz kemiği bulunmamıştır. Bugün bazı dinlerde ve toplumlarda domuz etinin yenmemesinin nedeni, ölü yemesinden dolayı Neolitik'te yarattığı tiksintiden dolayıdır.

Kısa ağız hortumlu ve yuvarlaklaşmış vücutlu evcilleştirilmiş domuzlar, mutasyonların seçilmesiyle ortaya çıkmıştır. Modern ırklar Güneydoğu Asya'da yabani olarak bulunan *Sus scrofa vittatus*'un önemli katkılarıyla meydana gelmiştir. Bu türe ait domuzlar Neolitik'te Çinli çiftçiler tarafından yakalanmış ve onlar tarafından evcilleştirilmiş yegane hayvandır. Avrupa'da *S. scrofa scrofa*'dan türetilmiş olan hayvanların yerini almıştır. Çünkü *S. scrofa vittatus*'un bitleri bugünkü Avrupa formlarında yaşamakla beraber, *S. scrofa scrofa*'nın bitleri (farklı türler) tamamen farklıdır ve Avrupa formlarında yaşamaz. *S.scrofa vittatus* ahırda yetiştirilmeye uyum gösterir; buna karşın *S. scrofa scrofa* ağaçlık ve çalılık yerlerde yerleri kazarak yaşar.

23.3.14.2.5. *Sığırların Evcilleştirilmesi*

Evcilleştirilmiş sığır, Asya, Avrupa ve Kuzey Afrika'daki Pleistosen katmanlarında kemikleri bulunan yabani sığır *(Bos primigenius)*'dan türemiştir. Boğaları çok büyük, omuz yüksekliği yaklaşık iki metre ve çok uzun boynuzları olan hayvanlardı. Yabani sığırlar, ağaçlık ve koruluk yerlerde yaşamaktaydı. Büyük bir olasılıkla Yunanistan ve Girit'te, eğer bulunan kemikler evcilleştirilmiş sığırlara aitse Anadolu'daki Çatalhöyük'te M.Ö. 6000 yıllarında ilk sığır evcilleştirilmesi yapılmıştır. Anadolu'dan sonra İran'dan evcilleştirmeye ilişkin bulgular (M.Ö. 5000) vardır. Evcilleştirilen sığırların yabanilerden daha küçük olduğu görülmektedir. Bunun, özellikle küçük tipleri (kontrol etmede kolaylık olsun diye) seçmeden ve doğadakinden az beslemeden ileri geldiği varsayılmaktadır. Evcilleştirilmiş Neolitik sığırlar ile yabanilerinin *(Bos primigenius)* melezlenmesinden ortaya çıkan yavrular Pleistosen'deki atalarından açıkça farklıydı. Ayrıca Pleistosen'de yaşayan yabani sığırlar zaman zaman evcilleştirilmiş sığırlarla melezlenmiştir. Uzun boynuzlu Pleistosen yabani sığırları son buzul devrinden sonra artık yaygın olarak görülmemektedir.

Kısa boynuzlu sığırlar *B. longifrons* ya da *brachyceros* M.Ö. 3000 yıllarında Avrupa'da evcilleştirilmiştir. Bunlar Neolitik'te evcilleştirilen sığırlardan çok daha küçüktür. *Bos primigenius*'dan köken almalarına karşın gerçek bir cüceydiler. *Bos longifrons,* açlıktan ölmeye yakın şekilde az beslenmeden ve daha önce değindiğimiz

kontrol etmeyi kolaylaştırmak amacıyla seçilen küçük tiplerden dolayı, gittikçe vücutça küçülmüş ve atasından farklı bir yapı kazanmıştır. Boynuzların içindeki öz kısmı 10 cm.'den kısa olmakla beraber, boynuzun kendisi 20 cm. kadardır. Boynuzsuz formlara da rastlanmıştır.

Yabani sığır uzun süre Avrupa'da yaşadı ve son örnek 1627 yılında Polanya'da öldürüldü. Heck kardeşler, özel geri çaprazlamalarla yabani forma yakın tipleri Berlin ve Mühin Hayvanat Bahçelerinde yetiştirdiler.

Sığırlar birbirine bağımlı olmadan birkaç yerde evcilleştirilmiş olabilir. Örneğin Mısır ve Hindistan'da. Mısır'da en azından M.Ö. 5000 yıllarında uzun boynuzlu yabani sığırlardan evcilleştirme yapılmıştır. Pleistosen'in *Bos namadicus*'undan Hindistan'da hörgüçlü inek *(Bos taurus indicus)* gelişmiştir. Yabani forma benzeyen her iki sığırın resimleri Bronz Devri'nde mağara duvarlarına çizilmiştir. Boynuzları yanlara doğru uzamış, yabani forma benzeyen Mısır sığırları M.Ö. 3000 yıllarında Afrika'ya girmiş ve daha sonra ola ki M.Ö. 600 yıllarında kısa boynuzlu Hindistan sığırları da Afrika'ya ulaşabilmiş ve Araplar tarafından M.S. 800 yıllarında geniş olarak yayılması sağlanmıştır.

Mandıra ve süt teknolojisinin gelişmesi oldukça geç ortaya çıkmıştır. Resimli kayıtlar süt endüstrisinin M.Ö. 3000 yıllarında Mezopotamya'da geliştiğini göstermektedir. Avrupa'da M.Ö. 1000 yıllarına kadar süt endüstrisinin bulunduğuna ilişkin herhangi bir bulgu yoktur. Peynir yapımında kullanılan, dibinde oldukça büyük yanlarında ise oldukça fazla sayıda küçük delikler bulunan peynir kapları geç Bronz Devri'nde bulunmuştur.

Sığırın evcilleştirilmesinde dinsel bazı etkiler de büyük rol oynamıştır (evrimsel düşüncelerin gelişimine bkz!). Hemen hemen tüm eski kültürlerdeki tapınaklarda boğaların verimlilik ve doğurganlık için kurban edildiğine ilişkin bulgular vardır. Eğer daha önce herhangi bir yerde uygulanmamışsa bu inancın Neolitik Devir'de Çatalhöyük'te ortaya çıktığı belgelerle bilinmektedir. Birçok tapınakta, tanrı imajı yabani sığırın boynuzları ile simgelenmiştir. Bazı figürlerde tanrıçaların boğa başı üzerinde doğum yaptıkları gösterilmiştir. Keza yabani sığır boynuzları ile birleşmiş sütunlar ve duvarlara çizilmiş görkemli boğa resim ve figürleri birçok tapınakta en çok rastlanan şekillerdir.

23.3.14.3. *Neolitik'te Diğer Gelişmeler*

23.3.14.3.1. *Suda Taşımacılık*

Tarih öncesi devirlerde taşımacılık için en çok kullanılan yol nehirlerdi. Bununla beraber denizlerin de aşıldığı bilinmektedir. Örneğin Kıbrıs'a M.Ö. 5900 yıllarında deniz yoluyla ulaşılmıştı. Su taşımacılığı için başlangıçta kütük ve sal, Nil nehrinde papirus (bir çeşit kamış)'ların bağlanmasıyla yapılan sallar; Fırat ve Dicle Nehrinde hava ile şişirilmiş birçok hayvan derisinin (tuluk) birbirine bir parmakcalık şeklinde

bağlanmasıyla yapılmış kellek denen bir çeşit sal (günümüze kadar) kullanılmıştır. Taş Devri'nde Kuzey Avrupa'da (Norveç'te) deri kaplanmış botların resimleri kayalara çizilmiştir. Balta bulununca, kütüklerin içi oyularak kayık yapımı da başlamıştır (ilk defa Kuzey Avrupa'da). Odundan yapılmış ilk kayık örneklerinin, yapılan polen analizleriyle M.Ö. 2500 yıllarında ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Yine kuzey ülkelerinde yaşayan insanların besin artıkları arasında derin deniz balıklarının kemikleri bulunması, onların Neolitik'te uzun mesafelerde denize açıldıklarını kanıtlar.

23.3.14.3.2. *Kara Taşımacılığı*

Kızakla yük taşıma, tekerlekle yük taşımadan çok önce bulunmuştur. Ola ki ilk zamanlar hayvan derisinden ve ağaç kabuklarında yapılmış araçların çayır, bataklık ve kar üzerinde çekilmesiyle kara taşımacılığı başlamıştır. İnsan koşumlu, ilk kızağa İskandinav ülkelerinde Mezolitik'te rastlanmıştır. Daha sonra geç Taş Devri'nde köpek koşumlu kızaklar ortaya çıkmıştır.

Kızakların yuvarlak odunlar üzerinde kaydırılması ilk tekerlek kavramanın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Daha sonra odundan ve çömlekten tekerlekler yapılmıştır. İlk tekerlekler M.Ö. 3000 yıllarında Ortadoğu'da kullanılmıştır. Tekerlekli araçların Avrupa'da kullanımı Demir Devri'nden (M.Ö. 500 yıllarına doğru) önce görülmeye başlamıştır.

23.3.14.3.3. *Sanat*

Mezolitik ve Paleolitik Devirler'de kısmen başlamak üzere Neolitik'te bazı sanatsal gelişmeler gözlenmektedir. İnsanlar uzun zaman avlanma ve besin toplama ile geçinmek zorunda kalmış ve bu nedenle sürekli göçebe yaşamışlardır. Yiyecek ve içeceklerini depo etmek için kullandıkları kaplar bu nedenle hafif, dayanıklı ve taşınabilir cinsten olmalıydı. Deriden yapılmış eşyalar amaca en uygun olanlardı. Seramik eşyalar kırılabilir olduklarından ancak yerleşik bir düzende başarıyla kullanılabileceklerdi. Bu nedenle birçok bölgelerde Neolitik'ten önce görülmemektedir. Yerleşik düzene geçmeyle seramik, süsleme, resim ve heykel vs. gibi sanatsal işlevler gelişmeye başlamıştır. Keza besinleri depo etmek için oyulan taşlara ve yapılan kaplara sanatsal gelişim yansıtılmıştır. Seramik ve taşın tercih edilmesi sıcaklığa karşı olan dayanıklılığı ve dolayısıyla av etlerinin bu kaplarda daha iyi saklanabilmesidir.

Bitki tarımının ilerlemesi örme ve dokuma sanatının gelişmesine neden olmuş, özellikle keten ve kenevir işlenmesi gelişmeye başlamıştır. Keza yün ve postlardan yapılan eşyalara da güzel sanatlarla ilgili işlevler aktarılmıştır. En eski sepet ve küfe kalıntısına M.Ö. 6500 yıllarında Çatalhöyük'te rastlanmıştır. Bu sepet buğday saplarından yapılmıştı. Sepetlerin çamurla sıvanması, daha sonra, M.Ö. 4000 yıllarında ortaya çıkmıştır. En eski deri çanta Dinastik zamanda Mısır'daki kumlarda bulunmuştur. Belki su taşınması ve bazı sıvı şeylerin saklanması (bugünkü yağların deride saklanması gibi) deriden yapılmış tulumlar içinde gerçekleşmişti. Taştan yapılmış depo-

lara da ilk defa Jarmo'da rastlanmıştır. Daha sonra bu depoların içinin kil ve benzer maddelerle sıvandığı görülmektedir.

Neolitik kültürün esas simgesi seramik sanayiindeki gelişmedir. Tarımdaki gelişmeye paralel olarak ilk defa Çatalhöyük'te M.Ö. 6800 yıllarında seramik eşyalara rastlanmaktadır. İlk seramik eşyalar, içine kil ve çamur sıvanmış sepetlerin pişirilmesi şeklinde görülmüştür. İlk yapılan seramik eşyalar, çamuru iyi karıştırılmadığı ve elenmediği için kolayca kırılmaktaydı. Daha sonra bazı bitkisel maddelerin karıştırılması ile sağlamlaştırılmıştır. Zamanla çamur çeşitleri saptanmış, pişirilmede ve boyamada yeni yöntemler geliştirilmiştir. M.Ö. 3250 yıllarıda Girit'te seramik tekerlek bulunmuştur.

Neolitik'ten önce eğirme ve dokuma ile ilgili kesin bir kanıta rastlanmamıştır. İlk dokuma materyali bitkisel lifler, pamuk, ipek ve yün olmuş olabilir. Yangın, Çatalhöyük'teki hayvansal ve bitkisel materyali yok etmesine karşın, yünden yapılmış elbiselere rastlanmıştır. Bu parçalar en eski tekstil ürünü olarak kabul edilmektedir. Ölü insan kemiklerine yapışmış kumaşlarda, en az üç çeşit örgü tipi kullanılmıştır. Anadolu'daki bu insanlar büyük bir olasılıkla M.Ö. 6500 yıllarında ilk kilimi (ya da halı) dokumuşlardır. Bugün Anadolu'da kullanılan duvar süslemelerinin bazıları ve kilim desenleri, o devirde yapılan dokumalardaki desenlere büyük benzerlikler göstermektedir.

Bitki liflerinin, özellikle ketenin ilk dokunduğu yer M.Ö. 4500 yıllarında Mısır'dır. Pamuk, büyük bir olasılıkla ilk defa Hindistan'da işlenmiştir. İlk pamuk fabrikası erken Bronz Devri'nde (M.Ö. 2500 yıllarında) Hindistan'da kurulmuştur.

Liflerin bükülmesi (eğrilmesi) ilk olarak elle çevrilen odunlarla (kirman) yapılmıştır. Bu, bir kanca, bir baş ve bir sap kısmından oluşmuş basit bir araçtı. Bugün birçok toplumda, özellikle Anadolu'da hâlâ kullanılmaktadır.

23.3.14.3.4. *Dinsel İnançların Doğuşu*

Neolitik insanlar resim yapma bakımından pek ünlü değillerdir; ancak geç Paleolitik Devir'deki mağara süslemelerinin devamı gibidir. Bu devirdeki esas sanatsal işlevler yapı üzerine yoğunlaşmıştır. Paleolitik'te avcılıkla geçinme yaygın olduğu için mamut, bizon, geyik, yabani kedi ve at gibi hayvanların ince işlenmiş resimlerine rastlanır. Neolitik'te tarım yaygınlaşınca tahıl üretimindeki verim ve hayvanlardaki çoğalma (doğurganlık) önem kazanmaya başlamıştır. Bu nedenle bir "T o p r a k A n a" kavramı ve bununla ilişkin olarak bazı dinsel ayinler ortaya çıkmaya başlamıştır. Dişi ya da Venüs figürleri geç Paleolitik'te çizilmesine karşın, tarım toplumuna geçişte bu figürler verimlilik kavramı ile birleştirilmiştir. Nitekim 1965 yılında Çatalhöyük'te yapılan kazılarda doğumun ve yaşamın sürekliliğini simgeleyen insan memesi ile koç ve boğa figürlerinin birleştirilmesinden oluşmuş heykelcikler bulunmuştur. Bu sembollerin hemen hemen hepsi batı tarafındaki duvarların üzerinde bulunuyordu. Ölülerin yakıldığı doğu tarafındaki duvarların üzerinde, ölümü simgeleyen akbaba resimleri ve domuz, tilki, gelincik, sansar gibi ölü yiyicilerinin çeneleri vardır.

Tüm bu eğilimler, daha sonra Çatalhöyük'te boğayı simge alan bir inancın gelişmesine neden olmuştur. Bu boğa başlarının ağız kısmı kırmızıya boyanmıştır ve burun kısmında el basmak için izler vardır. Bunun, verimlilik törenlerinde kırmızı aşı boyasına sokulmuş ellerin, boğanın yüzüne sürülmesiyle meydana geldiği tahmin edilmektedir.

Diğer duvarlarda leopar postu giymiş insanların yabani boğaları, erkek domuzları, ayıları, erkek geyikleri ve diğer hayvanları izlediklerini gösteren resimler vardır. Genellikle bu resimlerdeki insanlar bu hayvanların kuyruğuna ve diline değmek suretiyle, onları kontrolleri altında tuttukları izlenimini yaratmaya çalışmışlardır. Leoparın özel bir yeri vardır. Diğer hayvanların tanrıçası ya da kraliçesi olarak simgelenmiştir. Çatalhöyük'teki bir katmanda en az üst üste 40 defa boyanmış saman ve çamurdan yapılmış bir erkek ve bir dişi leopar modeli bulunmuştur. Bu boyanmanın her yıl yapılan özel bir törende yenilendiği varsayılmaktadır. Çünkü boya tabakaları birbirinden oldukça net olarak ayrılmaktadır. Yine Çatalhöyük'te bulunan en güzel figürlerden biri bir tahtın üzerinde doğum yapmakta olan bir kadının iki tarafında aslanların bulunmasıdır. Bu figürlerin bir kısmı M.Ö. 5500 yıllarına dayanmaktadır. Çatalhöyük'teki dini eğilimlerin ve törenlerin benzeri diğer Neolitik yerleşme merkezlerinde görülmemiştir. Çatalhöyük'te diğer yerleşme merkezlerine göre daha gelişmiş töre ve törenlerin olduğu zannedilmektedir.

Dünyanın değişik bölgelerinde, toplumların yaşama tarzına göre inançlar gelişmiş ve çeşitlenmiştir. Başlangıçta somut kavramlar ve figürlerle şekillendirilen inançlar, daha sonra yetersiz kaldığı için soyut kavramlara geçmeye başlamış ve büyük dinlerin doğmasına neden olmuştur. Özellikle törelerin, törenlerin, inançların çok çeşitlendiği Ortadoğu'da birçok dinin temeli oluşturulmuştur. Modern dinler de dahil olmak üzere, özellikle Ortadoğu'da ortaya çıkan dinlerin eski veraset dediğimiz, bir noktada tarihsel bilgiye dayanan kısımları ana hatlarıyla birbirine benzerdir. Bugün hem inançlarımızda hem günlük yaşantımızda kullandığımız birçok töre, alışkanlık, inanç vs.'nin çok eski devirlere dayanan kökenleri olduğu açıktır. Geçen bunca yıl süresince, günün koşullarına göre değiştirilerek ya da aynen dölden döle bir çeşit kalıtılarak iletilmiştir. Bu töre, tören ve inançlar belki günümüzün gereksinmelerine tam yanıt verememektedir. Fakat onları değerli bir miras olarak saklamak, gerekirse yaşatmak bizim hem tarihsel görevimiz, hem de insanlık borcumuz olacaktır. Yeterki bu tarihsel gelişimi, isteyerek ya da istemeyerek, çıkarlarımız ve bağnazlığımızın bir simgesi olarak kullanmayalım.

Neolitik'teki sanatsal akımlardan, yapı tarzına da birkaç cümleyle değinerek, konuyu kapatalım.

Bilindiği gibi Ortadoğu yağış bakımından, tarım yapılmaya uygun; fakat her mevsimde aşırı yağış alan bir bölge değildir. Bu nedenle topraktan ve çamurdan yapılmış eserlerin uzun zaman dayanma şansı vardır. İlk defa mercek şeklinde, daha sonra dört köşe, çamurdan, daha sonra kerpiçten yapılmış binalara, M.Ö. 7500 - 8000 yıl önce Ortadoğu'nun bazı yerlerinde rastlanmaktadır. En geniş ve gelişmiş yerleşme merkezi M.Ö. 6800 yıllarında Çatalhöyük'e kurulmuştur.

İkinci bir yaşamın olduğuna, öldükten sonra yaşanacağına ilişkin kanıtların en eskisi Paleolitik'te bulunmuştur. Çünkü bu devirde bulunan avcı toplumların ölülerini törenlerle yaktıkları bilinmektedir. En eski mezar Mezolitik'te bulunmuştur. Yerleşik düzene geçmeden önce ölülerin yakılması ya da naaşları sorun oluşturmuyordu. Fakat yerleşik düzene geçince gömme törenleri ve mezarlık yapma zorunlu hale gelmeye başladı. Bazen toplu olarak ölüler bir araya konuyordu. Ayrıca ikinci yaşamı için bazı yiyecekler, eşyalar ve silahlar beraberce gömülüyordu (geç Neolitik ve erken Bronz Devri'nde). Toplu mezarların üzerine toprak yığılarak höyükler yapılmaya başlandı. Höyükler, tarihin en değerli kanıtlarını taşıyan yerler olarak bilinmektedir. Mezar yapım tekniği gittikçe gelişti (galeri şeklinde, odalar şeklinde vs.) ve Mısır piramitleriyle zirveye ulaştı.

Tüm bunlara paralel olarak tapınakların yapımında gelişmeler ortaya çıktı. En eski tapınağa İran'da (Jericho) M.Ö. 7800 yıllarında rastlıyoruz. Özellikle avın verimli geçmesi için verilen adak ve yapılan törenleri bu zamanda görebiliyoruz. Daha sonra Çatalhöyük'te gelişmiş tapınaklar görülmektedir. Ölüm, avlanma ve tarımdaki verimlilik ile ilgili törenler belirli merkezlerde yapılmaya başlanınca; bu merkezler tapınak haline dönüştü ve ilgili kişiler de bir çeşit ruhban sınıfını oluşturdu.

23.3.14.4. *Kominikasyonun (İletişimin) Önemi*

İnsan, iletişim bakımından diğer hayvanlara göre çok daha gelişmiştir. Diğer hayvanlar ses, vücut hareketleri, koku, ışık ve diğer bazı yöntemlerle basit düzeyde iletişimi sağlamakla beraber, hiçbirinde, hatta ilkel insan topluluklarında dahi herhangi bir karmaşık lisan gelişmemiştir. Tarımsal ve teknolojik gelişimin hiçbiri iletişim olmadan ortaya çıkamadı ve çıkamaz da. Lisanların çok farklı yapıda olmaları, onların dünyanın değişik bölgelerinde birbirinden bağımsız olarak geliştiğini; fakat, nesneleri, kelime denen simgelerle gösterme eğilimlerinin tüm insanlarda ortak bir özellik olduğunu göstermektedir.

İlk lisan yalnız konuşulmuştur. Doğal olarak bireyler, geçmişin deneyimlerini, bilgilerini geleceğe aktarmak için bir kütüphane ödevini görmüştür. Din kitaplarının çoğu (Kuran hariç) bu şekilde kulaktan kulağa sözlü olarak aktarılmıştır. Birçok kültürde bu bilgilerin bir yere kaydedilmesi düşüncesi ortaya çıkmıştır. Dünyanın değişik yerlerinde, birbirine yakın zamanlarda; fakat değişik yazı karakterinde geçmişle ilgili bilgilerin hiyeroglif yazı şeklinde kaydedildiğini görüyoruz. Başlangıçta kelimeler, belirtilmek istenen şeyin şeklinin kazınması olarak görülmektedir. Fakat bu yolla ayrıntılı bir anlatım zor olacağından, daha sonra simgelerle gösterilme yoluna gidilmiştir. Nitekim bugünkü Çinlilerin ve Japonların kelimeleri hâlâ eski özelliğini taşımakta ve belirttikleri şeylerin şekillerini göstermektedir. Batı kültüründe, belirli sayıdaki harfle kelimeler üretilmeye başlanmıştır. Örneğin kitap kelimesi kitaba benzemez; keza harflerin kendileri de doğal olarak belirli bir sesi vermez. Koşullandırma belirli harflerin seslendirilmesini, o da belirli kelimelerin ve dolayısıyla anlamların yerleşmesini sağlar. Taşların üzerine yazım ancak belirli sınırlar içerisinde yürütülmüştür.

Koyun veya diğer hayvan derilerine yazma başladığı an, kaydedilen bilgi miktarı patlarcasına büyümüştü. Çünkü deri üzerine simgelerin yazılması, taş üzerine oymadan çok daha kolaydı. Fakat en büyük atılım kağıdın bulunmasıyla ortaya çıktı. Birçok tarihi kayıtlar kağıt bulunduktan sonra gerçekleşebildi.

En büyük kültürel patlama son asırda gelişen bilgi aktarımı ve değiş-tokuşunu sağlayacak yöntem ve araçların gelişmesiyle sağlandı. Kütüphaneler birer bilgi hazinesi olarak emrimize sunuldu. Mikrofilmler bu bilgilerin saklanmasında önemli yer kazanılmasına neden oldu. Bu bilgi iletişimi ve birikimi doğanın bize milyonlarca yılda verebileceği birçok olanağı çok kısa sürede yaratmamıza neden oldu. Örneğin kuş gibi uçma için doğal seçim yerine, çok daha gelişmiş olarak uçak yapımı sağlandı. Bunu yaparken doğanın tüm kaynaklarını ortak ve integre bir şekilde kullanmayı öğrendik. Bir kuş yalnız kendi vücut enerjisini kullanırken bir uçağın uçması diğer enerji kaynaklarının kullanılmasıyla sağlanmıştır. Bunu yaparken doğanın temel yasaları açıklanmaya çalışıldı ve ilkel de olsa bir çeşit beş duyunun dışında düşünme gerçekleşmeye başladı.

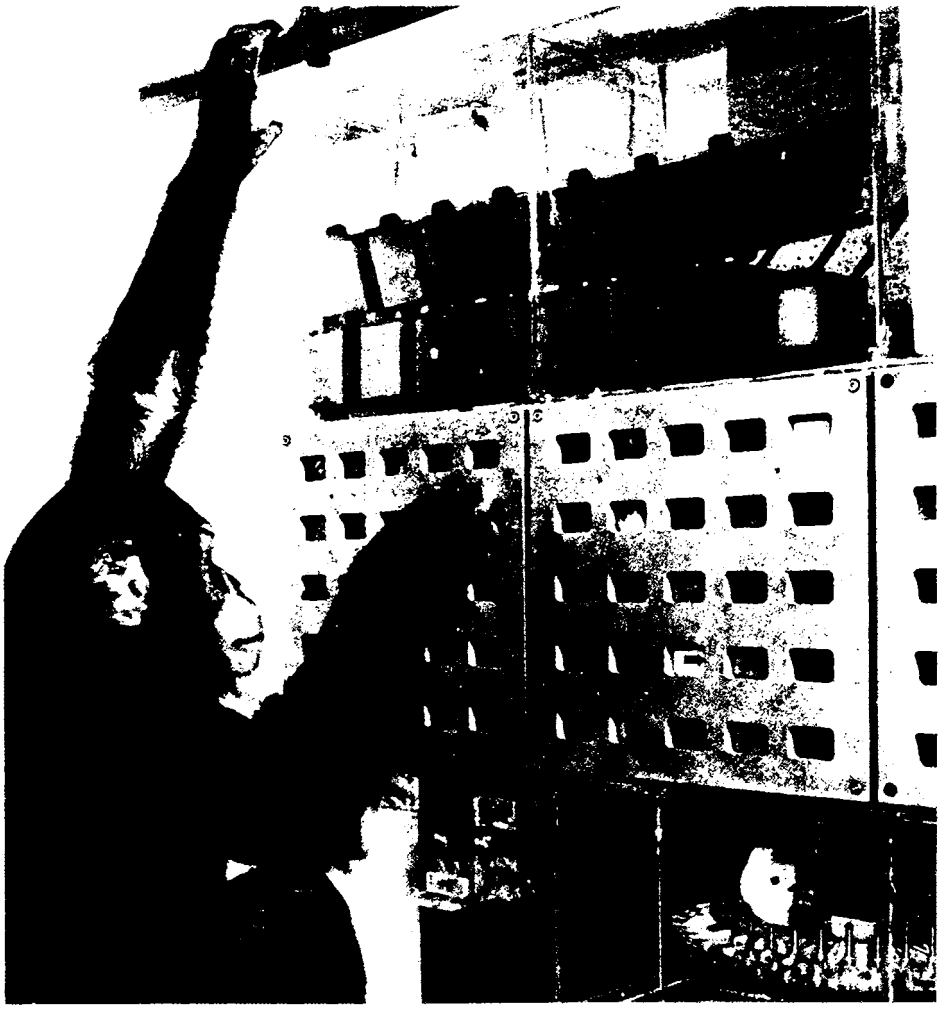
23.3.14.5. *İnsan Dışındaki Zeka Düzeyleri*

Evcil bir hayvanı izlediğimizde diğer hayvanların zeka düzeyleri bakımından çok şey öğrenebiliriz. Tamamen içgüdüsel olan, arının nektar kaynağını bulması ve yuva arkadaşlarına bildirmesi gibi davranışları bir tarafa bırakırsak, özellikle omurgalı hayvanlarda belirli ölçülerde öğrenme yeteneğinin olduğu bilinmektedir. Primatlar arasında öğrenme en üst düzeydedir.

Zeka düzeyinden ziyade, iletişimin sınırlı olması, bu hayvanların gelişmişlik düzeyini etkilemiştir. Örneğin, şempanze, ağız yapısından dolayı kelimeleri söyleyememekte, bununla beraber bir iletişimi başka yollardan sınırlı da olsa sağlayabilmektedir. DR. BEATRIC ve DR. ALLEN GARDNER, Nevada Üniversitesinde, dişi bir şempanzeyi evlerinde bir çocuk gibi yetiştirmiş ve sağırlara uygulanan yöntemlerle onu simgesel bir dille eğitmeye çalışmışlardır. Bu simgelerden 140 çeşit kullanarak anlaşmayı sağlamışlardır (Şekil 23.65).

Daha sonra Atlanta'daki Primat Araştırma Merkezinde gelişmiş yöntemlerle bu çalışmalar ilerletilmiş ve şempanzeye abstrakt (soyut) simgelerle cümle kurması öğretilmiştir. Bu şekilde **Yerkiş** denen özel bir lisan geliştirilerek dokuz tane birbirinden farklı geometrik şekille bir dil yazılmaya çalışılmıştır. Bu şekiller bir daktilonun tuşlarındaki gibi dizilerek, bilgisayara bağlanmış ve Lana denen şempanze isteklerini bu daktilo tuşlarına yazmaya alıştırılmıştır. Örneğin şempanze, makineye bu şekillerle "makine lütfen bana bir kola ver" gibi mesajları yazmaya başlamıştır. Cümle doğru yazıldığında makina bir delikten bir kola şişesini dışarıya atmıştır. Diğer istekleri de cümlenin bitiminde yerine getirildiğinde maymun ile insan arasında bir konuşma ortamı yaratılmıştır.

Bu yeteneğin yorumu çok boyutludur. Bu şekilde eğitilen bir maymun diğer maymunları da aynı yolla eğitmeye başlayınca kendi aralarında etkili bir iletişim mey-



Şekil 23.65 : Lana adlı maymun bilgisayarda yazı yazmakta, cümleleri soyut simgelerle düzenlemektedir. Bu, maymunların da, daha önce inanıldığının aksine, zeki olduklarını; fakat iletişim noksanlığından gelişemediklerini kanıtlayabilir (Winchester'den).

dana gelip, belirli bir birikimi sağlayabilir mi? Bu, onların kültürel düzeyde patlarcasına büyümesine neden olabilir mi? Nitekim 1970 yıllarında *"Maymunlar Cehennemi"* filminde bu konu utopik olarak işlenmiştir. Bir savaş sonrası konuşma yeteneklerini tümüyle yitiren insanlar, konuşma yeteneğini kazanan maymunların esirleri durumuna düşmüş ve bizim sahip olduğumuz kültüre onlar yerleşmiştir. Bu, özünde, iletişimin, insan evrimindeki katkısını belirtmesi açısından çok önemlidir.

Kültürel gelişim doğal seçme baskısından meydana gelen değişikliklerin sonucudur. Güçlü, güçsüzler üzerindeki baskısını, sadece güce dayanarak daha fazla sür-

düremediştir. Silahı, tuzağı ve karmaşık düşünceyi geliştiren, onu, gelecek döllere ve zamandaşlarına iletişimle aktaran yöntem tüm doğa güçlerinin üzerine çıkmıştır. Artık zayıflık, kas zayıflığı değil, iletişim zayıflığıdır. Nitekim insanların yaşlılık süresinin uzatılması, eşeysel gücünü yitirdikten sonra uzun bir süre yaşaması ve toplumlarda yaşlılara gerekli özenin gösterilmesi, bu bireylerin kazandıkları deneyim ve bilgi birikiminin yeni kuşaklara aktarılması içindir.

Bununla beraber kültürel evrim, potansiyel bir tehlike de doğurmuştur. Artık uyum, doğadaki koşullara uyumdan ziyade, bir kültür ortamındaki koşullara uyum şekline dönüşmüştür. Bunun sonucu olarak binlerce yıl seçmeyle (seleksiyonla) ortaya çıkan birçok özellik hem anlamını, hem de etkinliğini yitirmiştir. Birçok olumsuz genin, özel bakım uygulanmak suretiyle, populasyonlarda frekansının artması sağlanmaktadır. Örneğin kanama hastalığı gibi. Fakat yarattığımız bu toplum birgün tekrar doğa koşullarının doğrudan doğruya etkisi altında kalırsa, büyük kayıplar verecektir. Bugün ilkel olarak değerlendirdiğimiz toplumlar ise bu koşullara daha dayanıklı olacaklardır.

VIII. KISIM

POPULASYON GENETİĞİ

24. BÖLÜM : POPULASYON GENETİĞİ

25. BÖLÜM : DOĞAL POPULASYONLARIN YAPISI ve EVRİM HIZI

26. BÖLÜM : İNSAN GEN HAVUZUNDAKİ DEĞİŞİKLİKLER

27. BÖLÜM : İNSAN IRKLARI ARASINDAKİ FARKLILAŞMALAR

24. BÖLÜM

POPULASYON GENETİĞİ

MENDEL yasaları tekrar bulunduktan sonra, araştırıcıların gözleri bireysel kalıtımın üzerinde yoğunlaştı. İki koyu gözlü atadan neden mavi gözlü bir çocuğun olduğu araştırılmaya başlandı. Daha sonra evrim konusu kalıtsal açıdan gündeme gelince populasyon genetiğinin önemi anlaşılmaya başlandı. Çünkü evrim düzeneği bireyler üzerinde değil populasyonlar üzerinde etkiliydi. Bireyler populasyondaki genleri taşıyan aracılardan başka birşey değildi. Bir populasyondaki tüm bireylerin taşıdığı genlerin toplamına populasyonun **'Gen Havuzu'** denir.

Aynı türe ait; fakat kalıtsal yapıları, daha doğrusu kalıtsal bileşimleri farklı olan bireylerin oluşturdukları topluluklara populasyon denir. Ekolojik açıdan populasyon, belirli bir bölgeye yayılmış aynı türe bağlı bireylerin oluşturduğu topluluk olarak tanımlanır. Eğer bu tanıma kendi aralarında üreyebilen canlıların topluluğu sözcüğünü de ilave edersek o zaman bu tip populasyonlara **'Mendel Populasyonları'** denir. Eşeysiz çoğalan canlı grupları Mendel Populasyonu tanımının dışında kalır.

P a n m i x i s: Bir populasyonda tüm bireylerin birbiriyle çiftleşme şansı aynı ise; yani bütün gametler kendi aralarında eşit birleşme ve döllenme şansına sahipse, buna panmiksiz ya da sadece panmiks denir. Özellikle yeterince büyük populasyonlarda bu eşitlik sağlanmıştır.

24.1. GEN HAVUZLARINDAKİ GEN FREKANSI

Bir bireyin kalıtsal yapısına genotip, bir populasyonun kalıtsal yapısına da gen havuzu denir. Örneğin insanın gen havuzunda A, B, AB ve O kan grupları bulunmasına karşın, bir bireyde ancak bu gruplardan birisi, genlerden de en çok ikisi bulunabilir. Her gen havuzundaki genlerin frekansı, o gen havuzuna geçmişte etki eden seçme baskısına göre farklılıklar gösterir. Örneğin Gana'daki insanların gen havuzları ile, İsveç'teki insanların gen havuzlarındaki genlerin frekansı birbirinden farklıdır. Gana'da doğan bir çocuk bu ortamdaki gen havuzunun belirli bir miktarını alır; İsveç'deki de kendi gen havuzunun bir kısmını genotipinde gösterir. Bunlar ortak bir atadan gelmelerine karşın, farklı çevre koşullarının etkisi altında doğal seçme ile farklı gen frekanslarına sahip olmuşlardır. Eğer bir populasyona dışarıdan göçle gen akımı yoksa (bu, bir populasyona göçle yeni bireylerin gelmesi ya da bu populasyonun

komşu populasyonla zaman zaman karışmasıyla olabilir), mutasyon ve kromozomal değişme meydana gelmiyorsa, şansa bağlı çiftleşme ve döllenme varsa, herhangi bir genin yararına ya da zararına seçme yoksa, populasyon yeterince büyükse, kural olarak gen havuzundaki genlerin frekansı sabit kalır ve bu tip populasyonlara **Kararlı Populasyonlar** denir. Doğal seçme hemen her zaman etkisini, herhangi bir şekilde göstereceği için, bir populasyonun sürekli kararlı kalmasını düşünemeyiz. Doğal olarak, seçme, belirli yönde yarar sağlayan genlerin zamanla havuzda frekansının artmasını sağlayacaktır. Bir populasyonun gen frekansını öğrenmemiz için ilk olarak homozigot çekinik özellikli bireylerin sayısını bilmemiz gerekir. Gen frekanslarının saptanması konusunda birbirinden bağımsız olarak İngiliz matematikçisi G.H. HARDY ve Alman hekimi WILHELM WEINBERG 1908 yılında bir bir formül geliştirdiler. O devirde bireyin kalıtsal özellikleri incelendiği için kimsenin dikkatini çekmedi. Daha sonra populasyon genetiği gelişince daha önce bulunmuş olan bu formül büyük değer taşıdı ve **"Hardy-Weinberg Kuralı"** olarak adlandırıldı.

24.1.1. HARDY - WEINBERG KURALI

MENDEL, monohibrit (heterozigot) çaprazlamalarda çekinik genlerin homozigot halde ortaya çıkma şansının 1/4 olduğunu gösterdikten sonra, birçok kişi çekinik genlerin populasyonda gittikçe azalacağına hükmettiler. Gerçekte bu doğru değildi. Eğer bir populasyonda bu çekinik genlere karşı ya da yararına bir doğal seçme yoksa her zaman frekansları sabit kalacaktır.

Örneğin mavi gözün ortaya çıkma şansının 1/4 olduğunu biliyoruz. Bu durumda mavi göz, populasyondan neden tamamen kalkmamaktadır? Belki göz rengi, verilecek iyi bir örnek değildir. Çünkü gözün açık veya koyu olmasını saptayan bir çift gen vardır. Buna karşılık göz renginin tonu birçok gen tarafından ayarlanır, yani poligenik bir kalıtım sözkonusudur. Eğer bir birey göz rengi bakımından homozigot çekinik ise gözleri açık veya renkli olur. Çünkü melanin birikimi olmaz. Başat gen taşırsa melanin birikimi olacağı için koyu renkli olur. Her iki rengin tonu da bir dizi diğer gen grubu tarafından kontrol edilir. Bu nedenle mavinin, elânın, siyahın vs.'nin birçok tonu bulunur. Biz, konunun daha kolay anlaşılmasını sağlamak için siyah ve mavi gözlü diye ikiye ayıracağız.

Örneğin, bir populasyonda A ve a genlerinin kalıtımını düşünelim. Birinci dölde durum AA, 2Aa ve aa olacaktır. Bu oranların dengeli bir populasyonda hemen her zaman aynı kaldığını gösterelim. Doğal olarak bu genotipteki bireylerin birbiriyle çiftleşme şansının aynı olduğunu varsayarız.

Varsayalım ki bir populasyonun % 16'sı mavi gözlüdür. Gen havuzunda bulunan A genlerinin oranını p, a genlerinin oranını da q ile gösterirsek, populasyonda a ya da A geni bulunacağından $p + q = 1$ olacaktır. Bunlardan birinin değerini bulursak diğerini çıkarmamız mümkündür. Ortamda p kadar A geni ve q kadar a geni taşıyan yumurtalar, p kadar A geni, q kadar a geni taşıyan spermalarla birleşeceğinden,

Tablo : 24.1

Çiftleşme									
Erkek		Dişi	Frekans	Yavru					
AA	X	AA	1/4 × 1/4	1/16 AA					
AA	X	Aa	1/4 × 1/2	1/16 AA	ve	1/16 Aa			
AA	X	aa	1/4 × 1/4			1/16 Aa			
Aa	X	AA	1/2 × 1/4	1/16 AA	ve	1/16 Aa			
Aa	X	Aa	1/2 × 1/2	1/16 AA		1/ 8 Aa	ve	1/16 aa	
Aa	X	aa	1/2 × 1/4			1/16 Aa	ve	1/16 aa	
aa	X	AA	1/4 × 1/4			1/16 Aa			
aa	X	Aa	1/4 × 1/2			1/16 Aa	ve	1/16 aa	
aa	X	aa	1/4 × 1/4					1/16 aa	
			TOPLAM:	**4/16 AA**		**8/16 Aa**		**4/16 aa**	

sonuç (pA + qa) (pA + qa) = p^2AA + 2pq Aa + q^2aa olur. Örnek olarak $p = \frac{1}{2}$ olduğunda, p, A geninin frekansını verdiğinden 1/2'dir ve a geninin frekansına yani q'ye eşittir ya da eşitlikten değeri bulunabilir: 1 — 1/2 = 1/2, (p + q = 1). Eğer biz bir populasyondaki çekinik homozigot bireylerin sayısını bilirsek diğer bireylerin genotiplerini de saptayabiliriz. Elimizdeki populasyonda mavi gözlülerin oranı % 16 olduğundan $(p + q)^2 = p^2 + 2pq + q^2$ eşitliğine göre, mavi gözlülerin yani aa genotipindeki bireylerin frekansı q^2'dir. Matematiksel olarak hesaplamak için 0.16 şeklinde yazılır, buradan bir a geninin oranını bulmak için karekök alınır ve sonuç olarak bir a geninin oranı 0.40 olarak bulunur. p + q = 1 olduğu için p, yani A'nın oranı 0.60 olarak bulunur. Bu oranlara göre, homozigot siyah gözlü olanların sayısı 0.60 × 0.60 = 0.36 olmalıdır (% 36). Heterozigot olanların sayısı 2pq olacağından, 2 × 0.60 × 40 = 0.48 (% 48) çıkacaktır. Toplam olarak % 16 mavi gözlü, % 36 homozigot siyah gözlü, % 48 heterozigot siyah gözlü birey bulunur; hepsinin toplamı % 100'dür. Yukarıda verilen tabloyu bu hesaplamaya uygularsak:

Tablo: 24.2.

Bir Populasyondaki Değişik Atalardan Mavi Gözlü Çocuk Meydana Gelme Olasılığı

	Yavrularda		
Ataların genotipi	Mavi gözlülerin yüzdesi	Frekansın hesaplanması	Populasyondaki mavi gözlülerin oranı
aa × aa	100	0.16 × 0.16 × 1.00	0.0256
aa × Aa	50	0.16 × 0.48 × 0.50	0.0384
Aa × aa	50	0.48 × 0.16 × 0.50	0.0384
Aa × Aa	25	0.48 × 0.48 × 0.25	0.0576
Toplam populasyondaki mavi gözlülerin oranı:			**0.1600**

24.1.1.1. *Multipli Allelde Frekans Hesaplanması*

İnsanda kan gruplarını bir seri allel saptamaktadır. A, B ve O grubu genlerin frekansını sırayla p, q ve r ile gösterirsek bağıntımız $p + q + r = 1$ olur. $(p + q + r)^2 = 1$'dir.

$(p + q + r)(p + q + r) = 1,$

$p^2 + 2pq + 2pr + q^2 + 2qr + r^2 = 1$

Herhangi bir toplumda yaptığımız gözlemlerde insanların % 45'inin A, % 13'ünün B, % 6'sının AB ve % 36'sının O grubundan olduğunu düşünelim. Buradan frekanslarını hesaplayalım.

Gözleyebildiğimiz kan grupları şu şekilde yazılabilir.

	AA, AO	BB, BO	AB	OO
Beklenen frekans	$p^2 + 2pr$	$q^2 + 2qr$	$2pq$	r^2
Gözlenen birey sayısı	45	13	6	36

O grubu olanların oranı yalnız r^2 şeklinde olduğu için

$r = \sqrt{0.36} = 0.6$'dır. Yukarıdaki bağıntıdan, $p = 1 - (q + r)$; $q = 1 - (p + r)$ yazılabilir. Buna göre;

$q + r = \sqrt{(q + r)^2} = \sqrt{q^2 + 2qr + r^2}$, rakamları yerine koyarsak;

$q + r = \sqrt{0.13 + 0.36} = \sqrt{0.49} = 0.7$

$p = 1 - (q + r) = 1 - 0.7 = 0.3$'dür.

$p + q + r = 1$ olduğuna göre, $q = 1 - (0.3 + 0.6) = 0.1$ olur ya da

$q = 1 - (p + r)$; $p + r = \sqrt{(p + r)^2} = \sqrt{p^2 + 2pr + r^2}$ değerleri yerine koyarsak

$q = 1 - \sqrt{0.45 + 0.36} = 1 - \sqrt{0.81} = 0.1$

Yukarıdaki hesaplamanın sağlamasını yaparsak: r^2 (OO) $= 0.6 \times 0.6 = 0.36$ (% 36); A grubu p^2(AA) $+ 2pr$ (AO) $= 0.3 \times 0.3 + 2 \times 0.3 \times 0.6 = 0.09 + 0.36 = 0.45$ (% 45); AB grubu $2pq$ (AB) $= 2 \times 0.3 \times 0.1 = 0.06$(% 6); B grubu q^2(BB) $+ 2qr$(BO) $= 0.1 \times 0.1 + 2 \times 0.1 \times 0.6 = 0.01 + 0.12 = 0.13$ (% 13). Bu örnekte verilen frekanslar (beklenen ve gözlenen) birbirine uymaktadır. Fakat bazen beklenen ve gözlenen frekanslar birbirine uymayabilir. O zaman BERNSTEIN (1930)'nın önerdiği düzeltme faktörü kullanılır. $d = 1 - (p + q + r) \rightarrow p + q + r + d = 1 \rightarrow p + q = 1 - (r + d)$, p için $p\left(1 + \frac{1}{2}d\right)$, q için $q\left(1 + \frac{1}{2}d\right)$, r için $r\left(1 + \frac{1}{2}d\right) + \frac{1}{2}d\left(1 + d\right)$ olur. Bu da yaklaşık r için $\left(r + \frac{1}{2}d\right)\left(1 + \frac{1}{2}d\right)$ olarak alınabilir. Örneğin gözlediğimiz 1000 kişiden 417'si (0.417) A, 86'sı (0.086) B, 30'u (0.030) AB ve 467'si (0.467) O grubundan ise, $r^2 = 0.467$ olduğundan, $r = 0.683$; $q = 1 - (p + r) = 1 - \sqrt{p^2 + 2pr + r^2} = 1 - \sqrt{0.417 + 0.467} = 0.060$; $p = 1 - \sqrt{q^2}$

$+ 2qr + r^2 = 1 - \sqrt{0.086 + 0.467} = 0.256$ olur. Toplamlarını alırsak, 0.256 + 0.060 + 0.683 = 0.999 çıkar. Buradaki fark, d = 1 − 0.999 = 0.001'dir. Bu durumda düzeltme faktörünü gruplara uygularsak:

	Hesaplanan	Düzeltme faktörü	Sonuç (yaklaşık)
p	0.256	$p(1 + \frac{1}{2} d) = 0.2561280$	0.256
q	0.060	$q(1 + \frac{1}{2} d) = 0.060030$	0.060
r	0.683	$(r + \frac{1}{2} d)(1 + \frac{1}{2} d) = 0.683842$	0.684

Bu tip kalıtım üç allelli; fakat allellerden ikisi kodominat (her durumda etkisini gösteren) biri çekinik olan bir kalıtım şeklidir. Yapılacak x^2 testleriyle beklenen ve gözlenen rakamlar birbirine uygunluk gösteriyorsa bu populasyon dengededir denir. Sapmalar, populasyonun kararsızlığını veya doğal seçme baskısı altında olduğunu gösterir.

24.1.1.2. *Alleller Arasında Sıralı Bir Başatlık Varsa*

Örneğin $A_{1(p)} > A_{2(q)} > A_{3(r)}$ ise bağıntı A_1A_1 (p^2), A_1A_2 (2pq), A_1A_3 (2pr), A_2A_2 (q^2), A_2A_3 (2qr), A_3A_3 (r^2) şeklinde yazılabilir. İlk olarak r, daha sonra q + r karekökü ile p bulunur.

24.1.2. DÜŞÜK FREKANSLI GENLERİN SAPTANMASI

Örneğin Amerika toplumunda doğan her 10.000 çocuktan bir tanesi, çekinik homozigot kalıtımlı kutis laksis (çekildiğinde derinin uzaması ve eski durumuna



Şekil 24.1:

Cutix laxis'de derinin aşırı sünme ve uzama özelliği. Doğan her 10.000 çocuktan birinde ortaya çıkar (Amerikan toplumunda).

çok yavaş dönmesi) hastalığına sahiptir (Şekil 24.1). Bu demektir ki $p^2 + 2pq + q^2 = 1$'de $q^2 = \frac{1}{10.000}$ dir. $q = \frac{1}{100} = 0.01$ (kutis laksis hastalığını meydana getiren çekinik genin frekansı). $p = 1 - q = 1 - 1/100 = 99/100$ (başat genin frekansı). $2pq = 2 \times 99/100 \times 1/100 = 198/10.000$ (heterozigotların sayısı).

24.1.2.1. *Akşınlığın (Albinoluğun) Saptanması*

Tirozinaz enziminin eksikliğinden ortaya çıkan albinizmin 20.000 doğumda bir görülmesi, çekinik gen frekansının kolayca saptanmasına olanak verir. q^2 (aa) = 1/20.000, buradan a'nın frekansı yaklaşık 1/141 olarak bulunur. $p = 1 - 1/141 = 140/141$. Heterozigot olarak taşıyıcı olanların sayısını hesaplamak istersek 2pq'de değerleri yerine koyarız, bu da $2 \times 140/141 \times 1/141 \simeq 1/70$. Demek ki yetmiş kişiden biri bu hastalık bakımından taşıyıcıdır.

24.1.2.2. *Fenilthiokarbamidin Tadını Algılayanların Oranı*

Fenilthiokarbamidin, daha doğrusu onun N — C = S bağının tadını alabilmek kalıtsal bir özelliktir. İnsanların bir kısmı bu maddeyi acı, bir kısmı da tatsız bulur. 3643 kişi üzerinde yapılan gözlemlerde % 70.2'sinin tadı aldığı, % 29.8'nin ise almadığı saptanmıştır. Tat alanlar arasındaki evlenmelerde % 12.4 oranında tat alamayan çocuklar oluştuğuna göre tat alma başat gene dayanmaktadır. Daha önce uyguladığımız formüllere göre gen frekanslarını bulmak çok kolaydır.

Beyazların % 30'u tat alamamasına karşılık, zenci, eskimo ve Amerika yerlilerinde tat alamama oranı çok daha küçük bulunmuştur. Bu da T ve t genlerinin değişik toplumlarda çok farklı frekanslarda bulunduğunu gösterir.

24.1.3. ZARARLI GENLERİ TAŞIYICI OLARAK BULUNDURAN BİREYLERİN ORANININ SAPTANMASI

Eğer bir populasyonda çekinik kalıtsal özellikler nadir görülüyorsa veya görülmüyorsa, taşıyıcı bireylerin oranını bulmak ilginç olacaktır. Kafkas ırkından Amerika'da yaşayan insanlar arasında 1/1600 oranında sistik fibrozis (daha önce de değindiğimiz gibi bol miktarda mukus salgısı meydana getiren bir hastalıktır) hastalığı görülür. Yani küçük s geninin frekansı $s = \sqrt{1/1600} = 1/40$'dır. 2pq'den heterozigotları bulmak istersek $2 \times 1/40 \times 39/40 = 1/20$ (taşıyıcı bireylerin oranı) olur. Homozigot çekiniklerin üreme şansı olmadığı için, yalnız heterozigotlar yeniden bu hastalığı meydana getirebilir. Heterozigotlar Ss × Ss şeklinde kendi aralarında çiftleşeceğinden ve meydana getirdikleri yavruların 1/4'ü ss olacağından, değerleri yerine koyarak sağlamayı yapalım. Bir heterozigotun meydana gelme şansı 1/20 idi, dolayısıyla Ss × Ss çarpımı $1/20 \times 1/20 = 1/400$ olacaktır. Bunların birleşmelerinden hastalıklı çocuk meydana gelme şansı, yani ss olma şansı 1/4 olduğundan, sonuç $1/400 \times 1/4 = 1/1600$ olur. Bu da gözlenene tam bir uyum gösterir.

Amerika'da yaşayan zencilerin 1/400'i orak hücreli anemidir. Bu genin frekansı, bu durumda 1/20'dir; taşıyıcıların oranı da 1/10'dur.

Tüm bu anlattıklarımız aynı toplum içerisindeki evlenmelerde geçerlidir. Farklı toplumların ve ırkların birbiriyle evlenmelerinde bu eşitlik uygulanamaz. Çünkü gen frekansları toplumlara ve ırklara bağlı olarak değişiklikler gösterir. Örneğin sistik fibrozis,siyahlar arasında nadir olmasına karşın, orak hücreli anemi de beyazlar arasında nadirdir. Dolayısıyla bir beyazla bir siyahın meydana getirecekleri çocuklarda bu hastalıkların çıkması kural olarak olanaksızdır. Çünkü birinin yüksek frekanslı zararlı geni, diğerinin düşük frekansı tarafından bir çeşit tamponlanmaktadır.

24.1.4. SEÇME İLE EŞİTLİĞİN DEĞİŞMESİ

Eğer seçme gücü heterozigotlar yararına ise, heterozigot bireylerin frekansı HARDY - WEINBERG kuralındakinden daha yüksek görünecektir. Bu tip bir seçmeyi, biz, test yapmak suretiyle anlayabiliriz. Örneğin, insanlardaki MN kan grubunu inceleyelim. Acaba MN genotipindeki bireyler MM ve NN bireylerine göre daha seçilici bir avantaja sahip midirler? Sicilya'da kan antijenleri üzerine yapılan bir araştırma N tipi için oranın % 20 olduğunu göstermiştir. Yani bu bireyler gen yapısı bakımından L^NL^N homozigottur. Bu yüzdenin karekökünden L^N geninin frekansı bulunabilir $L^N = \sqrt{0.20} = 0.44$'dür. $p(M) + p(N) = 1$ bağıntısından, L^M değerini 0.56 olarak buluruz. M geni için homozigot olan bireylerin yüzdesi $0.56 \times 0.56 = 0.3135$; yani toplumda MM olanların yüzdesi yaklaşık % 32 olacaktır. Heterozigot (MN) bireylerin oranı da $2pq = 2 \times 0.56 \times 0.44 = 0.4928$ (% 49.28) olacaktır. Yapılan araştırmalar gerçekte bu oranın Sicilya'da % 48 olduğunu göstermiştir. Diğer gruplar için hesaplanan ve gözlenen oranlar şöyledir.

	Fenotip			Alleller	
	M	MN	N	L^M	L^N
Gözlenen	0.32	0.48	0.20	0.56	0.44
Hesaplanan	0.31	0.49	0.20		

Hesaplanan ile gözlenen heterozigotların arasında uygunluk olduğu için heterozigotlar yararına herhangi bir seçme yoktur denir.

Orak hücreli anemi için durum değişiktir, sıtmalı bölgelerde heterozigotların yararına seçim olduğu için, sayıları homozigotlara göre daha fazla olarak gözlenir. Afrika'da sıtmanın yaygın olduğu bir bölgede doğan çocukların % 4'nün anemik olduğu saptanmış ve bu durumda heterozigotların oranının % 32 olması gerekeceği hesaplanmıştır. Halbuki kan testleri, heterozigotların oranının % 48 olduğunu göstermiştir. Çünkü homozigot normaller sıtmaya dayanıklı olmadıklarından ve anemik olanların bir kısmı yeterince oksijen sağlayamadıklarından dolayı ortadan kalkmıştır ve böylece heterozigotların oranı yükselmiş gibi görünmektedir.

Amerika'daki siyahlar arasında heterozigotların bu üstün özellikleri geçerli olmadığı için, yani sıtmaya karşı dayanıklılık sıtmasız bir ortamda işe yaramayacağı için, heterozigotların sayısı normal, hesaplanan gibi çıkmaktadır.

24.2. SEÇMENİN ETKİNLİĞİ

Başat bir gene karşı seçme tam etkilidir. Çünkü başat geni taşıyan bireyler fenotipte bu özelliği göstereceklerinden dolayı birinci dölde elenebilirler. Çekinik genlere karşı seçme çok daha yavaş yürütülecektir. Çünkü heterozigot halde taşındıklarından etkilerini fenotipte göstermeyeceklerdir. Dolayısıyla seçmeden kurtulacaklardır. Çekinik genlerin frekansı yüksekse, seçme, başlangıçta etkisini yüksek oranda gösterecek ve frekans azalması hızlı olacaktır. Fakat zamanla bu etki azalacak ve frekans azalması da düşecektir. Seçme ile çekinik zararlı genlerin populasyondan temizleneceğine inanan insanlar, bu genleri taşıyan insanların üremesinin engellenmesiyle bir zaman sonra populasyonun tamamen sağlığa kavuşacağını savunmuşlardır. Fakat aşağıda da açıklayacağımız gibi bu yolla yapılacak islah (iyileştirme) hiçbir zaman % 100 başarıya ulaşamayacaktır ve çok uzun zaman alacaktır.

24.2.1. BAŞAT GENLERE KARŞI DOĞAL SEÇMENİN ETKEN OLDUĞU DURUMLARDA GEN FREKANSININ DEĞİŞMESİ

Örneğin bir populasyonda A ve a allelleri bulunsun ve doğal seçme, büyük A'nın zararına etki göstersin. Bu durumda büyük A geninin frekansı düşecektir. Bir genotipin bir dölde ayıklanma oranına "s" dersek, bu genotipin uyum yeteneği 1 − s ile ifade edilir. s oranına da seçme katsayısı denir. Başat genler % 100 elendikleri zaman s = 1'dir.

Genotip	AA	Aa	aa
Başlangıç gen frekansı	p^2	2pq	q^2
Uyum değeri (UD)	1 − s	1 − s	1

$$(1 - s)\,p^2 + (1 - s)\,2pq + q^2 = p^2 - sp^2 + 2pq - 2spq + q^2$$
$$= 1 - sp^2 - 2spq$$
$$= 1 - sp\,(p + 2q)$$
$$= 1 - sp\,(1 + q)$$
$$= 1 - s\,(1 - q)\,(1 + q)$$
$$= 1 - s\,(1 - q^2)$$

Bir kuşak sonra meydana gelecek gen frekansı değişimi ($\triangle q$),

$$q_1 = \frac{(1 - s)\,pq + q^2}{1 - s\,(1 - q^2)} \qquad \triangle q = \frac{q_1 - q = (1 - s)\,pq + q^2}{1 - s\,(1 - q^2)} - q$$

$$\triangle q = \frac{sq^2\,(1 - q)}{1 - s\,(1 - q^2)}$$ olacaktır.

24.2.2. ÇEKİNİK GENLERE KARŞI DOĞAL SEÇMENİN ETKİN OLDUĞU DURUMLARDA GEN FREKANSININ DEĞİŞMESİ:

A ve a allellerinin bulunduğu bir populasyonda küçük a geninin zararına bir seçme varsa, aa genotipindeki bireylerin tümü elenecektir (s = 1'dir).

Genotipler	AA	Aa	aa
Başlangıç frekansı	p^2	$2pq$	q^2
Uyum değeri (UD)	1	1	0
Gamete katılma	$p^2 \times 1$	$2pq \times 1$	0

Seçmeden sonraki toplam oran $p^2 + 2pq = p(p + 2q) = p(p + q + q) = p(1 + q)$ durumuna gelir ve genotip frekansları

$$P(AA) = \frac{p^2}{p(1+q)} = \frac{p}{1+q}$$

$$P(Aa) = \frac{2pq}{p(1+q)} = \frac{2q}{1+q}$$

$$P(a) = \frac{1}{2} \cdot \frac{2q}{1+q} = \frac{q}{1+q}$$

haline gelir.

Yukarıda verilen tablodan da anlaşıldığı gibi genlerin tümü gametlerin kalıtsal yapısına katılmaz. Doğal seçme sonunda aa genotipli bireylerin seçilme katsayısı s ise sq^2 kadar kayıp verir. a genini içeren gametlerin frekansını ve dolayısıyla a geninin gelecek kuşaktaki frekansını bulabilmek için

$$\Delta q = \frac{q}{1+q} - q = \frac{q - q - q^2}{1+q} = -\frac{q^2}{1+q}$$

eşitliği kurulur. Homozigot halde ayıklanan bir ortamda q ihmal edileceğinden $\Delta q = -q^2$ olur. $q = 0.01$ ise, bir dölde azalçak miktar $q^2 = 0.0001$ gibi düşük orana ulaşır. Dölden döle q_o ilk frekans olmak üzere (s = 1 alınmıştır)

$$q_1 = \frac{q_o}{1+q_o}$$

$$q_2 = \frac{q_1}{1+q_1} = \frac{\frac{q_o}{1+q_o}}{1+\frac{q_o}{1+q_o}} = \frac{q_o}{1+2q_o}$$

$$q_n = \frac{q_o}{1 + nq_o}$$

şeklinde harmonik bir azalma gösterir ve belirli bir frekans değişimi için gereken döl sayısı hesaplanabilir. Bu değer

$$n = \frac{q_o - q_n}{q_o q_n}$$ dir.

24.2.3. ÇEKİNİK GENLERE KARŞI KISMİ SEÇİM OLDUĞU ZAMAN GEN FREKANSLARINDAKİ DEĞİŞMELER

Bazen çekinik genlere karşı tam bir doğal seçme olmazsa, o zaman s katsayısı oranında bir eleme sözkonusu olur.

AA	Aa	aa	Toplam
p^2	2pq	q^2	1
1	1	1 − s	—
p^2	2pq	$(1 - s)q^2$	$1 - sq^2$

şeklindedir. Buna göre

$$q_1 = \frac{pq + (1 - s)q^2}{1 - sq^2} = \frac{q(1 - sq)}{1 - sq^2}$$

$$\Delta q = \left[\frac{q(1 - sq)}{1 - sq^2} - q\right] = \frac{sq^2(1 - q)}{1 - sq^2}$$

bulunur. Burada q çok küçükse formül,

$$\Delta q = - sq^2$$

şeklini alır. Burada birimden küçük bir katsayı da işe karışacağı için değişme daha yavaş olur. Nitekim Δq t zaman değişkenine göre

$$\frac{dq}{dt} = - sq^2(1 - q)$$

$$\frac{dq}{q^2(1 - q)} = - sdt$$

şeklinde ifade edilir ve 0 — n aralığında integral alınırsa

$$\int_{q_o}^{q_n} \frac{dq}{q^2(1 - q)} = - s \int_{o}^{n} dt$$

$$sn = \left(\frac{1}{q} + \log_e \frac{1-q}{q} \right) \frac{q_n}{q_o}$$

$$= \frac{1}{q_n} - \frac{1}{q_o} + \log_e \frac{1-q_n}{q_n} - \log_e \frac{1-q_o}{q_o}$$

bulunur. Bütün bu formüllerde s'nin sabit kaldığı varsayılarak işlem yapılmıştır. Bir ortamda s'nin binlerce sene sabit kalacağı düşünülemez.

24.2.4. HETEROZİGOTLARIN DÖL VERME VE YAŞAMA GÜCÜ BAKIMINDAN HOMOZİGOTLARDAN DAHA ÜSTÜN OLDUĞU DURUMLARDA GEN FREKANSININ DEĞİŞMESİ

Bazı durumlarda heterozigotların yaşama şansı homozigotlardan daha fazladır (orak hücreli anemide olduğu gibi). O zaman frekansların durumu şöyledir:

AA	Aa	aa	Toplam
p^2	$2pq$	q^2	
$1-s$	1	$1-t$	$1 - sp^2 - tq^2$

Buradan frekans değişimi

$$q_1 = \frac{pq + (1-t)q^2}{1 - sp^2 - tq^2} = \frac{q(1-qt)}{1 - sp^2 - tq^2}$$

$$\Delta q = \frac{q(1-qt)}{1 - sp^2 - tq^2} - q = \frac{pq(ps - qt)}{1 - sp^2 - tq^2}$$

şeklinde bulunur. Heterozigotlar yararına seçimin durduğu nokta $\Delta q = 0$, yani

$$ps - qt = 0,$$
$$ps = qt$$

bağıntısıyla saptanır. Denge frekansı

$$ps + qs = qt + qs,$$
$$s = q(t + s),$$
$$\hat{q} = \frac{s}{t+s}$$

şeklinde bulunur.

24.2.5. MUTASYON VE SEÇME ARASINDAKİ DENGE

Gen frekansını değiştiren, varyasyon kaynağı mutasyonlar, daha çok çekinik genlerin ortaya çıkmasını sağlar. Bunlar zararlı ise doğal seçme ile populasyonlardan elenir. Bu iki zıt mekanizmanın işleyiş durumu şöyledir. Eğer bir populasyonda bir a geni u mutasyon hızıyla meydana geliyor ve s oranında doğal seçmeyle ayıklanıyorsa, q frekansındaki artış, q küçük olmak koşuluyla şöyledir:

$$\Delta q = (1 - q)\, u - sq^2 (1 - q)$$

İki gücün dengeye gelmesi için farkın sıfır olması yeter ve

$$(1 - q)\, u - sq^2 (1 - q) = 0,$$

$$u = \frac{sq^2 (1 - q)}{1 - q} = sq^2,$$

$$\hat{q}^2 = \frac{u}{s}$$

$$\hat{q} = \sqrt{\frac{u}{s}}$$

bağıntıları bulunur. Bir çekinik geni meydana getiren mutasyonun oluş oranı milyonda iki, seçme katsayısı da yüzde iki ise, denge frekansı,

$$\frac{u}{s} = \frac{0.000002}{0.02} = 0.0001,$$

$$\hat{q} = \sqrt{\frac{u}{s}} = \sqrt{0.0001} = 0.01$$

dir. Bu frekansla homozigotlar onbinde bir olduğu halde heterozigotlar bunun 198 misli, yani

$$\hat{H} = 2\hat{q}(1 - \hat{q}) = 2\,(0.01)\,(0.99) = 0.0198$$

dir. On misli yüksek bir seçme baskısı bu oranları,

$$\hat{q} = \sqrt{0.00001} = 0.0032,$$
$$\hat{H} = 2\,(0.0032)\,(0.9968) = 0.0032$$

ye indirir; ama heterozigotların miktarı, bu defa, homozigotların 320 mislidir. Kaldı ki, böyle bir seçme olanağı, özellikle doğal halde, mevcut değildir.

Bu populasyonda v hızıyla geriye doğru mutasyon meydana geliyorsa o zaman eşitlik şöyle yazılacaktır:

$$\Delta q = q_1 - q$$

$$\Delta q = up - vq, \quad q_1 = pu - qv + \frac{q(1 - sq)}{1 - sq^2} - q$$

$$\Delta q = -\frac{sq^2(1 - q)}{1 - sq^2}$$

$$u(1 - q) - vq = \frac{sq^2(1 - q)}{1 - sq^2}$$

dir.

24.2.6. YAPAY SEÇMEDE GEN FREKANSININ HESAPLANMASI

Evcil hayvanlarda görünürdeki bir özelliğe karşı % 100 seçme uygulanabilir. Wyandotte tavuklarında bir follukta % 75 başat gül ibik, bezelye ibik; % 25 de çekinik balta ibikli bireyler bulunur. HARDY - WEINBERG kuralına göre populasyondaki genlerin % 50'si bu durumda çekiniktir. Tavuk yetiştiricisinin balta ibiklileri elemine etmek istediğini varsayalım. Her yavru çıkışında, üremeden, gül ibiklileri yok ettiğini düşünelim. Genotipin başta 1/4 SS : 1/2 Ss : 1/4 ss olması gerekir. Birinci dölde elemine edilmek suretiyle durum 1/3 SS : 2/3 Ss olmuştur. Yani S/s oranı 2 olmuştur. Bu durumda S'lerin % 50'lik oranı % 66.6; küçük s'lerin % 50'lik oranı % 33.3 olmuştur. Bu ilk dölün kendi aralarındaki çiftleşmelerinde % 11 oranında balta ibikli çıkar (daha önce % 25 idi). Çünkü s geninin frekansı 0.333 olmuştur, o halde $ss(s^2) = (0.333)^2 = 0.1109$ olur.

Yetiştirici bu yöntemle balta ibiklilerin hızla azalacağını düşünür ve seçmeye devam ederse, bir zaman sonra azalan çekinik genin frekansına bağlı olarak seçmenin de etkinliğini yitirdiğini görecektir. Bunu basit bir formülle açıklamaya çalışırsak; herhangi bir kuşakta (genarasyonda) azalan balta ibik geninin frekansı ile seçme arasındaki ilişkiyi ortaya koyabiliriz.

$$q_n = \frac{q_o}{1 + nq_o}$$

q = Çekinik allellerin frekansı
n = Döl (kuşak = genarasyon) sayısı
q_o = Çekinik allellerin ilk (orijinal) frekansları; örnekte % 50 verilmiştir.

Eğer biz bu formülü çekinik homozigotlara karşı tam bir seçme olan durumlarda birinci döle uygularsak:

$$q_1 = \frac{q_o}{1 + 1q_o} = \frac{0.50}{1 + (1 \times 0.50)} = 0.333 \text{ (s genlerinin frekansı)}$$

$$ss = (0.333)^2 = 0.1109$$

Bu formül kesiksiz eleminenin yapıldığı bir denemede, herhangi bir dölde (kuşakta) gen frekansının ne olduğunu bulmak için de kullanılır. Örneğin beş döl sonra durumun ne olduğunu bulalım.

$$q_5 = \frac{0.50}{1 + (5 \times 0.50)} = 0.143 \text{ (s geninin frekansı)}$$

$$ss = (0.143)^2 = 0.02 \text{ ya da \% 2 (balta ibikli bireylerin oranı)}$$

Beş döl sonra balta ibikliliğin gen frekansı % 25'den % 2'ye iner. Fakat gittikçe bu azalmanın hızı düşer. Örneğin 10 döl sonra

$$q_{10} = \frac{0.50}{1 + (10 \times 0.50)} = 0.0833 \text{ (s geninin frekansı)}$$

$$ss = (0.0833)^2 = 0.0069 \text{ ya da \% 0.69 (balta ibiklilerin oranı)}$$

İlk beş dölde azalma, ilk duruma göre 12 misli olmasına karşın; daha sonraki beş dölde azalma ancak 3 mislidir. Seçme devam ederse bu hız daha da düşer.

Yirmi döl sonra balta ibiklilerin oranı % 0.2'ye düşer. Fakat homozigotlarla beraber heterozigot olanları da elemine edersek, yani balta ibikli bireylerle birlikte bezelye ibikli bireyleri de ortamdan kaldırırsak bir döl sonra küçük s genini tümüyle ortadan kaldırılmış oluruz.

24.2.7. İNSAN POPULASYONUNDA SEÇMENİN DEĞERİ

Yapay seçme ile kültür bitkilerini ve evcil hayvanları o kadar değiştiririz ki bir zaman sonra onlar doğada yaşayanlardan çok büyük farklılıklar göstermeye başlar. Yabani formların, bizim için yararlı olan özelliklerini bir araya toplamaya çalışırız. Daha sonraki bölümlerde göreceğimiz gibi, bazı kişiler, geçmişte ve günümüzde, bu uygulamanın insanlar için de yapılması gerektiğini ve üstün bir ırkın bu şekilde sağlanabileceğini savunmaktadır. Doğal olarak, biz, insanı evcil bir hayvan gibi çiftleştiremeyiz. Fakat belki kalıtsal bozukluklar taşıyan insanların üremesini sınırlayabilir ve böylece zararlı genleri populasyondan temizleyebiliriz. Ama yukarıda anlattığımız gibi kusur meydana getiren genlerin çoğu çekiniktir, heterozigot olarak taşınırlar ve etkisini fenotipte göstermezler. Kusurlu olan bireylerin üremesini önleme veya sınırlama, yani homozigot çekinik bireylerin ortadan kaldırılmasının populasyondaki gen frekansını çok yavaş azalttığını matematiksel olarak gördük.

Geçmişte birkaç defa uygulanmaya çalışılmakla beraber; biz zalim bir diktatörün dünyanın bir bölgesinde evcil hayvanlara uygulanan bu seçme kurallarını insanlara uyguladığını varsayalım. Örneğin bu toplumda mavi gözlülerin oranı % 16 olsun ve diktatörün göz rengi koyu olduğu için, mavi gözü, ırkın bir bozulması olarak değerlendirerek, bu göz renginin toplumdan temizlenmesini emretsin. İnsanların % 16'sı mavi gözlü olursa, küçük a geninin frekansı % 40 demektir. Bir döl sonra, şayet emir yüzde yüz uygulanmışsa, mavi göz rengi geninin frekansı a % 28.57'ye düşer ve

bunların çiftleşmesinden doğan mavi gözlü çocukların oranı da % 8.2'ye geriler. Bu diktatörün izleyicileri daha sonraki 10 dölde de aynı uygulamayı gerçekleştirirlerse, gen frekansı % 8'e ve mavi gözlülerin sayısı da % 0.64'e iner. Gittikçe bu seçmenin etkinliği azalır ve hatta 100 döl sonra dahi mavi gözlü çocuklar doğar. Bir zaman sonra da frekans azalması hiç görülmez. Çünkü yeni mutasyonlarla populasyona eklenen mavi göz geni ile seçme dengeye gelir ve bu denge noktasından da aşağıya inemez. Bu, insan populasyonundaki kusurların azaltılması için seçmenin etkisiz olduğunu ifade etmez. Gördüğümüz gibi bu seçme belirli ölçüde kusurlu doğma şansını düşürebilir. Fakat son zamanlarda gelişen yöntemlerle populasyona eklenen zararlı genlerin sayısında çoğalmalar meydana gelmekte ve dolayısıyla kusurlu çocuk doğma şansı da artmaktadır. İnsanların, evcil hayvanlar gibi yok edilmesi anlamsızdır. Yalnız, kusurlu bireylerin gen havuzuna sürekli zararlı gen sokmasının da önlenmesi gerekmektedir. Bunun tartışmasını daha sonraki bölümlerde göreceğiz.

Doğal olarak tüm sorun heterozigot bireylerdedir. Çünkü zararlı genleri göstermeden taşırlar. Bunlara da çocuk yapmamayı önerebilirmiyiz? Bugünkü yöntemlerle homozigot halde kusur meydana getiren bazı genlerin heterozigot halini de saptayabiliriz. Bu yolla orak hücreli anemi, Tay Sachs hastalığı, sistik fibrozis ve PKU'nın taşıyıcıları da tanınabilir ve gerekirse çoğalmaları sınırlandırılabilir. Fakat hepimiz bazı zararlı genleri taşırız. Tüm genleri bakımından normal olan bir canlı düşünmek hatalıdır. Eğer kusurlu genleri bu yolla ayıklamaya çalışırsak her özelliği normal olan bir insan bulmak olanaksızdır. Fakat görünürde büyük anormallikler meydana getiren, bireyin toplumdaki işlevlerini aksatan ya da bireyin kendi başına yaşamını sürdüremeyecek kadar kusur meydana getiren genlerin ayıklanmasının da toplumun geleceği bakımından daha iyi olacağı fikrini savunanların sayısı oldukça fazladır.

24.2.8. TAMAM OLMAYAN SEÇMENİN İNSAN TOPLUMUNDAKİ ÖNEMİ

Daha önce başlık 24.2.3'de değindiğimiz ve çekinik genlere karşı tam bir seçme olmadığı zamanlarda frekansın nasıl değiştiğini hesaplamaya çalıştığımız duruma ilaveten birkaç örnek verme konunun anlaşılması bakımından daha uygun olur.

Herhangi bir özelliğe karşı doğal seçme, çoğunluk tam olmayabilir. Bazı genler meydana getirdikleri kusurların yanısıra bireye diğer işlevlerinde üstünlük sağlayabilir. O zaman tam olmayan seçme ortaya çıkar. Örneğin seçme oranı % 75 ya da % 90 olabilir. Bu demektir ki o özellik % 75 elenme, % 25 de korunma eğilimindedir. Biz, doğal seçmenin katsayısını s ile gösterirsek, eşitlik daha önce de değindiğimiz gibi yaklaşık şöyle olur:

$$q_n = \frac{q_o}{1 + snq_o}$$

Kümes hayvanları yetiştiren birisinin her dölde balta ibikli tavukların % 50'sini ortadan kaldırdığını düşünelim. Bu 0.5 değerli bir s katsayısı demektir. Balta ibiklilik genine karşı her döl için bu kısmi seçim şu sonucu verecektir:

$$q_1 = \frac{0.50}{1 + (0.5 \times 1 \times 0.5)} = 0.40 \text{ (balta ibik geninin frekansı)}$$

Tam seçmede balta ibiklilerin oranı % 11'e düşmesine karşın, kısmi seçmede (s = 0.5) bu oran % 16'da kalır. Beş döl sonra tam seçmede % 2'ye düşmesine karşılık, kısmi seçmede balta ibiklilerin oranı ancak % 4.9'a kadar düşebilir. Her ne kadar kısmi seçimde ayıklama yavaş yürüyor gibi görünüyorsa da, uzun süre içerisinde oldukça etkilidir. Doğal seçmenin zararlı özellikler üzerinde tam değil de kısmi seçme özelliği daha yaygındır. Canlının yaşamını sürdürecek organik kusurlar olmadığı sürece, sadece yaşam savaşında bireye dezavantaj veren özellikler, doğal seçmenin bu kısmi seçme baskısının etkisi altında kalırlar.

24.2.9. GEN DENGESİ

Daha önce de değindiğimiz gibi yapay ya da doğal seçme ile zararlı bir genin populasyondan tamamen temizlenmesi olanaksızdır. Çünkü mutasyonlarla yeni genlerin populasyona katılması kaçınılmazdır. Mutasyon hızı, değişik genler için farklıdır ve çoğunluk çok düşüktür. Eğer populasyon dengede ise, doğal seçme ile populasyondan ayıklanan genler kadar gen, mutasyonlarla populasyona eklenir. Dolayısıyla zararlı genlerin yüzdesi tüm döllerde aynı kalır. Homozigot çekinik halde üreme yeteneğini yitiren bireylerin gen oranları populasyonda azalırken, bu iki genin yerine mutasyonla yeni genler katılıyorsa o populasyon dengede kalır. Bu denge, gene karşı olan seçme baskısının değişmesi ya da mutasyonla giren genlerin sayısında değişmelerin meydana gelmesiyle bozulur. Daha sonraki bölümlerde bu dengenin insan populasyonları için ne denli önemli olduğunu göreceğiz. Şimdi biz mutasyon ve geri mutasyonla meydana gelecek değişiklikleri inceleyelim.

24.2.9.1. *Mutasyonun Gen Frekansına Etkisi*

AA genotipinden yapılmış bir populasyonda mutasyonla bir a geninin meydana geldiğini varsayalım. Aa genotipli birey döl vermek için AA genotipli bireylerle çiftleşecektir. Bu çiftleşmeden tekrar Aa genotipli bir bireyin meydana gelme şansı 1/2'dir. Her iki yavrunun Aa olma olasılığı $(1/2)^2 = 1/4$'dür. n sayıda yavrunun Aa olma olasılığı ise $(1/2)^n$ olur. Bu olasılıklar aynı zamanda a geninin populasyondan ayıklanmasını da ifade eder. Populasyonda bir defa mutasyon meydana gelmişse, a geninin birkaç döl sonra yitirilme olasılığı vardır. Doğal olarak bu durum populasyonda döl dağılımına ve diğer dinamik etkenlere bağlıdır. Örneğin ortalama çocuk sayısı 2 olan ve az çocuk yapmaya eğilimli (Poisson dağılımı gösteren) bir sanayi toplumunda p_i, i çocuklu ailenin frekansı, L_i de bu ailede a geni taşımayan çocuk bulunma olasılığını göstermek üzere, a geninin ilk dölde yitirilme olasılığı

$$I_i = \sum_{i=1}^{\infty} p_i L_i$$

$$= \sum_{i=1}^{\infty} \left(\frac{1}{i!} e^{-2} 2^i\right) \left(\frac{1}{2}\right)^i$$

$$= e^{-2} \sum_{1=0}^{\infty} \frac{1}{1!}$$

$$= e^{-2}\left(1 + 1 + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} \ldots + \frac{1}{n!}\right)$$

$$= e^{-2}(e) = e^{-1} = 0.3679$$

olur. Buna göre ilk dölde mutant allelin bulunma olasılığı $1 - 0.3679 = 0.6321$'dir. Bir döl sonra bu oran $I_2 = e^{-(1 - 0.3679)} = 0.5315$ olacaktır. Böylece, örneğin 10 döl sonra bu a geninin bulunma olasılığı % 10 civarında olacaktır.

24.2.9.2. *Sürekli ve Düzenli Meydana Gelen Mutasyonların Etkisi*

Mutasyonlar, populasyonların etkisi altında kaldığı çevre koşullarının, özellikle kısa dalgalı ışınların, kimyasal maddelerin, yüksek sıcaklığın vs.'nin yoğunluğuna bağlı olarak ortaya çıkar. Çevre koşullarının sabit olduğunu varsayarsak, herhangi bir gen lokusunda mutasyon meydana gelme hızını her dölde 10^{-5} - 10^{-8} arasındaki bir oranda kabul etmek mümkündür. Bir populasyonda

$P(A) = P_o$
$P(a) = q_o$
$P(A \longrightarrow a) = u$

ise gelecek generasyonlarda frekanslar,

$$p_1 = p_o - u p_o = p_o (1 - u)$$
$$p_2 = p_1 - u p_1 = p_o (1 - u) - u p_o (1 - u)$$
$$= p_o - u p_o - u p_o + u^2 p_o$$
$$= p_o (1 - u)^2$$

.

$$p_n = p_o (1 - u)^n$$
$$q_n = 1 - p_n = 1 - (1 - q_o)(1 - u)^n$$

şeklini alacaktır. Buradan,

$$(1 - u)^n = \frac{p_n}{p_o} = \frac{1 - q_n}{1 - q_o}$$

formülü elde edilir. Bu formülde, yaklaşık

$$(1 - u)^n = e^{-nu}$$

yazılırsa

$$e^{-nu} = \frac{1 - q_n}{1 - q_o}$$

$$-nu = \log_e \left(\frac{1 - q_n}{1 - q_o} \right)$$

$$nu = \log_e \left(\frac{1 - q_o}{1 - q_n} \right)$$

$$nu = 2.3026 \log \left(\frac{1 - q_o}{1 - q_n} \right)$$

bağıntıları elde edilir. Bunları kullanarak verilen dölde frekans artışını ya da bir frekans artışı için gerekli döl sayısını hesaplayabiliriz.

24.2.9.3. *Geriye Mutasyonların Gen Frekansına Etkisi*

q frekansını u oranında artıran mutasyona karşı, v oranında azaltan bir geri mutasyon oluşabilir. O zaman $\Delta q = up - vq$

yazmak mümkündür. Her iki yönde oluşan mutasyonlar arasındaki denge

$$\Delta q = up - vq = 0$$

olduğunda sağlanır. Buradan denge frekansları

$$\begin{aligned} up &= vq \\ up + uq &= vq + uq \\ u &= (v + u)q \end{aligned}$$

$$\hat{q} = \frac{u}{v + u}$$

$$\begin{aligned} up &= vq \\ up + vp &= vq + vp \\ (u + v)p &= v \end{aligned}$$

$$\hat{p} = \frac{v}{u + v}$$

şeklinde bulunur. Böylece denge frekansları başlangıç frekanslarına bağlı olmaksızın belirlenir. Örneğin, bir populasyonda A geni a genine 0.00003, a geni A genine 0.00002 oranında dönüşüyorsa denge frekansı

$$\hat{q} = \frac{u}{u + v} = \frac{0.00003}{0.00003 + 0.00002} = \frac{3}{5} = 0.6$$

dır. u ve v oranları sabit kaldıkça, bu frekansta denge oluşur. Mutasyonun bu seviyelerde işlemesi,değişik q frekanslarını $\hat{q}$ denge frekansına iter. Bu itişin değerini, Δq formülüne $q - \hat{q}$ bağıntısını yerleştirerek bulabiliriz.

$$\begin{aligned}
\Delta q &= up - vq \\
&= (1 - q)\,u - qv = u - (v + u)q \\
u &= (u + v)\,\hat{q} \text{ olduğundan} \\
\Delta q &= (u + v)\,\hat{q} - (u + v)q \\
\Delta q &= -(u + v)\,(q - \hat{q})
\end{aligned}$$

elde edilir.

n dölünde meydana gelecek değişmeyi, Δq çok küçük, t zaman birimi olmak üzere,

$$\frac{dq}{dt} = -(u + v)\,(q - \hat{q})$$

$$\frac{dq}{q - \hat{q}} = -(u + v)\,dt$$

şekline getirmek ve

$$\int_{q_o}^{q_n} \frac{dq}{q - \hat{q}} = -(u + v) \int_{o}^{n} dt$$

işlemini uygulamak suretiyle buluruz. Böylece,

$$\log_e \left(\frac{q_n - \hat{q}}{q_o - \hat{q}}\right) = -(u + v)n$$

$$n(u + v) = \log_e \left(\frac{q_o - \hat{q}}{q_n - \hat{q}}\right)$$

elde edilir. Örneğin yukarıda verilen mutasyon hızlarının geçerli olduğu bir populasyonda frekansı % 30'dan % 40'a çıkarabilmek için

$$0.00005\,n = \log_e\left(\frac{0.3 - 0.6}{0.4 - 0.6}\right)$$

$$= \log_e 1.5 = 0.40547$$

$$n = \frac{0.40547}{0.00005} = 8109$$

dölün geçmesi gerekmektedir.

Mutasyon ile doğal seçmenin ortak etkileştiği bir ortamda, gen frekansının değişimi de bu bölümün 24.2.5 kodlu başlığı altında verilmiştir.

24.3. GEN GÖÇÜNDEN MEYDANA GELEN FREKANS DEĞİŞİMLERİ

Ana populasyonda gen frekansı q_o, göçmen populasyonda q_m ve göç hızı da m ise karışma sonunda mq_m ve $(1 - m)q_o$ kadar gen bir araya gelerek

$$q_1 = mq_m + (1 - m)q_o$$
$$= q_o + m(q_m - q_o)$$

gen frekansını oluşturacaktır. Göçmen populasyondan gelen gen oranı ve göç hızı aynı şekilde devam ederse, frekans artışı,

$$\triangle q_1 = q_1 - q_m = q_o - mq_o + mq_m - q_m$$
$$= (1 - m)\,q_o - (1 - m)\,q_m$$
$$= (1 - m)\,(q_o - q_m),$$
$$\triangle q_2 = q_2 - q_m$$
$$= (1 - m)^2\,(q_o - q_m),$$
$$\triangle q_n = (1 - m)^n\,(q_o - q_m),$$
$$q_n - q_m = (1 - m)^n\,(q_o - q_m)$$
$$(1 - m)^n = \frac{q_n - q_m}{q_o - q_m}$$
$$-nm = \log_e\left(\frac{q_n - q_m}{q_o - q_m}\right)$$
$$nm = \log_e\left(\frac{q_o - q_m}{q_n - q_m}\right)$$

şeklinde formüle bağlanabilir.

Bu karışıma Amerika zencileriyle beyazları tipik bir örnek oluşturur. Rh geninin bir alleli (R^o) Amerika beyazları arasında 0.028 oranındadır. Zenciler arasında genin frekansı 0.446 olarak bulunmuştur. Doğu Afrika zencilerinde aynı genin frekansı 0.630'dur. Amerika zencileri arasındaki frekans düşüklüğü, üç yüzyıl devam eden gen göçüne dayandırılabilir. Aradan 10 döl geçtiğini düşünerek genin beyazlardan

zencilere göç hızını hesaplayabiliriz. Bu durumda $q_o = 0.630$, $q_m = 0.028$, $q_n = 0.446$, $n = 10$ alınarak

$$10m = \log_e \left(\frac{0.630 - 0.028}{0.446 - 0.028} \right) = \log_e 1.44$$

$$10m = 0.36464$$

$$m = 0.036464$$

bulunur. Demek ki gen göçü % 4 civarında bir hızla gelişmiştir.

24.4. İÇ VE DIŞ ÇAPRAZLAMANIN ETKİSİ

Yakın akraba evliliklerinin daha fazla anormal çocuk meydana getirdiği gözlendiği zaman, bunun yakın kan akrabalığından doğduğuna inanılmıştır. Gerçekte, bu, çekinik zararlı genlerin homozigot halde ortaya çıkma şansının artmasından dolayıdır. Tüm diploit organizmalar, heterozigot halde çekinik zararlı gen taşımakla beraber, her birey değişik bir zararlı gen taşıdığı için, aynı özellik bakımından çekinik zararlı genlerin bir araya gelmeleri bu nedenle oldukça zordur. Bireyler arasında akrabalık derecesi ne kadar uzaksa bu zararlı genlerin bir araya gelme şansı da (aynı özelliği oluşturan genler bakımından) o derece düşük olur. Fakat bu o kadar kolay değildir. Örneğin 50 bireylik bir köyü ele alalım. Bu bireylerin hepsinin farklı atalardan meydana geldiğini düşünelim. Dört döl boyunca da atalar birbirinden farklı olsun. Bir bireyin dört döl geriye doğru atası diğerleriyle ortak değilse bu 2^n kuralına göre $2^4 = 16$; 50 kişi için de $50 \times 16 = 800$ farklı birey demektir. Bu hesaplamadan bir sonuç çıkarabiliriz. Kural olarak akraba evlilikleri kaçınılmazdır. Fakat bu akrabalığı mümkün olduğu oranda uzak derecelerde tutmak gereklidir. Eğer izlenebilir bir akrabalık yoksa çiftleşen bireyler arasında anormalliğin ortaya çıkması çok küçük olasılıklarla olur. Yakın akrabalar, benzer özellikler için çekinik zararlı genleri taşıma şansları daha fazla olduğu için, meydana getirecekleri yavrularda bunların homozigot çekinik şekilde açığa çıkma olasılıkları yükselir.

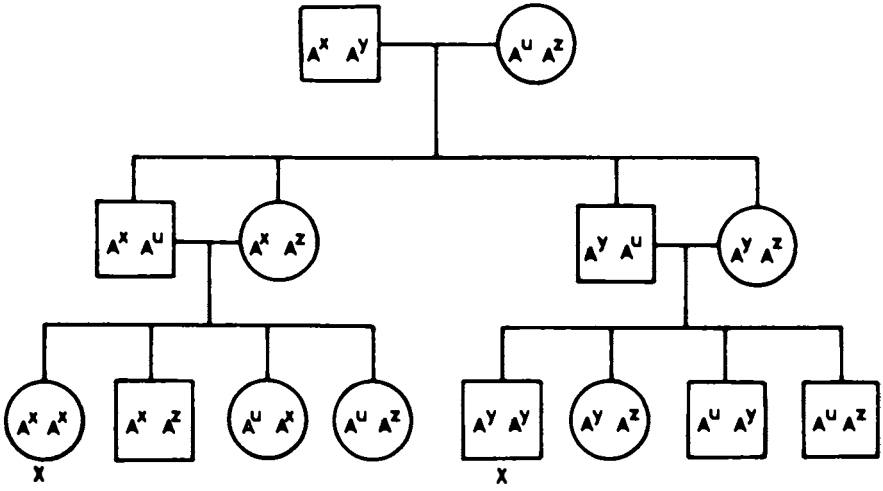
Çok eskiden beri akraba evliliklerinin zararı saptandığı için, birinci derecedeki akrabalar için evlenme yasaklanmıştır (anne, baba, kardeş, dayı, teyze, hala, yeğen, dede, nine, kız ve erkek çocuğu) hatta bazı topluluklarda ikinci dereceden akrabalar arasında da evlenmeler yasaktır (kardeş çocukları).

Akrabalı yetiştirme özel olarak planlanmıyorsa, akraba evlilikleri küçük toplumlarda bir çeşit zorunluk olarak ortaya çıkar (örneğin bir köydeki insanların birbirine çoğunluk akraba olması gibi). Böylece toplumda daha benzer ve daha farklı grupların ortaya çıkmasına neden olur.

24.4.1. AKRABA EVLİLİKLERİNDE GEN FREKANSLARI

N sayıdaki diploit yapılı bir toplumun gen kitlesi A^1, A^2, ...A^{2n} olsun. Bu toplumdaki herhangi iki bireyin çiftleşmeleri (Şekil 24.2) gösterilmiştir.

Görülüyor ki $A^x A^y$ genotipinin taşıdığı genlerden türeme iki homozigot genotip meydana gelmiştir. Bu genotipin taşıdığı genler aynı kökenli olduğu için bunlara ataca eşdeğer denir. Populasyondaki 2N kadar genden herhangi birinin gelecek dölde eşdeğer genli homozigot meydana getirme olasılığı (akrabalı yetiştirme kat sayısı)



Şekil 24.2: Akrabalı yetiştirme.

$$F_1 = \frac{1}{2N}$$

ile ifade edilebilir. Bir döl sonra ya bir önceki kaynaktan eşdeğer genler bir araya gelir ya da bu kaynak dışındakiler benzerlikleri oranında eşdeğer genleri bir araya getirirler. Bu süreç olasılığı,

$$F_2 = \frac{1}{2N} + (1 - \frac{1}{2N})F_1$$

$$= \frac{1}{2N} + (1 - \frac{1}{2N}) \left(\frac{1}{2N} + (1 - \frac{1}{2N}) F_o \right)$$

$$= \frac{1}{2N} + \frac{1}{2N}(1 - \frac{1}{2N}) + (1 - \frac{1}{2N})^2 F_o$$

dır. Akrabalığın artışına bağlı olarak panmitik indeks

$$P = 1 - F$$

şeklinde tanımlanır. Önce bulunan bağıntıyı bu indeksler cinsinden yazarsak

$$P_2 = 1 - F_2 = 1 - \frac{1}{2N} - \frac{1}{2N}\left(1 - \frac{1}{2N}\right) - \left(1 - \frac{1}{2N}\right)^2 (1 - P_o)$$

$$= \left(1 - \frac{1}{2N}\right)^2 P_o$$

$$P_n = \left(1 - \frac{1}{2N}\right)^n P_o$$

buluruz. Heterozigotların azalmasını gösteren bu indeksin populasyon büyüklüğüne (N)göre döller boyunca aldığı değerler Tablo 24.3'de verilmiştir. Bu değerlere göre eğrilerin durumu da (Şekil 24.3)'de görülmektedir. Büyük populasyonlardaki sabitleşme eğilimi oldukça yavaş ve düşük bir oranda olmaktadır. Döller arasındaki aralığın uzun olduğu bitki ve hayvanlarda, yapay bir karışma (müdahale) olmadığı sürece, bu sabitleşme (fiksasyon), ihmal edilebilir düzeydedir.

n \ N	20	50	100	250	500	1000
2	0.9506	0.9801	0.9900	0.9960	0.9980	0.9990
5	0.8811	0.9510	0.9703	0.9900	0.9950	0.9975
10	0.7763	0.9044	0.9415	0.9801	0.9900	0.9950
50	0.2819	0.6050	0.7397	0.9044	0.9596	0.9791
100	0.0795	0.3660	0.5472	0.8179	0.9208	0.9586
200	0.0006	0.1340	0.2994	0.6690	0.8479	0.9189
300	–	0.0490	0.1638	0.5472	0.7807	0.8809
400	–	0.0018	0.0896	0.4476	0.7189	0.8444
500	–	–	0.0490	0.3661	0.6620	0.8094

Tablo 24.3: Panmitik indeksin değişimi.

Akrabalığın meydana gelmesiyle heterozigotluğun azalması gen frekansına da bağlıdır. Yalnız, gen frekansı ile akrabalı çiftleşme katsayısı bağımsız değişkenlerdir. Bir populasyonda

$$\begin{pmatrix} AA & Aa & aa \\ p^2 & 2pq & q^2 \end{pmatrix}$$

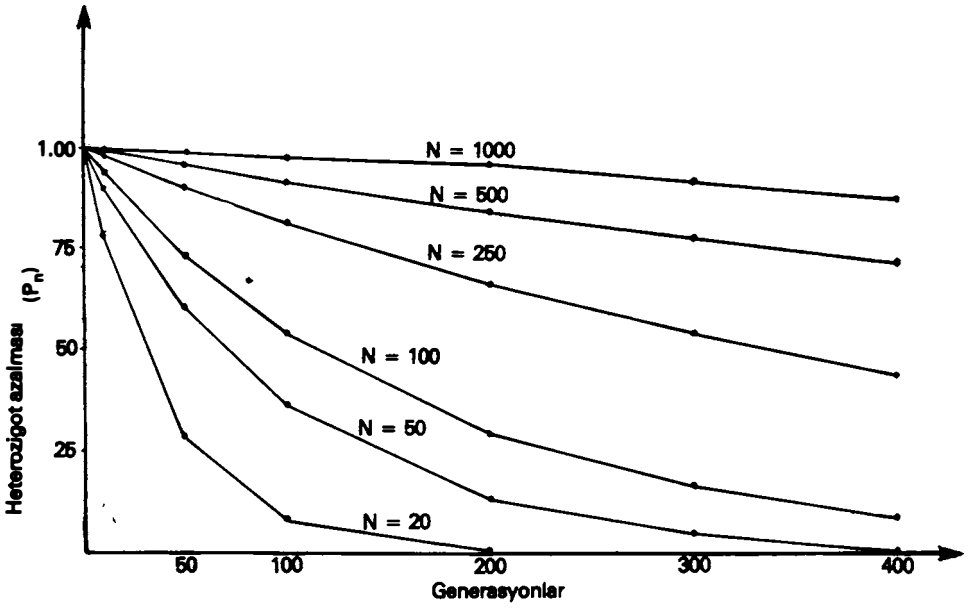
iken akrabalı çiftleşmenin uygulanması eşdeğer genleri F oranında bir araya getirecektir. AA ve aa genotiplerinde, eşdeğerlik, bu genlerin frekansları oranında ortaya çıkacaktır. AA ve aa genotiplerinden geriye kalanlar $p^2(1 - F)$ ve $q^2(1 - F)$ kadar olduğuna göre

$$P(AA) = pF + (1 - F)\,p^2 = p^2 + pq\,F$$
$$P(aa) = qF + (1 - F)\,q^2 = q^2 + pq\,F$$

dir. Heterozigotlar ise,

$$(1 - F)\,2pq = 2pq - 2pq\,F$$

dir. Böylece populasyonda 2pq F fonksiyonuna uygun heterozigot azalması sözkonusudur.



Şekil 24.3: Heterozigotluğun populasyon büyüklüğüne göre azalışı (Karataş'dan).

24.4.2. YAŞAM GÜCÜNÜN AZALMASI

Yakın akrabalar arasındaki evlenmeler, genlerin homozigotluğunu artırdığı için, bir zaman sonra yaşam gücünde azalma ve ilk yıllarda ölüm oranında çoğalmalar meydana getirir. Özellikle evcil hayvanlarda ve bazı bitkilerde üremenin gerilediği, döl veriminin düştüğü görülmüştür. Örneğin mısırların koçanı küçülmüş, şekilleri bozulmuş, dane bağlama düzensizleşmiş, hatta bazılarının tohum vermediği görülmüştür. Dane verimi de buna parelel olarak ilk döllerde hızlı, daha sonra yavaş yavaş düşüş göstermiştir. Domuz, fare, kobay ve sirkesineğinde yapılan gözlemler de bunu kanıtlamıştır. Akrabalı yetiştirme çöküntüsü (inbreeding depression) olarak bilinen bu durum, çoğunlukla öldürücü ve yarı öldürücü etkiye sahip çekinik mutant genlerin oluşumuyla açıklanmaktadır. Bu genlerin homozigot hale geçmesi akrabalı yetiştirme katsayısına ve gen frekansına bağlıdır. Başlangıç gen frekansı q_0 olan a çekinik geni bakımından homozigot bir dölde, akrabalı yetiştirme ile

$q_o^2 + p_o q_o F$

haline gelir. Bunun bir önceki dölde bulunan frekansa oranı

$$t = \frac{q_o^2 + p_o q_o F}{q_o^2} = \frac{q_o + p_o F}{q_o}$$

dir. Başlangıç frekansı 0.5 gibi yüksek bir değer, akrabalık katsayısı da 0.125 ise, bu oran,

$$t = \frac{0.5 + (0.5)(0.125)}{0.5} = 1.125$$

olduğu halde; $q_o = 0.01$ olması halinde

$$t = \frac{0.01 + (0.99)(0.125)}{0.01} = 13.375$$

dir. Zararlı genlerin daha düşük oranlarda bulunduğu (tutunabildiği) düşünülürse oransal artışın önemi anlaşılır.

Zararlı genlerin niceliksel (kantitatif) özellikleri bakımından yapacağı değişiklik, genler arasında etki bağıntısını da içerir.

İki gen arasında başatlık varsa ve bu fark d ile ifade edilirse, akrabalı yetiştirmeden önce gen çifti bakımından populasyon ortalaması

$$\mu_o = p^2 d + 2pqd - q^2 d$$
$$= (p - q + 2pq)\, d$$

dir. F ile ölçülen akrabalı yetiştirmeden sonra

$$\mu_1 = (p^2 + pqF + 2pq - 2pqF - q^2 - pqF)\, d$$
$$= (p - q + 2pq)\, d - 2pqFd$$

olur ve aradaki fark

$$\mu_o - \mu_1 = 2pqFd$$

bulunur. $d = 1$ dersek, bağıntı

$$\Delta\mu = 2pqF$$

olur. Böylece farkın q ve F'ye göre değişimi incelenebilir.

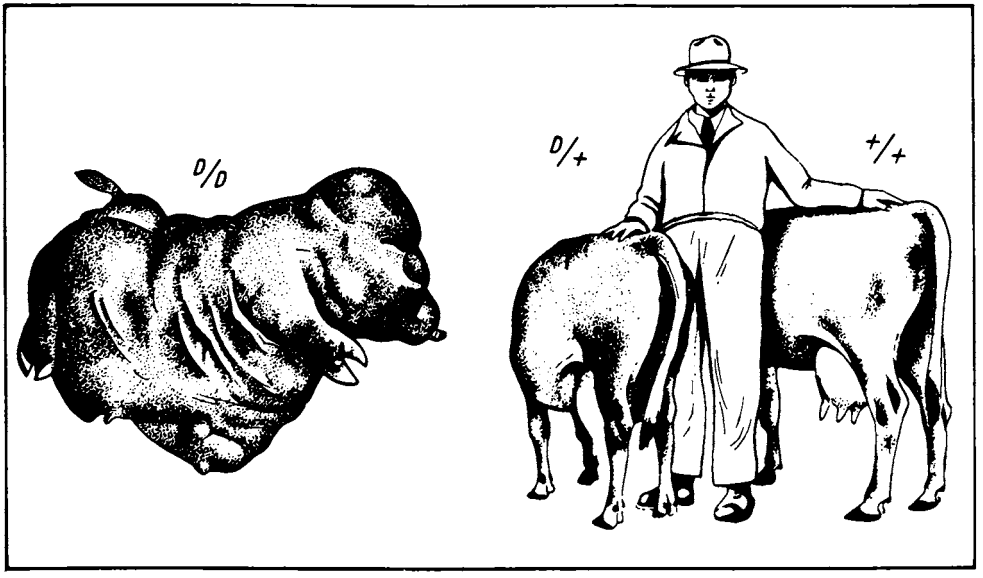
Konunun başında yakın akrabalıkların ölüm oranını artırdığını belirtmiştik. Bir araştırmaya göre akrabalık derecesi ile ölüm oranı arasındaki ilişki şu şekildedir.

		Her 1000 çocukta ölüm oranı		
Akrabalık derecesi	Doğum	1 yaşında	3 yaşında	6 yaşında
Kuzenler arası	20	60	80	93
Kuzenler arası (II. derece)	25	60	80	83
Akraba olmayanlar	18	38	47	53

Bunun ötesinde birçok homozigot çekinik gen embriyonik evrede öldürücü olduğu için bu rakamlara dahil edilememiştir. Ancak doğduktan sonra etkili (öldürücü) olan çekinik homozigot olanlar gösterilebilmiştir.

İslah (iyileştirme) çalışmalarında bu zararlı genlerin gen populasyonundan çıkarılmasına çalışılır. Fakat bazen iyi özellikler ile zararlı özellikler beraberce kalıtıldığı için, zararlı genler de saflaştırılmış olur (Alman çoban köpeklerinde kalça kayması buna tipik örnektir). Ayrıca birçok evcil hayvanda özel bakım olduğu için, taşıdıkları zararlı genlerin doğal seçme baskısından kurtulduğu ve populasyonda arttığı görülür.

İnsan için yararlı özellik gösteren genler, yakın akrabalar arasında çiftleştirme yapmakla da kazanılabilir. Bu şekilde yararlı genlerin homozigotlaştırılması sağlanabilir. Bugünkü islah edilmiş ineklerde, örneğin bir Holstein ırkında, bir boğa, yapay dölleme ile yüzlerce ineği döller. Yavruları da çoğunluk kendi aralarında çiftleştirilir. Bu nedenle, bu ineklerin danaları, diğerlerine göre daha yüksek oranda, bacaksız olarak doğarlar **(çekinik üyesizlik geni)** (Şekil 24.4). Bu gen bir zamanlar Gallus adın-



Şekil 24.4: Danalarda başat achondrodysplasi. Normal genotipli inek (+/+) sağda; heterozigot kısa bacaklı (D/+), dekster tip ortada ve homozigot buldog buzağı (DD) solda gösterilmiştir (Verschuer'den).

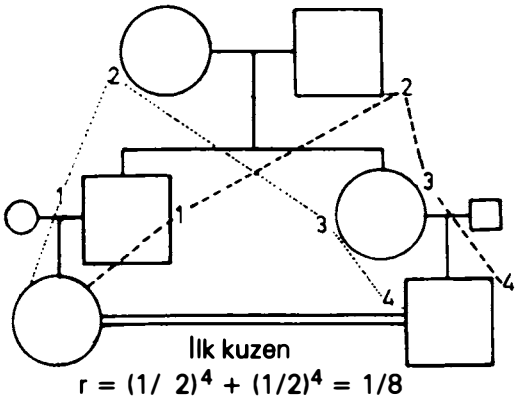
daki bir boğanın taşıdığı çekinik genin bir zaman sonra Holstein ırkının içerisinde geniş yayılma olanağı bulmasından meydana gelmiştir. Bu boğa süt verimi bakımından üstün özelliklere sahip olmakla beraber anormallik yapan bu geni de taşıyordu. Çok miktarda ineği döllediğinden dolayı bir zaman sonra (bu ırk ineklerin içerisinde taşınan) çekinik genler homozigot halde ortaya çıkmaya başlamıştır.

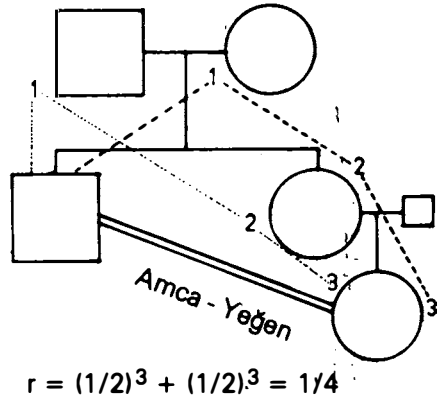
24.4.3. ÇEKİNİK GENLERİN FREKANSIYLA İLGİLİ BİLGİLER

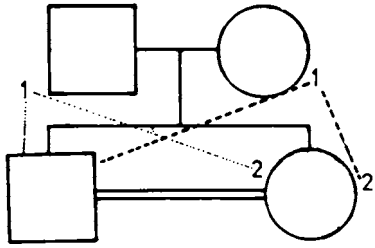
Çoğunluk çekinik nadir olan genler, akrabalı çiftleştirmelerde homozigot olarak daha sık ortaya çıkarlar. Örneğin enzim bozukluğundan meydana gelen akşınlık (albinoluk), Amerika toplumunda 20.000 kişiden birinde görülür. Bu, gen frekansının yaklaşık 1/142 olduğunu gösterir. HARDY-WEINBERG eşitliği uygulandığında taşıyıcıların oranının 1/71 olduğu görülür. Akraba olmayan bireyler arasındaki evliliklerde (her ikisi de görünürde akşın olmazsa, taşıyıcı olma şansları 1/71 olduğuna göre) taşıyıcıların çiftleşme oranı 1/71 × 1/71 = 1/5041 olacaktır ve her ikisi de taşıyıcı ise meydana getirecekleri çocukların ancak 1/4'ü akşın olacağına göre, akşın çocuk meydana getirme şansı 1/5041 (iki taşıyıcının evlenme şansı) × 1/4 (iki taşıyıcının akşın çocuk meydana getirme şansı) = 1/20164 olacaktır. Gözlemler bu frekans hesaplamasının doğru olduğunu göstermektedir.

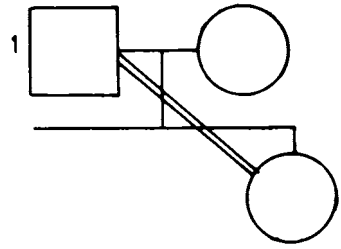
Şayet bir ailede akşınlık görülmüşse, bu ailedeki iç evlenmelerde akşın çocuk meydana getirme şansı çok yüksek olacaktır. Bu oran akrabalığın yakınlığına bağlı olarak artar. Örneğin, anneniz akşın ise, sizin bir geniniz kesinlikle akşınlık genidir, yani çekinik gendir. Siz, sizinle hiç akrabılığı olmayan bir bireyle evlenirseniz, o yabancı bireyin akşınlık bakımından 1/71 oranında taşıyıcı olduğunu varsayarsak, bu evlilikten doğan çocukların akşın olma şansı hesaplanabilir. 1/71 (eşinizin taşıyıcı olma şansı) × 1 (sizin taşıyıcı olma şansınız; bu rakam birdir çünkü annesi akşın olan bir insanın taşıyıcı olma şansı % 100'dür ve dolayısıyla birdir) × 1/4 (iki taşıyıcının akşın çocuk meydana getirme şansı) = 1/284. Bu, normal olarak ailesinde akşınlık ve akrabalık olmayan iki bireyin çiftleşmesinden, akşın çocuk meydana gelme şansının 70 kat fazlası bir şanstır. Şayet anne tarafından büyük babanız akşın idiyse, annenizin taşıyıcı olması % 100'dür ve bu geni size aktarma şansı da 1/2'dir. O zaman sizin akraba olmayan bir evliliğinizden doğacak çocuğun akşın olma şansı 1/2 × 1/71 × 1/4 = 1/568, yani ailesinde akşınlık görülmeyen iki kişinin albino çocuk meydana getirme şansından 35 misli daha fazladır.

İzlenebildiği kadarıyla ortak atalarına kadar akşınlık bulunmayan bir ailedeki akrabalı evlenmelerde, albino çocuk meydana getirme şansı yine yüksektir. Örneğin, siz 1/71 şansla taşıyıcı iseniz, bu, ailenizden kalıtılmıştır ve o zaman birinci dereceden kuzeniniz 1/8 şansla akşınlık bakımından taşıyıcıdır. Çünkü bir yandan ortak ataya sahip olmanız gerekmektedir (Şekil 24.5). 1/8 şansla taşıyıcılık tüm kuzenlere yayılmış olabilecektir. Bunun hesaplanmasını biraz daha açalım: Varsayalım ki siz bir erkeksiniz ve birinci kuzeniniz (halanızın, teyzenizin ya da amcanızın kızı) ile evlisiniz. Eğer siz akşınlık bakımından taşıyıcı iseniz, bu geni babanızdan alma şansınız 1/2'dir. Şayet o da taşıyıcı idiyse, kardeşlerinin de bu geni alma şansı (hala ve amcanızın) yine 1/2'dir. Çünkü bütün kardeşler baba ve analarından 1/2 şansla gen alırlar. Eğer amcanız da taşıyıcı idiyse, kuzeninizin alma şansı yine 1/2 olacaktır. Bu nedenle kuzeninizin bu gen bakımından taşıyıcı olma şansı (eğer siz taşıyıcı iseniz), ortak atadan dolayı 1/2 × 1/2 × 1/2 = 1/16 × 2 (dededen ya da babaanneden geldiği için ikiyle çarpılır) = 1/8 olacaktır. Bu evlilikten akşın çocuk doğma şansı 1/71 × 1/8 × 1/4 (ikisinin taşıyıcı olması halinde meydana getirecekleri çocukların 1/4'ünün akşın olabilmesinden dolayı) = 1/2272 olacaktır. Bu, akraba olma-









Şekil 24.5: Akrabalık katsayısını hesaplama yöntemi. Ortak bir atadan gelenlerin aynı geni taşıma şansı büyük olacaktır. Akrabalık ne kadar yakınsa bu katsayı o denli büyüktür.

yanlar arasındaki evlilikten akşın doğabilecek çocukların dokuz misli yüksek bir orandır. Burada dikkat edilecek husus, bir kuzeni normal olasılıkla kabul edersek (örneğin 1/71 gibi), diğerinin taşıyıcı olma şansı fazlalaşır (örneğin 1/8 gibi). Bunlar göreceli bir hesaplamadır. Eğer ikinci kuzen ilk olarak gözönüne alınırsa, onun taşıyıcı olma şansı 1/71 kabul edilir; bu sefer ilk hesaplamada 1/71 taşıyıcı olarak hesaplanan bireyin taşıyıcı olma şansı 1/8'e çıkar. Fakat işin özü şudur: Eğer bir kişi bir gen bakımından taşıyıcı ise, akrabalarının yakınlığına göre, bu geni taşıyıcı olarak bulundurma olanağı artar.

Eğer bir genin populasyondaki frekansı yüksek ise, akraba evliliğinde ortaya çıkacak homozigotluk oranı daha doğrusu anormallik oranı, akraba evlenmelerinde nadir genlerden dolayı ortaya çıkacak anormallik oranından daha düşük olur. Örneğin, Amerika'daki Kafkas kökenli ırkın arasında sistik fibrozis geninin frekansı 1/40'dır ve buna göre bu ırkın 1/20'si taşıyıcıdır. Bu ırk içerisinde, aralarında akrabalık olmayan evliliklerde, sistik fibrozisli çocukların çıkma şansı 1/40 × 1/40 = 1/1600 olacaktır. Eğer birinci dereceden kuzenler arasında evlenme olursa bu oran 1/640'a yükselecektir (1/20 × 1/8 × 1/4 = 1/640). Bu oran akraba olmayanların evliliklerinde anormal doğacak çocukların oranının 2.5 mislidir. Halbuki akşınlıkta (gen frekansı 1/71) bu oran yaklaşık dokuz misliydi. Eğer çok düşük frekanslı genleri gözönüne alırsak; örneğin bin kişiden biri taşıyıcı ise akrabalık olmayan evliliklerde

homozigot çekinik çocukların meydana gelme şansı 1/4.000.000 iken, birinci dereceden kuzenlerin evlenmesinde bu oran 1/32.000'e yükselir. Bu, şansın 125 defa daha artması demektir.

Zararlı genlerin çoğu çekinik ve frekansları da düşük olduğu için homozigot olarak ortaya çıkma şansları azdır. Fakat akrabalı evliliklerde bu oran oldukça yükselir. Hastahane kayıtları, birinci dereceden kuzenler arasındaki evlenmelerde doğan çocukların yarısının herhangi bir kalıtsal bozukluğa sahip olduğunu göstermiştir. Buna karşılık akrabalı olmayan evliliklerde bu oran 1/25'dir. Bu bozukluklar küçük bozukluklardır. Cerrahi müdahalelerle ya da diğer yöntemlerle hemen düzeltilebilir. Fakat içlerinde tehlikeli olanlar ya da yaşamı tehdit edenler de vardır.

Atalar arasındaki akrabalık yakın olduğu zaman kalıtsal bozuklukların oranı da artar. Çift birinci dereceden kuzenler, yani baba ve anneleri de birbirinin kuzeni olan kişiler arasındaki evlenmelerde genlerin 1/4'ü ortak kökenden gelme olur. Bu kuzenler dört ata yerine iki atalıdırlar ve özel genlerin homozigotlaşma şansı çocuklarında iki misli daha fazladır.

Bazen yakın evlenmeler yasal kısıtlamaların da ötesinde olabilir. Özellikle fakir toplumlarda, aynı odayı paylaşmak zorunda kalan kişiler arasında, yasal kısıtlamaya bakılmaksızın döllenmeler meydana gelebilir (baba kız, erkek ve kız kardeş, anne oğul, dayı yeğen vs.). Bu tip birleşmelerden doğan çocukların büyük bir kısmı bir ya da birkaç kalıtsal bozukluğa sahip olur. Babanın ya da kardeşin, kızı ya da kardeşi ile aynı çekinik geni taşıma olasılığı 1/2'dir. Çiftleşmelerinde bu çekinik genin homozigot halde açığa çıkmaları 1/2 × 1/4 = 1/8 olur. Böyle bir çiftleşmede akşın çocuğun çıkma olasılığı 1/568 olur. Bu, birinci dereceden kuzenler arasındaki evlenmelerden dört defa, akraba olmayanlar arasındaki evlenmelerde olandan 35 defa daha yüksek bir orandır. İnsan gen havuzundaki zararlı çekinik genlerin miktarını düşünürsek, bu şekildeki yakın evlenmelerde çocuğun bu kalıtsal bozuklukların hepsinden kurtulacağını varsaymak yanlış olur. Bu tip evlenmelerde embriyonik evrede ve doğum esnasında ölümlerin yüksek olması, kalıtsal bozuklukların bu yolla yüksek oranda kalıtılmadığı izlenimini yaratabilir. Her insanın ortalama dört gen bakımından çekinik lethal olduğu varsayılmaktadır (homozigot halde öldürücüdürler). Bu lethal genlerin çeşitleri o kadar fazladır ki, akrabalı olmayan evliliklerde aynı gen bakımından çekinik taşıyıcı olan bireylerin çiftleşme şansı yok denecek kadar azdır. Birinci dereceden kuzenler arasındaki evlenmelerde bu dört lethal çekinik genden herhangi birinin bir araya gelme şansı 1/2'ye yükselir. Çünkü kuzenler arasındaki çekinik genin aynı olma şansı 1/8 idi, dört tane çekinik lethal gen olduğuna göre, benzer lethal çekinik herhangi bir geni taşıyıcı olarak bulundurma şansı 1/8 × 4 = 1/2'ye yükselir. Belki kuzenler arasındaki evliliklerde birçok normal çocuk doğmaktadır. Fakat birçoğu da embriyonik evrelerde farkında olmadan bu lethal genler yüzünden düşük olarak atılmakta ve dolayısıyla kalıtsal bozukluklar gözden kaçmaktadır.

Ülkemizde Akdeniz anemisi olarak bilinen thallassemia her 10.000 canlı doğan bebekten birinde homozigot çekinik olarak ortaya çıkar. Bu gen orak hücreli anemiye benzer şekilde ortaya çıkmıştır. Adana'da taşıyıcıların oranı 1/40 kadardır. Kolaylıkla oksijen bunalımına düşerler.

Ortak atalı olmalarından dolayı benzer kökeni taşıyanlar arasında akrabalığa bağlı olarak benzer genlerin hesaplanmasında bir formül kullanılır.

$r = \Sigma (1/2)^n$

r = Akrabalık katsayısı olarak bilinen kesir,
n = Atadan akrabaya kadar olan hattaki birey sayısı,
Σ = Bu toplama işareti, her bir ortak ata için olasılığın eklenmesini işaret eder.

Bir bireyin atalarının her birinden genleri alma olasılığı 1/2 olduğuna göre, biz kesir olarak 1/2'yi kullanırız. Şekil 24.5'de görüldüğü gibi bu formül akrabalığın derecesine bağlı olarak kullanılır. Eğer birinci dereceden bir kuzen ile evlenmişseniz, o zaman ortak bir atanız aracılığıyla geçen dört kademe vardır. Bu $(1/2)^4 = 1/16$'ya denktir. Diğer ortak atanız aracılığıyla da dört kademe olacağına göre (yani birincisi ortak dede, ikincisi ortak büyük anne), yani bu atadan geçen benzerlik oranı da 1/16 olacağına göre; her iki atayı gözönüne aldığımızda $1/16 + 1/16 = 1/8$ olacaktır. Bu demektir ki, birinci dereceden kuzenler arasında benzerlik 1/8'dir; yani genlerin 1/8'i birbirine benzer. Bu, ayrıca, ortak genlerin 1/16'sının ortak büyük babadan, 1/16'sının ortak büyük anneden geldiğini gösterir. Eğer kuzenler arasında yalnız bir ortak ata varsa (sadece büyük baba ya da büyük anne), yani dede ya da nine iki defa evlenmişlerse ve kuzenleri oluşturacak çocuklar bu farklı evliliklerden meydana gelmişse, birinci dereceden kuzenler arasındaki benzerlik, bu durumda, ancak 1/16 oranında olur.

Ülkemizde akrabalı evliliklerin oranı % 22'dir. Kuzenler arasındaki evlenmeler bu yüzdenin 3/4'ünü oluşturur. Doğu ve Güney Doğu Anadolu'daki akrabalı evlenme oranı % 33'e çıkar. Bu oran batıya doğru gittikçe düşer. Gelişmiş ülkelerde akrabalı evliliklerin oranı % 1'e kadar düşmüştür.

24.4.4. AKRABALI ÇİFTLEŞMELERDE KALITSAL YARARLAR

Akrabalı evliliklerde genellikle anormal yavruların çıkması, bu tip çiftleştirilmelerin zararlı olduğu izlenimini yaratır. Homozigotluğun artması doğal seçmenin etkinlik sınırını daraltır. Akrabalı çiftleştirmenin en yakın şekli, doğal olarak, kendi kendini döllemedir. Yüksek organizasyonlu hayvanlarda eşeyler ayrıldığı için, kendi kendini dölleme olanaksız olmasına karşın, bitkilerin büyük bir kısmında her iki gameti de üretme yeteneği vardır. Bazılarında kendi kendini döllememek için birtakım düzenekler gelişmiştir. Fakat birçoğunda da (kültür bitkilerinin çoğunda) kendi kendini dölleme olduğu halde anormal tohum meydana getirme ya hiç yoktur ya da pek azdır. Hayvanlarda ise kuşaklar boyunca seçme yapmak suretiyle bazı genler homozigot hale geçirilmeye çalışılır ve bir zaman sonra bazı özellikler bakımından ikizler kadar birbirine benzer ırklar elde edilebilir. Farelerde bu seçme ile, o derecede birbirine benzer bireylerden oluşmuş bir ırk elde edilir ki, kendi aralarında doku nakilleri dahi yapılabilir ve herhangi bir kabul edilmeme durumu ortaya çıkmaz. Homozigotlaştırma çoğunluk insana yararlı olan özellikler bakımından yapılır.

Doğada akrabalı çiftleşmeler populasyonun büyüklüğüne bağlı olarak değişik derecelerde ortaya çıkar. Eğer populasyon çok küçük ise akrabalı çiftleşme çok yakın

ve yüksek oranlarda olabilir (örneğin köylerdeki akrabalı evlenmelerde olduğu gibi). Bu şekildeki bir gelişme, populasyondaki zararlı genlerin de temizlenmesine yardım edebilir. Güney Amerika'daki bir maymun sürüsü üzerinde yapılan çalışma 250 yavrudan ancak birinde kalıtsal bir bozukluk olduğunu göstermiştir. Amerika toplumunda ise bu rakamın yirmi beşte bire yükseldiği bilinmektedir. Maymunlar genellikle sayıları yirmiden fazla olmayan gruplar halinde yaşarlar. Bu nedenle akrabalı çiftleşme çok yaygındır. Birkaç döl sonra zararlı çekinik genler doğal seçme ile elimine edilebilir. Buna karşılık insan topluluklarında özenli bakımla birçok zararlı gen yaşatılmaktadır. Yabanıl hayvanlarda, ana, çok küçük bozukluk ve eksiklik taşıyan yavrularını ihmal eder ve bu nedenle bozuk geni taşıyan yavruların topluma karışması önlenmiş olur.

Küçük insan topluluklarında sınırlandırılmış bir eşey seçme olanağı vardır ve bu nedenle akrabalı evlenmeler sıktı. Yalıtılmış adalarda, köylerde ve vadilerde bu tip çiftleşmeler çok görülür. Bu şekildeki küçük populasyonlarda anormal çocuk meydana getirme oranı oldukça yüksektir. Bununla beraber zararlı genlerin frekansı büyük populasyonlarınkinden daha da az olabilir; ama akrabalı evlilik, anormalliklerin, zararlı gen frekansı yüksek olan büyük topluluklardakinden daha yüksek çıkmasına neden olur. Çünkü zararlı genlerin homozigot halde bir araya toplanma şansı büyümüştür.

Mısır'da yaşamış olan Ptolemaik sülalesinde döller boyunca kardeşler arasında evlenme bir gelenekti. Çünkü halktan biriyle evlenerek, asil "mavi kan"larının sulandırılmasını ve bozulmasını istemiyorlardı. Bu uygulama başladığı zaman birçok anormal çocuğun doğduğu varsayılmalıdır. Fakat anormal çocukların yaşamasına izin verilmediği için bir zaman sonra zararlı genler gen havuzundan uzaklaştırılmıştır. Bu arada bazı kadınların dış ilişkiler ile, yasal olmasa da, kralların gen havuzuna yeni genler soktukları büyük bir olasılıktır. Bilindiği kadarıyla ileri döllerde kalıtsal bozukluklar bu aile içerisinde o kadar yaygın değildi; fakat sara hastalığının yaygın olduğu saptanmıştır. Kleopatra, kardeş evlenmesinin bir ürünüdür ve tarih en azından onun fiziksel olarak normal olduğunu yazmaktadır. Bu güzel kadın kardeşiyle evlenmesine karşın, gönlünü Romalı Antonius'a kaptırdı; fakat onunla hiçbir zaman resmi karı koca olmadı. Oğlu Caesario öldürüldü; fakat Antonius'tan olan çocukları Roma'da yetiştirildi.

24.5. GENETİK SÜRÜKLENMENİN GEN FREKANSINA ETKİSİ

Panmiks koşulları (gametlerin birbiriyle eşit birleşme şansı) yeterince büyük olan populasyonlar için geçerlidir. Sınırlı populasyon (ada, vadi ve dağ köyü gibi), yeterince büyük populasyon sayılmaz ve populasyondaki birey sayısı azaldıkça panmiks için gerekli koşullarda kaymalar meydana gelerek, genetik sürüklenme ortaya çıkar. Bu, populasyonun ancak bir kısmının temsil edilmesini ve yaygınlaşmasını sağlar. Yani populasyonun ortalama değerinden şansa bağlı olarak sapmalar ortaya çıkar.

Mutasyon, seçme ve göçün etkisinden uzak N bireyli bir populasyonda (genetik sürüklenmenin olduğu populasyonda) frekansları p ve q olan A ve a geni, bir son-

raki dölde 2N bireyli bir örneklemeye tabi tutulmuş demektir. Bu örnekte a geninin göstereceği dağılış

$$P(a) = \left(\frac{2N}{i} \right) p^{2N-i} q^i$$

şeklindeki bir binoma bağlıdır. Buna göre, bir döl sonra q_1 değerini alan gen frekansındaki bu değişme, bireylerin sınırlı olmasından ileriye gelen şansa bağlı bir değişmedir.

$$q_i - q = \delta q$$

dersek

$$V(\delta q) = \frac{q(1-q)}{2N}$$

bağıntısı bulunur. Böylece, genetik sürüklenmeden ileri gelecek frekans artışının ve azalışının başlangıç gen frekansına bağlı olduğu ve en yüksek değerini $q = \frac{1}{2}$ olduğunda aldığı görülecektir.

Ana populasyondan N bireyle ayrılan değişik gruplarda q gen frekansı şansa bağlı olarak her dölde değişik değerler alacaktır ve böylece gruplar gen frekansı bakımından birbirinden ayrılacaktır. Bu durum N bireyli bir gruptaki farklı genler bakımından da aynıdır. Başlangıç frekansı q_o olan bir populasyondan alınan N bireyli bir grup ya da hatlar arasındaki gen frekansı varyansı

$$\sigma_q^2 = q_o(1-q_o) \left(1 - (1 - \frac{1}{2N})^t \right)$$

bağıntısına bağlıdır. Buna göre, örneğin beş döl sonra 50 bireylik hatlar arasındaki varyans

$$\sigma_q^2 = q_o(1-q_o) \left(1 - (1 - \frac{1}{100})^5 \right)$$

$$= q_o(1-q_o)(0.05)$$

olacaktır. Ana populasyonda $q_o = \frac{1}{2}$ ise

$$\sigma_q^2 = (0.25)(0.05) = 0.0125$$

$$\sigma_q = \sqrt{0.0125} = 0.11$$

bulunacaktır. Populasyon normal dağılış gösterdiğine göre

$P(q - 2\sigma_q < q < q + 2\sigma_q) = 0.95$

olduğundan % 95 olasılıkla gen frekansları

$q \pm 2\sigma_q = 0.5 \pm 0.22$

bağıntısı gereğince 0.77 ile 0.28 arasında bulunacaktır. Gen frekansı 0.01 gibi düşük bir değer olduğunda

$\sigma_q^2 = (0.01)(0.99)(0.05) = 0.000495$

$\sigma_q = \sqrt{0.000495} = 0.022$

$q \pm 2\sigma_q = 0.01 \pm 0.044$

bağıntılarına göre tükenebilecektir. q'nün sıfıra ulaşması çekinik genin tükenmesi (loss) ya da başat genin hattı kaplaması demektir (fiksasyon). Populasyon ya da hat bu noktaya ulaştıktan sonra gen frekansı değişmez. Populasyon küçüldükçe fiksasyon (sabitleşme) olasılığı artar. Mutasyon, sabitleşmenin gecikmesini sağlar; ama küçük gruplarda yeni mutasyonların etkisi ihmal edilebilir. Homozigotlaşan genotipler populasyonda varyasyonu azaltır ve seçmeyi etkisiz hale getirir. Ancak, böyle populasyonlar etkili çevre değişmelerinde ortadan kalkabilirler. Fakat gen göçü bu sonucun değişmesine ve bir çeşit populasyonun esneklik kazanmasına neden olabilir.

Populasyonların denge hali ve gen frekanslarının dağılışı, seleksiyon, mutasyon, göç ve yalıtım gibi güçlerin birer değişken olarak alınıp incelenmesiyle bazı bağıntılar elde edilir. Bu istatistiksel ve matematiksel işlemler bu dersin konusunu çok aşar ve en azından çok iyi bir matematik bilgisine gereksinme gösterir.

POPULASYON GENETİĞİ İLE İLGİLİ BAZI PROBLEMLER

1. Bir toplumda mavi gözlülerin (aa) oranı % 36 ise,
   a) A ve a geninin frekansı nedir?
   b) Heterozigotların oranı nedir?
2. Bir toplumda A grubu kanı meydana getiren A geninin frekansı 0.4, B grubu kanı meydana getiren B geninin frekansı 0.3 ise,
   a) O grubu kanı meydana getiren O geninin frekansı nedir?
   b) AB, BO, AO kan gruplarının oranı ne olabilir?
3. Bir toplumdaki insanların % 40 A, % 20 B, % 9 O ve % 31'inde AB grubundan olduğunu düşünürsek,
   a) A, B ve O grubu genlerinin frekansı ne olabilir?
   b) Fark varsa düzeltme faktörünü nasıl kullanabiliriz?
4. Bir populasyonda her 250 doğumdan birinin kan uyuşmazlığı gösterdiğini ve bunların canlı doğduğunu; fakat daha sonra öldüğünü varsayalım (çocuğun her zaman Rh + rh— olacağını düşünün), RR = 0.36, Rr = 0,48, rr = 0.16 gen frekansı gösteren bir populasyonda,
   a) Daha sonraki bir genarasyonda 1000 doğumdan kaçında RR bulunacaktır?
   b) Kaçında rr olacaktır?

c) Kaç heterozgiot elemine edilecektir?
d) Kaç RR elemine edilecektir?
e) Kaç r r elemine edilecektir?
f) Bu durumdaki bir seçme baskısı, her dölde r'nin frekansını biraz azaltacak ve bu azalmaya denk olarak R'nin frekansını çoğaltacak mıdır?
g) Bu tip bir seçmenin uzun zaman süreci içerisinde etkisi ne olacaktır?
h) Uzun bir süre diğer populasyonlarla karışmadan kalan Çin toplumunda pratik olarak homozigot RR'nin oluştuğu söylenebilir mi?

5. Bundan önceki problemi, başlangıç değeri p(R) = 0.4, q(r) = 0.6 almak suretiyle bir daha çözünüz. Bu populasyondaki seçme baskısı altında, allel genler hangi yöne doğru hareket edecektir?

6. A toplumunda geri zekalılığa neden olan çekinik bir genin frekansı 0.2'dir. Aynı büyüklükteki B toplumunda ise bu çekinik gen yoktur.
   a) A toplumu dengede olduğu zaman çekinik özelliği gösteren (homozigotların) bireylerin oranı nedir?
   b) Şayet A ve B toplumları serbestçe çiftleşebilecek şekilde bir araya getirilecek olursa, bu yeni durumda çekinik homozigot özelliği gösteren bireylerin oranı ne olabilir?

7. İnsan toplumunda eşey kromozomuna bağlı kan faktörlerini taşıyan bazı genler bilinmektedir. Bunlardan birinin çekinik alleli kanama hastalığını (hemofili) meydana getirmektedir. Normal olarak, insan toplumlarında bu özellik bakımından başat olan 30.000 genden bir tanesi mutasyonla çekinik hale geçmektedir. Genellikle öldürücü bir bozukluk olduğundan (dişilerde), geri mutasyonları gözlemek çok zordur. Fakat 300.000 mutanttan bir tanesinde geri mutasyon oluşarak, normal başat geni meydana getirdiğini varsayalım.
   a) İleri ve geri mutasyon baskılarının sabit kaldığını varsayarsak, gen frekansı birinci, beşinci ve yirminci dölde ne olacaktır?
   b) Kanama hastalığından meydana gelen ölümün tümüyle önlendiğini ve bu bireylerin serbestçe evlenip çocuk meydana getirdiklerini varsayalım. Çocuk sayısının bir, iki ve dört olmasına göre birinci, beşinci ve yirminci dölde gen frekansı ne olacaktır?
   c) Eşey kromozomlarına bağlı çekinik genlerin, autozomlara göre elenme olasılığının daha az ya da daha fazla olduğunu söyleyebilir misiniz? Neden?

8. Bir toplumda her 20 erkekten birisi renk körüdür (çekinik bir gene dayalı olarak):
   a) Bu genin toplumdaki frekansı nedir?
   b) Kadınların renk körü olma olasılığı nedir?

9. Bir toplumda her 60.000 kişiden biri autozomlar üzerindeki bir çekinik genin homozigot olmasıyla ortaya çıkan bir anormallik taşımaktadır.
   a) Bu genin frekansı nedir?
   b) Heterozigotların oranı nedir?

10. Bir toplumda çekinik genlere dayanan renk körlüğü frekansı 0.2, mavi gözlülük frekansı 0.4 ve solaklık frekansı 0.3 ise,
    a) Renk körlüğünün autozomlar üzerinde olduğunu varsayarak, renk körü, mavi gözlü ve solak bir adama rastlama olasılığımız nedir?
    b) Renk körlüğünü X kromozomuna bağlı çekinik bir özellik olarak aldığımızda; renk körü, mavi gözlü, solak; erkek ve dişilerin oranı nedir?
    c) Her iki durumda da heterozigotların oranı nedir?

11. Çekinik homozigotluğa dayanan bir anormalliğin gen frekansı, bir hayvan populasyonunda 0.4 ise ve bu anormallik her dölde % 25'lik bir başarı ile populasyondan ayıklanıyorsa,
    a) Altı döl sonra bu genin frekansı ne olur?
    b) Başlangıç frekansının % 10'a düşmesi için kaç döl geçmelidir?
    c) Yapay seçme oranı % 50 ve % 100 olduğu zaman a ve b şıklarındaki değerler ne olur?

12. Bir toplumda autozomal genlere dayalı heterozigotların alehine seçme varsa ve başlangıç frekansı p = 0.6, q = 0.4 verilmişse,
    a) Bu oranlar değişir mi?
    b) % 40'lık bir ayıklama başarısı gen frekansını etkiler mi? Etkilerse nasıl?

13. Bir hastalığın ya da anormalliğin bir toplumda meydana çıkma oranını, her 4.000 canlı doğum için bir olduğunu varsayalım.
    a) Birinci dereceden kuzen (hala, teyze, dayı ya da amca - çocuğu) olan bir çiftin çocuklarında anormalliğin çıkma oranı nedir?
    b) Dedesinin dedesi ortak olan bir çiftin çocuklarında anormalliğin ortaya çıkma şansı ne olabilir?
    c) Dedesinin dedesinin dedesi bu gen bakımından anormal ise bu oran ne olacaktır?
14. Hemofilinin toplumda ortaya çıkma oranının, her canlı doğum için 60.000'de bir olduğunu varsayalım.
    a) Amcasının oğlu ile evlenen bir annenin hemofilik çocuk meydana getirme şansı nedir?
    b) Dedesinin dedesinin babası ortak olan bir çiftin evlenmesinde bu oran ne olur?
    c) Dedesinin dedesinin babası hem ortak hem hemofilik olan bir çiftte bu oran ne olur?
15. $A_1 > A_2 > A_3$ ise, A_3A_3 genotipindeki bireylerin oranı o toplumda % 16 ve A_1 fenotipi gösteren bireylerin oranı % 60 ise,
    a) A_1, A_2 ve A_3 genlerinin frekansını bulunuz?
    b) Heterozigotların oranını bulunuz?
16. Hayvanlarda gen frekansı 0.6 olan başat bir gene dayalı anormallik yapay seçme ile ayıklanmaktadır?
    a) Bu ayıklama % 60 başarı ile uygulanırsa bir ve dört döl sonra başat genin frekansı ne olur?
    b) Bu ayıklama % 100 başarıyla uygulanırsa bir ve dört döl sonra başat genin frekansı ne olur?
17. Bir tavuk yetiştiricisi, çiftliğinde bulunan hayvanlarda gen frekansı 0.16 olan çekinik bir gene dayalı özelliği yapay seçme ile ayıklamaya çalışmaktadır.
    a) Bu yapay ayıklama % 40 başarı ile uygulanırsa bir ve altı döl sonra çekinik genin frekansı ne olur?
    b) Bu yapay ayıklama % 100 başarı ile uygulanırsa bir, altı ve 20 döl sonra çekinik genin frekansı ne olur?
18. Bir toplumda heterozigotlar, yaşama savaşında, homozigot başatlara göre % 20 ve homozigot çekiniklere göre % 80 oranında daha başarılı iseler, çekinik homozigotların oranının % 25 olduğu bir toplumda, bir ve dört döl sonra gen frekansları ne olacaktır?
19. Bir toplumda a geni 0.0004 mutasyon hızıyla meydana geliyor ve homozigot çekinikler % 20 oranında ayıklanıyorsa,
    a) Bir dengenin oluşması için kaç döl geçmesi gereklidir?
    b) Beş döl sonra durum ne olur?
20. Bir bakteri kolonisinde A geni her dölde 10^{-6} oranında a genine dönüşmektedir.
    a) Dört döl sonra frekans artışı ne olur?
    b) a geninin frekansının 0.09 olması için kaç döl geçmesi gerekir?
21. Bir bakteri kolonisinde A geni her dölde 10^{-6} oranında a genine ve yine her dölde bu küçük a geni 10^{-8} oranında geri mutasyon yaparak A genine dönüşmektedir.
    a) Her iki mutasyon arasındaki denge hangi dölde oluşur?
    b) Üç döl sonra gen frekansları ne olur?
22. Bir populasyonda küçük a geninin frekansı 0.1'dir. Bu populasyona küçük a geninin frekansı 0.3 ve gen göç hızı 0.04 olan bir toplum göç etmektedir.
    a) Birinci dölde frekans değişimi ne olur?
    b) Gen göç hızı ve göçmen populasyondaki gen oranı aynı kalmak koşuluyla beş ve on döl sonra gen frekanslarının oranı ne olur?
23. Bir toplumda a geninin frekansı 0.6'dır. Bu toplumdan bir grup, küçük a geninin frekansı 0.01 olan diğer bir toplum içerisine göç etmiş ve uzun yıllar sonra (göç ettiği toplumla serbest çiftleşme yaptığını düşünerek) göç eden toplumun a geni frekansı 0.16'ya düşmüştür.
    a) Gen göç hızının % 2 olduğunu düşünürsek, bu frekans azalması için kaç döl geçtiğini bulunuz?
    b) Yirmi döl sonra bu frekansa ulaşılmışsa göçme hızı ne olabilir?

25. BÖLÜM

DOĞAL POPULASYONLARIN YAPISI VE EVRİM HIZI

25.1. DOĞAL POPULASYONLARIN YAPISI

Buraya kadar populasyonlardaki değişimleri, tek bir etkinin ortaya çıkardığı sonuçlara göre incelemeye çalıştık. Halbuki doğal populasyonlar sınırsız denecek sayıda bireyden oluşmakta ve şimdiye kadar ayrı ayrı incelediğimiz, populasyonların yapısını değiştiren tüm evrimsel güçler ortak olarak etki etmektedir. Yani bir populasyonun incelenen andaki ve gelecekteki durumunu gerçek anlamda anlayabilmemiz için, etki eden tüm iç ve dış koşulların gözönüne alınarak değerlendirilmesi yapılmalıdır. Doğal olarak sayısız denebilecek kadar ilişkiye sahip canlı topluluklarında sonucun tek bir matematiksel formülle ortaya konması olanaksızdır. Çalışmalarda çoğunluk yapay olarak hazırlanmış ortamlarda bir gücün etkisi saptanır ve bu, doğal populasyonlara uygulanır. Tüm evrimsel güçleri bir matematiksel formül altında açıklayamayacağımıza göre, onları genel başlıklar altında vermeye çalışalım.

1. Her populasyonda üreme ve verimle ilgili bir optimum fenotip (en uygun tip) vardır. Seçme baskısı optimum fenotiplerin sayısını artırma doğrultusundadır. Bu nedenle tüm canlılarda optimum değerleri taşıyan bireylerin sayısı en fazladır. Örneğin insanın boyu ve ağırlığı (Gaus eğrisini hatırlayınız), tavuklarda yumurta ağırlığı vs. Optimum değerlerin altındaki ve üzerindeki bireylerde her zaman bir çoğalma yetersizliği görülmektedir. Optimum fenotipler yararına seçme baskısını şu formülle açıklamak mümkündür.

$$E = (Po - Pı)\,P$$

E = Optimum fenotipler yararına seçme baskısı,

Po = Optimum fenotiplerin yaşama şansı, örneğin bir kuluçka makinasında optimum ağırlıktaki (örneğin 56 gr.) yumurtalardan yavru çıkma gücü,

Pı = Optimum değerden sapma gösterenlerin yaşama (örneğin yumurtadan çıkış) gücü,

P = Başarılı olanların, başlangıç sayısına oranı; örneğin, kuluçka makinasından çıkan civcivlerin, konan tüm yumurta sayısına oranı.

2. Optimum fenotipten uzaklaştıkça yaşama şansında azalma görülür. Örneğin aşırı uzun ve ağır insanların yaşama şansının gittikçe azalması ya da 56 gr.'lık yumurtaların alt ve üst sınırından uzaklaştıkça, bu tip yumurtaların açılma oranının gittikçe azalması gibi.

Bu tip seçme optimum değer açısından dengeleyicidir. Koşullar sabit kaldığı sürece bu seçme aynen devam edebilir. Koşullar değiştiğinde sadece üstteki ya da alttaki değerler seçilmeye başlanırsa buna **"Yönlendirilmiş Seçme"**; hem alttakiler hem üsttekiler seçilmeye başlamışsa buna da **"Kesikli ya da Açılımlı Seçme"** denir.

3. Bir populasyonda seçmenin olabilmesi için kalıtsal varyasyonların olması gerekir. Modifikasyonların doğal seçmede önemi yoktur. Bir populasyonun uyum yeteneği, içerdiği varyasyon miktarıyla doğru orantılıdır.

4. Çevresel koşullar, genlerin etkisini tam olarak fenotipte göstermesini önleyebilir.

5. Seçme ile varyasyonlar sonuna kadar kullanıldığında, yine çevre koşullarına karşı bir direnme ile karşılaşılabilir **(Kalıtsal Hemoestazis)**.

6. Populasyonlarda çevreye uyum ve yaşama gücü bakımından zararlı genler her zaman vardır. Çünkü mutasyonlar çoğunluk zararlı genler yararına çalışmaktadır. Fakat doğal seçme ile bu zararlı genler belirli oranlarda ayıklanmaktadır. Örneğin A geni belirli bir oranda mutasyonla a oluyorsa ve seçme ile aa, s oranında ayıklanıyorsa durum

p^2AA, $2pqAa$, $(1 - s)q^2aa$ olur.

Demek ki, bu populasyonda sq^2 kadar zararlı gen vardır. Bu varlığa "K a l ı t s a l Y ü k" denir. Populasyonda N tane birey varsa, seçme ile bunlardan Nsq^2 kadarı ayıklanmaktadır. Bu miktara da "K a l ı t s a l Ö l ü m" denmektedir. Seçme ve mutasyon baskıları dengeye geldiğinde kalıtsal yük kadar mutasyon oluyor demektir ($sq^2 = U$). Bu durumda s'nin düşük ya da yüksek olması fazla değer taşımaz; çünkü mutasyon ile q'nün artışı ayarlanır.

Kalıtsal yükün bir başka kaynağı da heterozigotların her iki homozigottan daha üstün uyum gücü göstermesi, yani homozigotların ayıklanması şeklinde ortaya çıkmasıdır. Bu yüke " S e g r e g a s y o n (ayrışım) Y ü k ü ya da D e n g e l i Y ü k " adı verilir. Bu populasyonda

AA	Aa	aa
p^2	$2pq$	q^2

dengesi varsa AA'lar s oranında, aa'lar da t oranında ayıklanıyorsa, bu ayıklanmadan dolayı frekans azalması

$$p^2s + q^2t$$

dir.

24.2.4'te $\hat{q} = \frac{s}{t+s}$ bulunmuştu. Buna göre;

$$\hat{p} = 1 - \frac{s}{s+t} = \frac{t}{s+t} \text{ yazılabilir.}$$

Burada p ve q, seçme etkisi altıda bulunan populasyondaki denge frekansları cinsinden yazılırsa

$$\left(\frac{t}{s+t}\right)^2 s + \left(\frac{s}{s+t}\right)^2 t = \frac{st}{s+t}$$

bulunur. $s = t = 0.1$ olduğunu düşünürsek dengeli yük oranı

$$\frac{(0.1)(0.1)}{0.2} = 0.05\text{'dir.}$$

Her genin ayıklanma oranı on misli küçük olsa bu yük 0.005 olur. Populasyondaki mutasyon oranı 10^{-6} civarında olduğuna göre, dengeli yük oranı oldukça yüksek demektir.

Seçmeyle ayıklama gücü, heterozigot oranlarıyla sınırlıdır. Populasyonda akrabalık artışı nedeniyle heterozigotların tamamen ayıklandığını varsayalım. Kalacak genotiplerin oranı p/q olacaktır. aa genotipleri üzerinde s gibi bir seçme baskısı varsa, böyle bir populasyondaki yük qs'dir. Akrabalığa yer verilmeyen bir populasyonda bu yük, $q^2 s$ idi.

Heterozigotları tam ortadan kaldıran akrabalı bir populasyonda, serbest çiftleştirmeli populasyonlara göre

$$\frac{qs}{q^2 s} = \frac{1}{q}$$

oranında fazladan kalıtsal yük var demektir.

Heterozigotların üstün yaşama gücü göstermesi halinde homozigotlaşmış bir populasyondan ayıklanan oran:

$$ps + qt = \frac{ts}{t+s} + \frac{st}{s+t} = \frac{2ts}{t+s}$$

dir. Bunun serbest çiftleştirmeli populasyondakine oranı

$$\frac{2ts}{t+s} : \frac{ts}{t+s} = 2$$

çıkar. Buna göre mutasyondan ileri gelen yük, akrabalı çiftleştirmede, dengeli yüke göre oldukça yüksek bir orana ulaşmaktadır. Bu oran, özellikle düşük frekanslarda kendini göstermektedir. Nitekim $q = 0.01$ olması halinde:

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{0.01} = 100$$

dür ve dengeli yük oranını çok aşmaktadır.

7. Doğal populasyonlarda kalıtsal varyasyonların kaynakları ve bunları yönlendiren olaylar, gen frekansının belirli bir kararlılık içinde değişmesini sağlar. Uzun süre belirli bir bölgede değişmeden kalan populasyonların gen toplamı bir çeşit kararlılık kazanmıştır. Ortaya çıkacak mutasyonların bu populasyonların gen yapısını hızlı bir şekilde bozması düşünülemez. Ancak belirli zaman süreçleri içinde gen frekanslarında değişmeler ortaya çıkar.

Populasyonun içinde bulunduğu çevrede, önceden seçme baskısına uğrayan genler, koşulların değişmesiyle uyum değeri kazanarak başarılı duruma geçebilirler. Örneğin daha önce DDT etkisinde kalmayan böcekler, bu ilaç bulunduktan sonra büyük ölçüde ortadan kalkmaya başlamıştır. Fakat çoğunluk heterozigot çekinik halde DDT'ye karşı direnç oluşturan bazı genleri taşıyan bireyler bir zaman sonra populasyonda baskın duruma geçmeye başlamıştır. Ayrıca genlerin ayrımından (rekombinasyonundan) ortaya çıkacak yeni olanaklar ve özellikler de bu uyumu sağlayacaktır. Örneğin her gen yerinde dört allel varsa;

a_1a_1, a_1a_2, a_1a_3, a_1a_4, a_2a_2, a_2a_3, a_2a_4, a_3a_3, a_3a_4, a_4a_4

gibi 10 diploit genotip meydana getirecektir. Bu şekilde 100 gen yeri varsa ortaya çıkacak kombinasyon 10^{100} olacaktır. Bu kadar fazla kombinasyon verecek bir populasyonda da çevreye uyum yapabilecek bir optimum fenotipin ortaya çıkması olasıdır. İşte evrimin ana ilkesi, sunulan bu çeşitli olanaklardan birini ya da birkaçını kullanarak çevrenin etkileşimiyle uyumlu ve kararlı bir kalıtsal yapının ortaya çıkarılmasını sağlamadır.

25.2. EVRİM HIZI

Canlı gruplarının, farklı jeolojik devirlerde, evrim hızının aynı olmadığı bilinmektedir. Örneğin *Brachipod*'lar ilk jeolojik devirlerden beri pek fazla değişikliğe uğramamıştır. Buna karşın primatlar yakın jeolojik devirlerde çok hızlı olarak dallanmış ve çeşitlenmiştir. Evrim hızı, canlı topluluğu ile, çevre koşullarının karmaşık bir ilişkisinin sonucudur. Değişmelerin fazla olduğu jeolojik devirlerde genellikle evrim hızı yüksek, kararlı ve sakin olduğu devirlerde ise düşüktür. Bunun yanısıra hayvan grupları ve hatta onların içerisinde alt gruplar, bazen cinsler ve türler farklı evrim hızına sahip olabilirler. Kural olarak omurgalılar, omurgasızlara göre daha fazla evrim hızına sahiptir. Bununla beraber birçok ayrıcası vardır. Örneğin *Opossum* (ağaca tırmanan keseli bir kemirici) Kretase'den beri hiçbir değişikliğe uğramamıştır.

Evrim hızı, bir anlamda, kalıtsal yapının değişme hızıdır. Bu, parazitlerin ve avcıların (predatörlerin) ortadan kalkması ya da yenilerinin ortaya çıkması; çevre sıcaklığının, sulardaki tuzluluğun, su düzeyinin, güneşten gelen ışınların niceliksel ve

niteliksel olarak değişmesi; besinlerin bolluğunun ve çeşidinin değişmesi; coğrafik yapıda meydana gelen değişmeler, evrim hızını etkileyen önemli nedenler olarak görülür. Tüm bu değişiklikler kararsız populasyonlarda hızlı bir değişmeye neden olurken, toleransı büyük ve kalıtsal dirençliliği fazla olan gruplarda fazla etkin olamamaktadır. Bunun sonucu olarak farklı canlı grupları arasında farklı evrim hızları ortaya çıkmaktadır. Örneğin mavi-yeşil algler 2.5 milyar yıldan beri pek az değişmiştir. Keza yassı kurtlar bir milyar yıldan beri pek az değişikliğe uğramıştır. Bunun yanısıra ilkel hayvanlardan köken alan insan 1.5 milyar yılda; yeşil alglerden köken alan yüksek bitkiler ise 700 milyon yılda evrimleşmiştir.

Doğal olarak bir canlı grubunun yaşadığı ortam ve kazandığı yapısal özellikler, bu değişim hızına etki eder. Örneğin mavi-yeşil alglerin fazla değişmemesi, suların içerisinde yüksek enerjili ışınlardan korunmuş olmasından ve keza *Brachipod*'ların fazla değişmemesi de üzerlerini örten kabuğun yine mutasyon oluşturacak etkilere karşı koruyucu bir zırh ödevi görmesinden ileriye geldiği varsayılmaktadır.

Bir türün evrim hızının jeolojik devirlerde farklı olduğuna değinmiştik. Örneğin, kafadanbacaklılardan *Nautilus,* Silür'den itibaren hızlı bir şekilde evrimleşmiş, Jura'da doruk noktasına erişmiş, üçüncü zamanda ise kararlı bir düzeye ulaşmıştır. O zamandan beri geçen 75 milyon yılda ise hiç değişikliğe uğramamıştır. Fakat akrabalarının büyük bir kısmı bu arada ortadan kalkmıştır.

Değişim bir hayvanın tümü üzerinde değil, sadece bir organının üzerinde de değişik hızla ortaya çıkabilir. Örneğin filin hortumu, zürefanın boynu, insanın beyni diğer vücut parçalarına göre çok daha hızlı bir evrim süreci içerisine girmiştir. Atın evrimine bakıldığında dişlerin ve ayakların hızlı bir şekilde değiştiği görülmektedir. Bu yapıların değişim hızına bakarak "Yapısal Evrim Hızı" saptanabilir. Organların evrimi farklı gen sistemleriyle yürütülmekle beraber; bir birey kendi içerisindeki organlar arasında gerekli harmoniyi (uyumu) sağlayamadığında yaşama gücünü yitirir. Örneğin geçmişteki aşırı büyük boynuzlu bir çeşit ren geyiğinin ortadan kalkması buna tipik bir örnektir (Şekil 19.3).

25.2.1. TAKSONOMİK EVRİM HIZI

İki grup halinde incelenmektedir:

25.2.1.1. *Filetik - Taksonomik Hız*

Özellikle yeterince fosil bulamadığımızda tür düzeyinde bir değerlendirme yapmak hem sakıncalı hem de zor olmaktadır. Bu nedenle bir grubun evrimleşme hızı cins düzeyinde yapılmaktadır. Örneğin *Eohippus*'dan *Equus*'a (*Equus* bugün yaşadığı için hesaba katılmaz) kadar evrimleşme sürecinde bilinen sekiz cins evresi geçirilmiş ve bu süre yaklaşık 60 milyon yıl sürmüştür. Demek ki evrim hızı bir milyon yılda yaklaşık 0.13 cins ya da 7.5 milyon yılda bir cins olarak saptanmaktadır. Her cinsin evrimleşme süresi de yine grup içerisinde farklı olabilir. Yukarıda ortalama

değerler bölünmekle bulunmuştur. Fakat bir cinsin diğerine göre evrimleşme süreci de özünde farklıdır. Bu süre bir cinsin ortaya çıkışından, yeni bir cinse değişmesine ya da ortadan kalkmasına kadar geçen süreyi kapsar. Ayrıca ayrıntılı çalışmalarda türler için de bir evrim hızı saptanabilir. Bu, bir türün ortaya çıkışından, yeni bir türe değişmesine ya da ortadan kalkmasına kadar geçen süreyi kapsamaktadır. Bu süre yaklaşık olarak memelilerde ve kuşlarda 500.000 - 1.000.000 yıl olarak saptanmıştır. Ayrıca alttürlerin evrimleşme hızı da yine bu gruplarda 20.000 - 50.000 yıl olarak bulunmuştur. Buna karşılık akrepler *(Scorpion)* Silür'den beri cins olarak hiç değişikliğe uğramamıştır. Yani evrimleşme hızı en az 400 milyon yıldır (bundan sonra evrimleşeceğini bilmediğimiz için en az sözcüğünü kullanmaktayız).

SIMPSON, paleontolojiden elde edilen bilgileri bir araya toplayarak Kambriyum'dan Tersiyer'e kadar çeşitli hayvan gruplarında ortaya çıkan cinslere göre evrim hızını hesaplamıştır. Kurbağalar Devon'da ağır bir tempo ile yeni cinsler meydana getirmiş, alt Karbonifer'de cins sayısı bakımından en üst düzeye ulaşmış ve bundan sonra azalmaya başlayan evrim hızı Jura ve Kretase'de en düşük düzeyine ulaşmıştır. Sürüngenler ortaya çıkışlarından başlayarak hızla yeni cinsler meydana getirmiş, Triyas başında en yüksek değerine ulaşmıştır. Jura ile başlayan gerileme, zamanımıza kadar sürmektedir. Jura'da türeyen memeli hayvanlar, başlangıçta gerileme göstermişse de sonradan hızla yeni cinsler meydana getirmiştir.

Burada dikkati çeken olay, her evrimleşen grup belirli bir tepe noktasına ulaşmış ve inişe geçmiştir. Kendinden sonra evrimleşen grup bu tepe noktasından daha yukarıya tırmanmıştır. Memeli hayvanlar ve büyük bir olasılıkla kuşlar kendilerinden önceki gruplardan daha yüksek bir noktaya ulaşmalarına karşın, yapay olarak yok edilmeleri hariç, inişe geçtiklerine ilişkin herhangi bir eğilim göstermemektedirler.

25.2.1.2. *Grup Evrim Hızı*

Bundan önceki yöntemde, tüm cinsler bilindiği zaman olumlu sonuca ulaşılabilir. Halbuki gerçekte bazı sorunlar vardır.

a) Cinslerin çoğu, yaşadıkları süreden daha az bir zamanı simgeleyen fosillere sahiptir.

b) Sonu gelen cinsler dendiğinde, gerçekte, cinsin sonu gelmemiş diğer bir cinse değişmiştir.

c) Ağır evrimleşen cinslerin fosil kalıntıları, hızlı evrimleşenlere göre daha tamdır.

İlk iki durumda evrim hızı olduğundan fazla, üçüncüsünde ise olduğundan daha az görünür. Evrim hızını çok kesin kurallara bağlayarak açıklamak sakıncalıdır. Çünkü bireylerin değil, grupların değişimi sözkonusudur. Dolayısıyla adım adım değişen iki ya da daha fazla grubun bir çeşit karşılaştırılmasıdır. Bu gruplar arasında da her zaman belirli ölçüde benzerliklerin ve geçişlerin olması zorunludur. Dolayısıyla kesin çizgilerle ayrılmaları olanaksızdır.

26. BÖLÜM

İNSAN GEN HAVUZUNDAKİ DEĞİŞİKLİKLER

Gen havuzları, kural olarak, bir değişikliğin tanımlanmasıdır. Mavi-yeşil algler gibi çok küçük organizmalar, milyonlarca yıldan beri pek az değişiklik göstermiştir. Fakat hemen hemen aynı ortamda kalmış ve basit yapılarını korumuşlardır. Organizmaların büyük bir kısmı, uzun jeolojik zaman süreci içerisinde, gen havuzlarını büyük ölçüde değiştirmiştir. İnsan toplulukları bu sonuncu grup içerisindedir. Canlıların büyük bir kısmı çevrelerine yayılarak değişik koşullara uymuştur. İnsanın gelişim tarihi içerisinde hiçbir devir, insan gen havuzunun hızlı değişimine, son yüzyılda olduğu kadar etkili olamamıştır. Hemen hemen hiçbir insan geçmiş yüzyılların koşulları altında yaşamak zorunda olmadığı gibi, çevresini de sürekli olarak değiştirmektedir. Çevrenin bu denli değiştirilmesi, dolaylı olarak insan gen havuzunu büyük ölçüde etkilemeye başlamıştır. Bu değişim ne kadar sürecektir, ilerideki etkileri ne olacaktır, değişim olumlu bir yolda mıdır, yoksa geleceğimizi tehlikeye atacak bir yönlenme mi olacaktır? Tüm bunların yanıtını gelecek verecektir. Bununla beraber sosyal organizasyonunu kurmuş bir toplumun kolayca yıkılması ve yok olması herhalde kolay olmayacaktır.

Bugün dondurulan bazı insanların 100.000 yıl sonra tekrar yaşama kavuşturulduğunu düşünelim: Acaba bugünkü insan ile o günkü insan arasında yapısal ve ruhsal olarak ne gibi farklar ortaya çıkacaktır? Geçmişimizi incelediğimizde kısa süreler içerisinde, özellikle insan topluluklarında, büyük değişiklikler olduğunu gördük. Önümüzdeki yıllarda bu değişikliklerin derecesi ne olacaktır? Kuşkusuz, bu, bugünkü insan toplumlarının değişmesi için yaptığımız birçok girişim ve değişik amaçlar için kullandığımız yöntemlerin etkinlik derecesine bağlı olacaktır. İnsanın gen havuzunu etkileyen ve değiştiren yapay girişimleri kısaca inceleyelim.

26.1. GENETİK ÖLÜMÜN AZALMASI

Genetik ölüm, doğal seçmenin özüdür. En iyi uyum yapanların ayakta kalma olanakları, yavaş üremedikleri sürece, daha yeteneksiz olarak uyum yapanlardan fazla olacaktır. Genetik ölümlerin hızı düştükçe gen havuzlarındaki doğal seçmenin etkinliği ve bir çeşit temizleyici özelliği de azaltılmış olacakır. Savaşlarda insanlar yapısal özelliklerine bakılmaksızın, sadece belirli görüşlerdeki uyuşmazlıklar nede-

niyle yok edilirken; çoğunluk daha az yetenekli olanlar geri hizmette yaşatılır. Bunun yanısıra doğanın zor koşullarında şimdiye kadar yalnız güçleriyle yaşamlarını sürdürebilen birçok insan topluluğuna yiyecek ve sağlık hizmetleri götürülerek, aralarındaki zayıfların da yaşatılması sağlanmıştır. Bu, şimdiye kadar süregelen doğal seçme baskısının azaltılması demektir ve gen havuzunda büyük değişikliklerin ortaya çıkacağına işarettir. Doğal seçmenin etkisini azaltan girişimleri ana hatlarıyla görelim.

26.1.1. BULAŞICI HASTALIKLARIN ÖNLENMESİ

İnsanlığın geçmişinde mikroorganizmaların ve bulaşıcı hastalık yapan diğer canlıların büyük önemi vardır. Örneğin veba, tifo, dizanteri, difteri, zatürree (batar) vs.'nin büyük insan kitlelerini kısa zamanda yok ettiği bilinmektedir.

İlk görünüşte, bu organizmaların sadece hastalık yaptığı ve kalıtsal yapıyla herhangi bir ilgileri olmadığı zannedilir. Bu, kısmen doğrudur. Fakat kalıtsal yapıyla da ilgileri olduğu açıktır. Çünkü farklı toplumlarda, hastalıkların değişik şiddette açığa çıktığı bilinmektedir. Örneğin kızamığın çocukluk çağlarında hepimizde görüldüğü ve bazen de öldürücü olduğu herkesçe bilinen bir gerçektir. Fakat hıristiyanlığı yaymak amacıyla Hawai adalarına gönderilen misyonerler, kızamık mikroplarını da beraberinde götürmüşlerdir. Hawai toplumu, o zamana kadar, kızamık virüsüylü karşılaşmadığı için, sonuç bir felaket olmuştur. Bu mikroba dirençli bireylerin toplumda yaygın duruma geçmesine kadar, kitle halinde ölümler sürmüş ve sonuçta bu virüse karşı değişik derecelerde dirençlilik oluşmuştur.

Amerika yerlileri verem basiline karşı savunmasız olduğundan, oraya ilk ayak basan Avrupalılar tarafından götürülen mikroplar, bu toplumda büyük kayıplara neden olmuştur. Avrupalılar tropiklere gittiğinde, sıtma ve diğer tropik hastalıklardan dolayı büyük kayıplar vermişlerdir. Her toplum, geçmişte atalarının etkisinde kaldığı hastalıklara karşı dayanıklılık sağlayan genleri, gen havuzunda daha yüksek oranlarda taşımaktadır. Hastalığa duyarlı genleri taşıyan bireyler sürekli olarak genetik ölümle elemine edilmiştir.

Her toplum diğer kalıtsal özellikler gibi, hastalıklara karşı dirençlilik sağlayan genler bakımından da farklıdır. Hatta aynı toplum içerisinde yaşayan bireylerin bu hastalıklara dirençlilikleri değişik derecelerdedir. Bazıları hastalığı hafif, bazıları ağır geçirdikleri halde bazıları da hiç tutulmayabilir. Bu tamamen kalıtsal bir özelliktir. Hatta herhangi bir hastalığa karşı dirençli toplumlarda, zaman zaman bu hastalığa dirençsiz bireylerin ortaya çıkması doğaldır.

Yaşadığımız yüzyılda, hastalıklara karşı bulunan savunma yöntemleri, hastalığa dirençsiz genler üzerindeki doğal seçme baskısını azaltmış veya tamamen kaldırmıştır. Belirli bir generasyondan sonra gen havuzunda bu genlerin frekansının artması doğaldır. Hastalıklara karşı savunma yöntemlerinin neler olduğunu kısaca görelim.

26.1.1.1. *Halk Sağlığı İle İlgili Önlemler*

Son zamanlarda virüs, bakteri ve hastalık yapan diğer organizmalara karşı oldukça gelişmiş bir bilgi birikimi oluşmuştur. 1890 yılına kadar, tıp dünyasında, hastalıkların, havanın bazı özelliklerinden, vücut sıvısı içerisindeki dengeden ya da şeytanların vücuda girmesinden meydana geldiğine inanılıyordu. Fransa'da PASTEUR'ün, İngiltere'de LİSTERin ve Almanya'da KOCH'un buluşları, hastalıkların küçük mikroorganizmalarla meydana geldiğini açığa çıkardı. O devirden sonra, bu organizmaların vücut içerisine girmesini ve girmişse vücut içerisinde hastalık yapmasını önleme açısından birçok araştırma yapıldı.

İlk olarak şehir sularının temizlenmesi ele alındı. Su, kum gibi bazı filtrelerden süzülmeye; daha sonra klor gibi mikrop öldürücü maddelerle dezenfekte edilmeye başlandı. Sonuç tahmin edilemeyecek kadar görkemliydi. Özellikle, kolera ve dizanteri gibi bağırsak hastalıklarının çoğu ortadan kalktı. Tuvaletlerin açıkta olması önlendi; dışkıların belirli yerlere toplanması ve kanalize edilmesi sağlandı. Sineklerin ve sivrisineklerin evlere girmemesi için önlem alınmaya başlandı. Sivrisineklerin yetiştikleri ortamlar, özellikle bataklıklar kurutulmaya veya ilaçlanmaya çalışıldı. Bu nedenle sıtma, güney ülkelerinin bazı bölgeleri hariç, tamamen kurutuldu.

26.1.1.2. *Aşı*

Çiçek hastalığı bir zamanlar dünyanın en korkunç hastalıklarından biriydi. Yüzyılımızda bu hastalık için aşı olma zorunluluğu getirilince tamamen ortadan kalktı. Öyleki bugün Uluslararası Sağlık Örgütü bir çiçek olayını bildirene ödül bile vermektedir.

Çocuk felci birçok insanı sakat bırakmıştır. Hatta Amerika Birleşik Devletlerinin başkanlarından FRANKLİN ROOSEVELT bu hastalığa tutulduğundan dolayı sakattı. 1950 yıllarında JONAS SALK tarafından aşısı geliştirilince (ağızdan ve aşı olarak) hastalık hızla azalmaya başladı. Çocuklarda büyük ölümlere neden olan kızamık, yine aşısının bulunmasıyla etkisini yitirdi. Tetanos, tifo, difteri, boğmaca ve diğer birçok hastalığın aşısının bulunması ölüm tehlikesini büyük ölçüde ortadan kaldırmıştır.

26.1.1.3. *Tıbbi Önlemler*

1939 yılına kadar pek az ilaç, bu mikropları öldürme gücüne sahipti. Birçok ilaç, ağrıları hafifletme veya uyuşturma için veriliyordu. Kinin bu ilaçların içerisinde bir ayrıcaydı. Çünkü kesin olarak sıtmaya karşı etkiliydi. 1939 yılında yeni bir yöntem geliştirilerek mikroorganizmalara karşı antibiyotikler kullanılmaya başlandı. Yeşil mayalardan izole edilen penisilin zatürreeyi, peritoniti ve streptococus'ların meydana getirdikleri diğer tüm rahatsızlıkları büyük ölçüde önlemeye başladı. Frengi *(Syphilis)* ve belsoğukluğu *(Gonorrhea)*, bu ilacın bulunuşundan sonra tam olarak tedavi edilmeye başlandı. Bundan önceki dönemlerde bu son iki hastalığın tedavisi hemen hemen olanaksızdı.

Antibiyotikler yeni bir etki yöntemine sahipti. Bunlar canlı organizmalardı ve ürettikleri maddelerle diğer canlıların, özellikle mikroorganizmaların gelişmelerini önlüyorlardı. Çok az miktarlarda dahi etkiliydiler. Ayrıca bazı hücrelerin (örneğin, insan vücudundaki hücrelerin) işlevlerini aksatmadan, diğer organizmaları yok etmesi bu ilaçların en büyük özelliğiydi. Zamanla bu antibiyotiklerin birçok türevi yapılarak değişik organizmalara karşı yaygın şekilde kullanılmaya başlandı.

26.1.1.4. *Kalıtsal Önem*

Bu hastalıkların yok edilmesine kimsenin karşı koyması düşünülemez. Yalnız bu ilaçların kullanılmasıyla, insan gen havuzunda duyarlı genlerin frekansı gittikçe artmaktadır. Çünkü doğal yapısına bırakılanlarda bu duyarlı genleri taşıyan bireyler elenecekti. Fakat şimdi yaptığımız tedavilerde bu genleri taşıyan bireyler yaşama şansını elde etmekte ve meydana getirdikleri döllerle gen havuzundaki duyarlı genlerin sayısını artırmaktadır. İleride meydana gelecek herhangi bir ulaşım güçlüğünde veya savaşta ortaya çıkacak bu tip hastalıklar insan topluluklarında büyük kayıplara neden olacaktır. Çünkü dirençsiz bireylerin sayısı çoğalmıştır. Nitekim son Bengaldeş-Pakistan savaşında eskiye göre kolera ve diğer hastalıklardan yitirilen insan sayısı çok daha fazla olmuştur.

Bugün yasal sayılmayan biyolojik savaş yöntemlerinde, daha önce insanların geniş olarak karşılaşmadığı psitticosis, encephalitis, karaveba, Q humması, histoplasmosis ve buna benzer hastalıkların mikropları kullanılmaktadır. Savaş sırasında kullanılacak bu ve buna benzer organizmalar toplumlarda büyük kayıplara neden olacaktır. Birçok araştırıcı bir savaş sırasında en büyük yıkımı yapacak mikropları geliştirmek için çabalamaktadır. Fakat mikropları belirli bir bölgede tutmanın hemen hemen olanaksız olacağı bilindiğinden, kullanımından çekinilmektedir. Çünkü ortaya çıkacak hastalık tüm dünyada salgın hale geçebilecektir.

26.1.2. SAKATLIK YAPAN HASTALIKLARIN KONTROLÜ

Birçok hastalık, insanlarda sakatlık, ölüm ya da çalışma gücünde azalmalar meydana getirir. Bu tip hastalıkları kısaca inceleyelim.

26.1.2.1. *Beslenememeden Meydana Gelen Bozukluklar*

Vitaminler üzerindeki bilgimiz gelişmeden önce bunların eksikliğinin ortaya çıkardığı birçok vücut bozukluğu vardı. Bunlara en iyi örnekler iskorbit (dişeti rahatsızlıkları), raşitizm (kemik bozuklukları), beri-beri (sinir bozuklukları) ve diğer beslenmeye bağlı bozukluklardır. Bugün değişik yöntemlerle verilen ek vitamin ve mineraller bozuklukların büyük ölçüde düzelmesine yardımcı olmaktadır. Doğal olarak, özellikle beslenme yetersizliği olan bölgelerde, bu ek maddelerin verilmesi belirli ölçüde ömür uzunluğunu artırmaktadır.

İlk bakışta bu yöntemlerin gen havuzunun değişmesinde büyük önemi görülmemekle beraber, gerçekte etkili bir kontrole sahiptir. Bazı çocuklar günlük mini-

mum D vitamininin üzerinde vitamin alsalar da yine raşitizm hastalığına yakalanırlar. Çünkü bunlar vitamin D'yi alan mekanizmayı yönelten genlerden yoksundur. Yalnız yoğun D vitamini vermekle hastalığın önüne geçilebilir. X geni üzerindeki bir başat gen bu hastalığa neden olur. Fareler üzerinde yapılan çalışmalar D vitamini metabolizmasının düzenlenmesinde poligenik genlerin etkili olduğunu göstermiştir. Seçme ile D vitaminine gereksinmesi fazla ve az olan ırklar elde edilebilir.

Guatr hastalığı topraktaki iyoda bağlı olarak belirli bölgelerde değişik sıklıkta ortaya çıkar. Boyundaki şişkinlik ve metabolizmadaki düşme ile anlaşılır. Özel ilaçların ve tuzların kullanılması ile büyük ölçüde rahatsızlıklar önlenebilir. Buna bağlı olarak kalsiyum, fosfor ve diğer minerallerin dengesi sağlanabilir.

Bu şekildeki hastalıkların ilaç ve ek besin ile iyileştirilmesi, bu besinlerin alınımında (en az minimum düzeyde madde içeren besinlerden) bir çeşit yeteneksiz olan bireylerin taşıdıkları genlerin, zamanla, populasyonda yaygın duruma geçmesini sağlayacak ve ileride meydana gelecek bireylerin, geçmiştekine oranla, daha çok takviyeli beslenmeye gereksinmesi olacaktır. Halbuki bu yardıma başvurmayan toplumlarda, doğal seçme ile daha dirençli bireyler oluşacaktır. Nitekim geri kalmış ülkelerdeki insanların daha az besinle, gelişmiş ülkelerdekine göre, daha sağlıklı yaşamaları, bunların gen havuzundaki genlerin daha seçme olmasından ileriye gelmektedir.

26.1.2.2. *Vücutta Üretilen Maddelerdeki Bozukluklar*

Şeker Hastalığı (diabetes mellitus): Eskiden insan sağlığını tehdit eden önemli hastalıklardan birisiydi. Bu hastalık, pankreasın salgıladığı şeker metabolizmasını düzenleyen insülin hormonundaki bozukluk nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Durum anlaşılıp, hormon büyük miktarlarda üretilince, hastalığın tedavisi de yapılmaya başlandı.

Keratinizm: Ruhsal, fiziksel ve eşeysel işlevler bakımından insanda bozukluk yapan kalıtsal bir hastalıktır. Tiroit bezinden çıkan tiroksin hormonunun eksikliğinden meydana gelir. Bu rahatsızlığın belirtileri görülen çocuklar, büyükbaş hayvanlardan alınan tiroit bezinin özütüyle beslenince, tüm yaşamlarını normal olarak sürdürebilirler.

Pepsin Eksikliği: Enzim eksikliklerinden meydana gelen rahatsızlıklar genellikle kalıtsaldır; fakat sürekli bir bakımla hastalar normal olarak yaşatılabilir. Örneğin, doğuştan, protein sindirimi için gerekli olan pepsin enzimi salgılanamıyorsa, bebek, yeterince amino asit alamayacağından dolayı bir zaman sonra ölür. Fakat hasta bebek, ömrü boyunca pepsin haplarıyla desteklenirse normal yaşamına devam eder.

Fenilketonüri: Hücresel enzimlerin eksikliği daha yaygındır. Daha önce de değindiğimiz gibi PKU (fenilketonüri), bir amino asit olan fenilalanini parçalayan, bir karaciğer enzimi bozukluğundan dolayı ortaya çıkar. Bu rahatsızlığa karşı enzim vermenin yöntemi geliştirilememiştir. Fakat çocuğu zeka geriliğinden kurtarmak için özel bir beslenme uygulanır ve proteince fakir besinler verilirse normal olarak uzun zaman yaşatmak mümkün olur.

Galaktosemia: Yine bazı hücre enzimlerinin eksikliğinden meydana gelen bir hastalıktır. Süt vermemekle rahatsızlığın önüne geçilebilir.

Kanama Hastalığı (hemofili): X kromozomuna bağlı çekinik bir gen ile meydana getirilir ve kanın pıhtılaşma yeteneği yitirilir. Yaralanmalar, çoğunlukla ölümle biter. Doğal olarak üreme çağına gelinceye kadar erkeklerin 3/4'ü ölür. Dişilerde yaşama şansı çok daha düşüktür. Günümüzde plazma globulini izole edilerek bu hastalar kurtarılabilmektedir.

Gamma Globulin Eksikliği: Kan plazmasının bir proteinidir ve mikroplara karşı korumayı sağlayan antikorları içerir. Pek az çocukta X kromozomuna bağlı kalıtsal gamma globulin eksikliği görülür ve **Agammaglobulinemia** rahatsızlığı ortaya çıkar. Geçmiş yıllarda, bu bebekler ilk yılda mikropların saldırısından hemen ölmekteydiler. Fakat bugün normal insanın kemik iliğinden alınan hücreler, hastanın göğüs kemiğine (sternuma) enjekte edilmekte ve böylece hasta bebekte canlı gamma globulin üretimi sağlanmaktadır.

Yukarıda anlattığımız rahatsızlıkların çoğu ya doğrudan doğruya bir genin bozukluğundan ya da böyle bir genin dolaylı etkilenmesiyle meydana gelmektedir. Bu bireyleri kurtarmakla evrimin doğal seçme baskısı kaldırılmakta, yani kültürel evrim ile doğal seçme bir çekişme içerisine girmiş olmaktadır. İnsancıl düşünme bu bireyleri kurtarmayı gerektirmektedir. Fakat gelecekteki gen havuzunun ne şekilde değişeceğini de saptamak zorundayız.

26.1.3. BOZUKLUKLARIN AMELİYATLA DÜZELTİLMESİ

Yaşadığımız yüzyılda cerrahi ilmi büyük gelişmeler kaydetmiş ve birçok organik bozukluğun düzeltilmesini sağlamıştır. Kalp bozukluğu ile doğan çocukların geçmişte hiç yaşama şansı yokken, bugün yapılan ameliyatlarla normal yaşamaları sağlanmaktadır. Son bağırsak açıklığı olmadan doğan çocuklar da keza ameliyatla yaşatılmaktadır. Yine normal pelvik açıklığı olmayan kadınların çocukları sezaryenle alınmaktadır. Birkaç örnekle açıklamaya çalıştığımız bu konu, gerçekte, birçok bozukluğun etkisini gösterdiği uygulama alanı çok geniş olan bir konudur. Doğal olarak ameliyatla düzeltilen bu bozuklukların birçoğu kalıtsal yapıyla ilgilidir ve yaşama döndürdüğümüz her birey ve onun dölleri bu bozuk genler bakımından bir kaynak olarak gen havuzumuzu değiştirmektedir.

26.1.4. DOĞAL YAŞAMADA YARAR SAĞLAMAYAN ÖZELLİKLERİN KORUNMASI

Doğal seçmenin yasaları kesin ve değişmezdir. Bu yasalar yalnız en iyi uyum yapanı yaşatır; diğerlerini yok eder. Bu yöntem evrimin acı ve belki de biraz savurganca olan tarafıdır. Fakat bu yolla dünya üzerindeki canlılar daha mükemmele doğru tırmanabilmektedir. Bir arslanın bir ceylanı öldürmesi bizi üzebilir. Fakat aslanlar olmasaydı ceylanlar üremek suretiyle tüm dünyayı kaplayabilirdi. Genellikle yırtıcı

hayvanlar bir topluluktaki hastalıklı veya vücutça bozuk olan hayvanları yakalamak suretiyle o gen havuzunun gen kalitesi bakımından düzeltilmesine yardımcı olmaktadır. İnsanların çevrede yaptıkları yıkım ve özellikle yırtıcı hayvanlar üzerindeki baskı bu gen havuzlarının kısa sürede değişmesine neden olmaktadır. Özellikle, bize yararlı olan özelliklerini geliştirdiğimiz evcil hayvanların gen havuzlarındaki bozulma o dereceye varmıştır ki, birçoğu artık yabanıl olarak yaşayamadığı gibi, bir kısmı insan yardımı olmadan, doğum gibi yaşamın en doğal işlevlerinden birini dahi yapamaz duruma gelmişlerdir. Artık bu hayvanların kendi başlarına yaşama olanakları hemen hemen kalmamıştır. Bizim için yararlı; fakat doğal seçmede dirençsiz olan birçok genin frekansı her gün biraz daha artırılmaktadır.

26.1.5. ÜREMENİN GETİRDİĞİ YÜKLENMELER

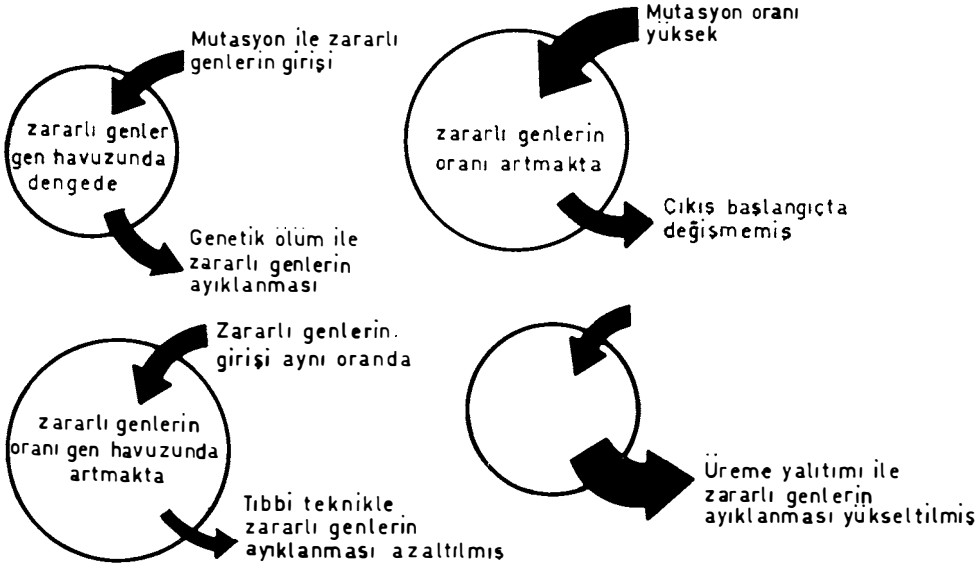
Bir toplumda aile büyüklüğü yapay olarak sınırlandırılmışsa bozuk genlerin sayısı artma eğilimindedir. Çünkü normal çocuk sahibi olanlar bir ya da iki çocukla yetinmelerine karşın, birinci veya ikinci çocukları ruhsal olarak ya da vücutça sakat olan aileler, emin olabilmek için daha fazla çocuk yapma eğilimindedir ve yapılan araştırmalara göre bu tip ailelerin çocuk sayısı normal olanlara göre daha fazladır. Anormal çocukların üreme yeteneğinin olmadığını varsaysak dahi diğer çocukların en az yarısının taşıyıcı olması gerekir, bu ise zararlı genlerin gen havuzunda artmasını sağlar. Çünkü normal özellikler taşıyan diğer ailelerin çocuklarının sayısı daha azdır. Gerçi her ailenin istenmeyen bir özelliği vardır. Fakat anormallik derecesinde ya da zararlı genler bakımından daha çok gen taşıyan ailelerin bu şekilde fazla çocuk yapma eğilimleri olumsuz etkiler yapacaktır.

Buna karşılık aile büyüklüğü sınırlandırılmayan toplumlarda, özellikle doğum kontrolünün olmadığı yörelerde ve toplumlarda normal ve anormal özellikler taşıyan ailelerin çocuk yapma sayısı sınırlanmadığı için her iki grup da istediği kadar üremektedir. Normal özellikler taşıyan ailelerin çocukları kural olarak yaşadığı ve anormal özellik taşıyan ailelerin çocukları belirli oranda öldüğü ya da üremediği için, sağlam olanlar baskın duruma geçmekte ve sınırlı aile büyüklüğü olan toplumların tersine yararlı genlerin sayısı gen havuzunda artmaktadır.

26.2. GENETİK YÜKLENMELERİN ARTMASI (Şekil 26.1)

Gen havuzundaki zararlı genlerin sayısına bazen **Genetik Yüklenme** denir. Bu yüklenme seçmenin gücüne göre dalgalanmalar gösterebilir. Fakat kararlı bir populasyonda çoğunluk bir denge oluşur. Genetik yüklenme iki şekilde artar. Birincisi zararlı genlere karşı seçme baskısının azaltılması ile (insan gen havuzlarını incelerken gördük), ikincisi mutasyon ve kromozomal değişmelerin oluşmasıyla (Bölüm 15, 16 ve 17'de inceledik) olur.

İnsan gen havuzunun oldukça mükemmel olduğunu düşünmek pek yanlış olmayacaktır. Çünkü geçen bunca senede doğal seçme bize belki en iyi gen kombinasyonlarının olduğu bir havuz sunmuştur. Belki yeni mutasyonların eklenmesiyle



Şekil 26.1: Zararlı genler bir gen havuzunda dengede kalma eğilimindedirler. Fakat mutasyonla ya da genetik ölümün azaltılmasıyla oranları yükselmeye başlar ve zamanla bu genlerin populasyonda kendilerini fenotipi olarak gösterme oranları artar.

bu evrim hızının çok daha çabuklaştırılması düşünülebilir. Fakat gözlediğimiz kadarıyla meydana gelen mutasyonların çoğu zararlıdır; içlerinde pek azı yararlı etki gösterebilir. Bu yararlı olanların seçilmesi ise zaman ile doğru orantılıdır. İnsanın gen havuzunda yapılacak değişiklikler çok titiz olarak izlenmelidir. Çünkü iyi özellikler yaratalım derken, insan gen havuzunu zararlı genlerle yüklemek daha kolay olacaktır. Hayvanlarda bu tip denemelerin yapılması olağandır. Çünkü yararlı özellikleri taşımayanları ortadan kaldırmak mümkündür. Buna karşılık insan gen havuzunda ortaya çıkan zararlı genleri taşıyanları yok etmek olanaksızdır. En azından insancıl ve yasal yönden. Bu nedenle başka bir yöntem geliştirilmedikçe, mutasyon yoluyla insan gen havuzunun değiştirilmesine yeltenmek son derece sakıncalıdır. Doğal seçmenin ve yeterince seçilme zamanının olmadığı bir ortamda mutasyonal yüklenme çoğunlukla insan gen havuzunu bozacaktır.

26.2.1. GENETİK KİRLENME

Son zamanlarda çok güncel bir konu olan çevre kirlenmesinde, göllerin, nehirlerin ve denizlerin, artık, oksitleyerek ortadan kaldıramayacağı kadar atık maddeyle kirlendiğini biliyoruz. İnsan vücudu da sanki bir göl sistemi gibidir, dışarıdan gelecek birtakım zararlı maddeleri dışarıya atma ve zararsız hale getirme yeteneğindedir. Fakat bir göl gibi, sınırlı bir sığaya (kapasiteye) sahiptir. Genellikle geçmişte su kirleticisi olarak büyük ölçüde hayvanları ve onların artık maddelerini görmekteyiz. Fakat su sistemleri bu kirlenmeleri kısa zamanda ortadan kaldıracak güce sahipti. Çoğunlukla canlı miktarı ve yıkılan artık maddelerin arasında bir denge oluşmuştu. Son

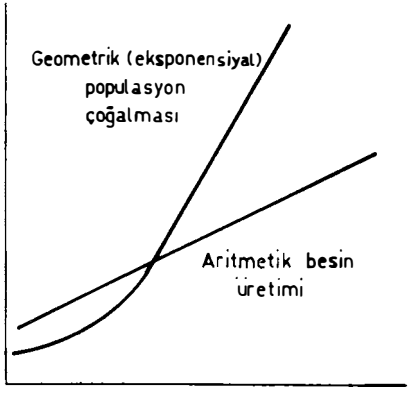
zamanlarda insan gereksinmesi için kullanılan maddelerin artması ile ortaya çıkan atık maddelerin miktarı da çoğaldı ve atık maddelerin yıkılması ile giren maddeler arasında bir dengesizlik ortaya çıktı. Dolayısıyla hemen tüm biyotoplarda bir kirlenme sorunu ve buna bağlı olarak öncelikle dayanıksız canlıların, bir zaman sonra da tüm canlıların ortadan kalkma tehlikesi başgösterdi. İnsanın gen havuzuna da, mutajenik maddelerin kullanımının artması ve daha önce değindiğimiz gibi zararlı genleri taşıyan bireylerin yapay olarak yaşatılması gibi girişimlerle zararlı genlerin girmesi artırılmış ve bir çeşit genetik kirlenme ortaya çıkmıştır. Bu konudaki varsayımları daha sonraki bölümde inceleyeceğiz.

26.3. İNSAN YIĞINLARININ SORUNLARI

Şu anda karşı karşıya bulunulan büyük sorun, insan nüfusunun artmasıdır. Doğal çevre kısa bir zaman sonra artan nüfusun olumsuz baskısını taşıyamayacak kadar tahrip edilecektir. Ayrıca birçok hayvanın zaman zaman çoğalmasına ve bir afet olarak ortaya çıkmasına tanık oluyoruz. Örneğin, geçmişte memleketimizde de görülen çekirge istilası; Kentucky'de siyah kuş istilası (dışarıya çıkan insanların üstü bir anda kuş pisliğiyle dolacak kadar çok), Avustralya'da tavşan istilası (zararlıları ve avcıları olmadığı için) bunlardan birkaçıdır. Çünkü canlılar kendi populasyonlarının dengeli durumunun çok daha üstünde çoğalma eğilimindedirler. Dolayısıyla koşullar uygun olunca sayılarında patlarcasına artma görülür. Fakat doğal denge ile kararlı kalmaya zorlanırlar. İnsan, doğal dengeyi bozduğu, çevreyi bir çeşit emri altına aldığı ve bu arada geliştirdiği yöntemlerle bireylerin yaşama şansını artırdığı için, özellikle son yüzyılda patlarcasına bir çoğalma ve tüm biyolojik ortamları istila etme eğilimi göstermeye başlamıştır. Bu çoğalma böyle devam ederse bir zaman sonra belki dünyada yiyecek besin, oturacak yer hatta soluyacak oksijen dahi bulamayacağız.

26.3.1. MALTHUS'UN ÖNBİLİDİRİMİ

1798'de İngiliz ROBERT MALTHUS, insan populasyonunun, dengeli bir yapıya gerekli olandan daha fazla üretildiğini gözlemişti. Eğer bu üreme kontrol edilmezse insan nüfusunun geometrik olarak artacağını savunmuştu. Bununla beraber besin üretimimizin ancak aritmetik olarak artabileceğini de ortaya koymuştu (Şekil 26.2).



Şekil 26.2:

İnsan populasyonu geometrik (eksponensiyal) artma yeteneğindedir. Fakat buna karşın en iyimser varsayımlarla besin üretimi doğal olarak aritmetik artmaktadır.

Sonuç olarak bir zaman sonra insanların yeterince besin bulamayacağını varsaymıştı. Bu besin-nüfus dengelenmesinin ancak savaş, salgın hastalıklar ve diğer afetlerle meydana gelebileceğini ileriye sürmüştür.

MALTHUS, zamanından ileride düşünen biriydi. Uzun zaman insanlar bu öneriyi dikkate almadılar. Çünkü dünyanın birçok bölgesi boştu ve fazla nüfus bu boş alanlara kaydı. Gelişen teknoloji hem birim alandan fazla verim alınmasını, hem daha verimli ırkların ortaya çıkarılmasını, hem de zararlılara karşı etkin bir savunmanın geliştirilmesini sağladı. Fakat son zamanlarda tüm bu gelişmelere karşın, verimin belirli bir düzeyden daha yukarıya çıkarılamayacağı ve çevrenin sadece üretim için kullanılmasının birçok sakıncaları beraberinde getireceği anlaşılmaya başlandı. İnsanların artan gereksinimleri doğayı tahrip etme düzeyine gelmişti.

Hatta birçok ülkede kendine yetecek derecede üretim yapılamazken çoğalma konusunda herhangi bir önlem de alınmamaktadır. Dünyadaki birkaç ülkenin besin fazlasıyla diğer insanlar beslenebilmektedir. Bu besin takviyesi daha çok insanın üremesi demektir ve ancak belirli bir sınıra kadar yürütülebilir. Çok yeni bir teknoloji geliştirilemezse, bugün dahi geçerliliğini benimsediğimiz MALTHUS'un varsayımı karşımıza çıkacaktır. İnsanlar ya hastalık, ya açlık ya da doğal olmayan savaşlarla üretim insan sayısı dengesine tekrar kavuşacaktır.

26.3.2. POPULASYON ARTMASININ SONUÇLARI

Belki geçmişte insanın yaşama şansı diğer canlılardan çok daha farklı değildi. Fakat bugün tüm zekasını kullanarak çevreyi kontrol altına alan insan, döllerini oldukça güvenli bir ortamda yetiştirme olanağına kavuşmuştur.

Bundan 100.000 yıl önce küçük gruplar halinde besin aramak için büyük alanları gezen insanın çoğalmak için şansı fazla değildi. Çünkü bir Amerika Kıtası bu şekilde göçebe olarak beslenen 7-8 milyondan fazla insanı besleyecek kapasitede değildi. Fakat yerleşik düzene geçilip, toprağa bağlanma ve tarım gelişince, üreme de buna paralel olarak artmaya başladı. Yabani hayvanların birçoğu evcilleştirilerek insanların kullanımına sunuldu. Toprağa bağlanmakla denge değişmişti.

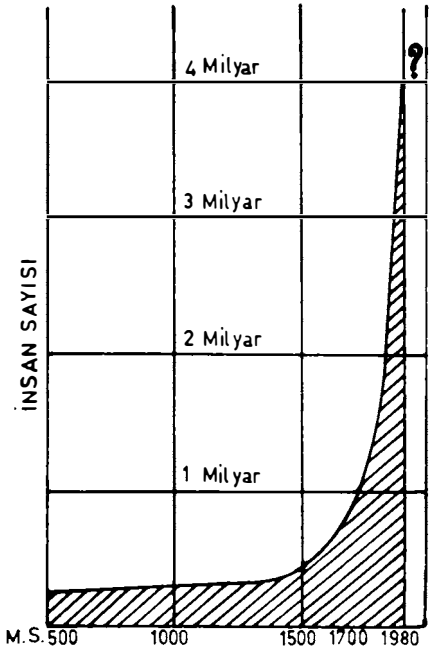
26.3.3. POPULASYONLARIN BÜYÜMESİ

Tarım devrimine geçmeden önce dünyadaki insanların büyüme hızı çok azdı; aşağı yukarı her yüzyılda 0.1 oranındaydı. Bu değer dengeli bir populasyonun pek az üzerindedir. Uzun süre bu yavaş artış hızı sürdü ve bundan aşağı yukarı 10.000 yıl önce toplam insan sayısı 12 milyona kadar ulaştı. Tarımdaki gelişmeler dolayısıyla yaşam koşulları düzeldi ve çoğalma hızı her yüzyılda yaklaşık % 5.3'e ulaştı. Bu hız dahi bugünküne göre çok düşüktür. Fakat buna rağmen M.S. 1700 yıllarında dünyanın toplam nüfusu 600 milyona ulaştı. Gerçekte bu rakam bugünkü Hindistan'ın nüfusuna denktir. Bu noktadan sonra çoğalma çok daha hızlı olmaya başladı.

Fosil enerji kaynaklarının (petrol ve kömür) bulunuşu, enerjinin insan emrinde çok daha etkin bir şekilde kullanımını kolaylaştırdı. Yıllarca güneş enerjisinin tutulmasıyla biriken bu fosil yakıt kaynaklarının devreye sokulması ulaşım olanaklarını, tarımda makinenin kullanımını ve sanayi devrimini getirdi. Dolayısıyla dünyanın herhangi bir yerindeki insan, tüm nimetlerden yararlanma olanağını buldu. Hastalıklar ve açlıklar bu hızlı sistem içerisinde hemen giderilmeye başlandı.

26.3.4. POPULASYON PATLAMASI

Tüm buluşlar insanların daha uzun yaşamasını ve sağlıklı kalmasını sağladı. Bu, patlarcasına bir çoğalmaya neden oldu. 1800 yıllarında dünya nüfusu bir milyara, 1900 yıllarında 1.5 milyara, 1980 yıllarında ise 4,5 milyara yükseldi. Her otuzbeş yılda dünya nüfusunun iki misline çıktığı görülmektedir. Fakat en iyimser görüşler dahi bu nüfus artımının belirli bir noktada beslenme dengesini bozacağı yönündedir (Şekil 26.3). 1980 yılında verilen raporlar endişe vericidir. Son birkaç yıldan beri dünya besin stoklarında devamlı bir düşme görüldüğü belirtilmektedir. Yeni tarım alanlarının açılması doğal dengeyi bozmakta; yapılan tarımsal savaşım çevre kirlenmelerini artırmakta; kullanılan gübreler biriktikleri son alan olan deniz ve gölleri eutroflaştırarak kokuşmaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Belki sulama sistemlerinin geliştirilmesi ile besin miktarı daha artırılabilir. Verimli ırkların elde edilmesi ve ıslahı bu üretim artımına destek olabilir. Fakat kontrolsüz üreme devam ederse bir zaman sonra tüm bu önlemlerin yetersiz kalması kaçınılmaz olacaktır.



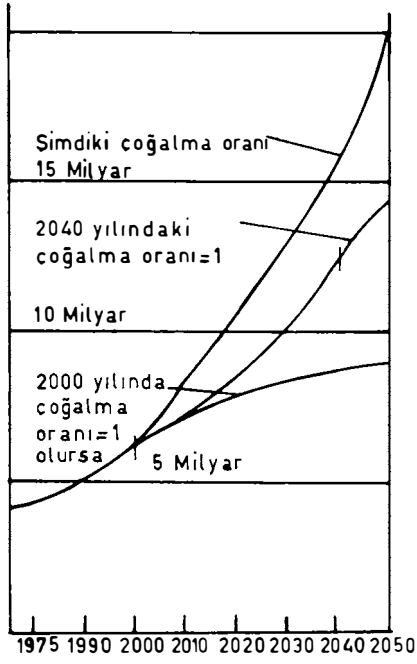
Şekil 26.3:

İnsan populasyonunun büyüme eğrisi fosil yakıtların enerji kaynağı olarak kullanılmasından sonra çok hızlı artmaktadır.

Ölümün önlenmesi için yapılan girişimlerin, aynı etkinlikle doğumun kontrolü için de yapılması kaçınılmazdır. Belki son zamanlarda dünya milletleri bu konunun ciddiyetine varmıştır. Fakat eğitim düzeyleri düşük ve dini inançları güçlü olan toplumlarda çoğalma hızı tüm girişimlere karşın çok az geriletilebilmiştir. Fakir toplumların çoğalma hızının yüksek olması da sosyal yönden ayrı bir sorundur. Üretimi artırmak için doğanın yapısını bozma çok tehlikeli sonuçlara neden olacaktır. Çünkü aldığımız oksijenin büyük bir kısmı denizlerdeki fitoplanktonlarla ve büyük ormanlarla sağlanmaktadır. Amozon'lardaki ormanların tarım alanına çevrilmesi, Kanada ve Sibirya'daki ormanların tahribi, denizlerin kirletilmesi bir zaman sonra dünyadaki insanların oksijensizlikten ölmesine neden olacaktır. Çünkü dünyanın oksijeni büyük ölçüde bu kaynaklardan üretilmektedir. Örneğin, Brezilya'daki üreme hızı bugünkü düzeyde kalırsa, Amozon ormanlarının bir zaman sonra tarım alanlarına çevrilmesi kaçınılmaz olacaktır.

26.3.5. POPULASYONUN SINIRLANDIRILMASI

Gelişmiş ülkelerde, sosyal sorunların da neden olduğu, nüfusun çoğalma hızında bir duraklama hatta azalma vardır. Ama, bunun yanısıra daha gelişmiş bir toplum olmanın getirdiği tüketim artışı vardır. Son senelerde verilen raporlara göre, gelişmiş ülkedeki bir insan, geri kalmış veya gelişmekte olan toplumlardaki bir insandan on defa daha çok materyal ve enerji tüketmektedir. Bu, sadece nüfusun azaltılmasını değil, tüketici toplumların da belirli bir savurganlığı önlemesinin zamanının geldiğini göstermektedir. Çünkü 2000 yılında dünyada tatlısu sıkıntısının çok büyük boyutlara



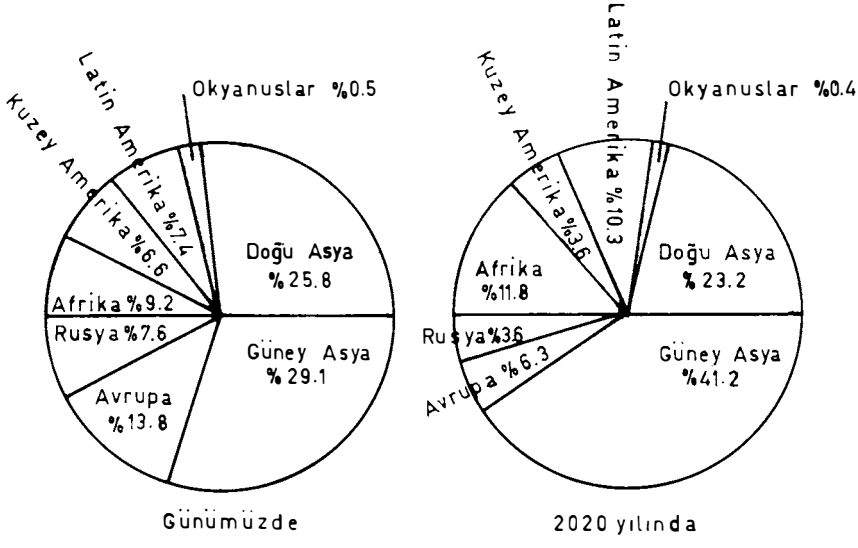
Şekil 26.4:

İnsan sayısının 2050 yılında, değişik çoğalma oranlarına göre hangi miktarlarda olacağının tahmini olarak verilmesi.

varacağı sanılmaktadır. Atıkların madde çevirimi ile yok edilmesi, doğal koşullarda olanaksız olacaktır. Besin, yer, enerji ve madde elde edilmesi için başlayacak savaşım, bireylerin ruhsal dengesini etkileyecek ve belki de insan için değerli olan birçok ruhsal özelliğimizi yitireceğiz. Sonuç olarak toplumların, nüfus planlaması yapması ve eldeki olanaklarını çok tutumlu bir şekilde kullanması gelecek açısından çok önemlidir (Şekil 26.4). Geç alınacak önlemler büyük sorunların doğmasına neden olacaktır. Çünkü doğanın kendini yenilemesi uzun yıllar almaktadır. Tahrip edilen doğa, insanlara gerekli hizmeti artık veremeyecek; verebilmesi için de birkaç yüzyılın geçmesi gerekecektir.

26.3.6. ÇOĞALMANIN GEN HAVUZLARINA ETKİSİ

Dünyanın her ülkesinde ve farklı ırklarda üreme hızı aynı değildir. Özellikle siyah ırk ve Asya ırkları daha hızlı çoğalmaktadır (Şekil 26.5). Bu, bir zaman sonra diğer ırklardaki gen havuzlarının değişmesine neden olacaktır. Hatta yapılan araştırmalara göre önümüzdeki yüzyılda Avrupa'da sarışın insanların yüzdesi yok denecek kadar azalacaktır. Çünkü Avrupa'ya gelen yabancı işçilerin çoğalma hızı yerlilerden çok daha fazladır ve bunların gen frekansları bir zaman sonra Avrupa'nın yerli ırkına baskın duruma geçecektir. Belki bu evrimin değişmez bir kuralının sonucudur. Hiçbir gen havuzu sürekli kararlı kalamaz ve üreme bakımından üstün olan toplumlar bir zaman sonra hakim duruma geçer.



Şekil 26.5: Dünyada bugünkü nüfusun kıtalara göre dağılımı ve bugünkü artış hızının sabit kaldığı varsayılırsa 2020 yılında değişen nüfus dengesinin gösterilmesi.

26.3.7. POPULASYON SORUNUNA ÇÖZÜM GÖSTERİLEN SEÇENEKLER

Bu konuda değişik önerilerin gelmesi doğaldır. Amaç, insanları insanlıklarından yoksun kılmadan bu soruna çözüm getirmektir. Biz, tekrar yamyamlık devrine dönemeyiz. Her ne kadar savaş için hazırlıklar tüm hızıyla devam ediyorsa da, klasik ya da bir atom savaşıyla insanların yok edilmesi çağdaş düşünceye ters düşmektedir. Bu sorun kesinlikle insancıl çerçeve içerisinde çözülmelidir. İnsanların belirli yaşlardan sonra yok edilmesi gerektiğini savunanlar; kadınların ve erkeklerin (özellikle geri kalmış toplumlarda) doğar doğmaz kısırlaştırılmasını savunanlar; tıbbi teknolojinin daha az kullanılması ile doğal seçmenin tekrar harekete geçirilmesini önerenler olmasına karşın, en geçerli olan seçeneğin bilimsel bir doğum kontrolü olması görülmektedir. Yasaların ve din adamlarının bu konuda daha anlayışlı hale getirilmesi düşünülmelidir. Kadının, toplumda sadece doğum makinesi gibi görülmediği ve tüm işlevlerde erkekler kadar hak sahibi olduğu düşünüldüğü zaman, doğum oranlarında büyük bir düşme beklenmesi doğaldır. Çünkü sosyal yaşantının yükselmesi, eğitimin kalitesinin düzeltilmesi, bir aileye fazla çocuğa bakma olanaklarını vermemektedir. Bu konudaki bilinçli bir eğitimin, nüfus planlaması için en etkin yöntemi oluşturacağı varsayılmalı ve tüm girişimler bu yönde yoğunlaştırılmalıdır.

27. BÖLÜM

İNSAN IRKLARI ARASINDAKİ FARKLILAŞMALAR

Irk kavramı, geçmişte ve zamanımızda, insanların kaderini değiştiren, zulmün, savaşların, adaletsizliklerin, işkencelerin, tehditlerin ve sonuç olarak sosyal huzursuzlukların kaynağı olmuştur. Tarih, fiziksel yapısı birbirinden farklı olan insanların kavga ve acılarıyla doludur. Birçok insan, ellerinde olmayan nedenlerden dolayı taşıdıkları fiziksel yapıları yüzünden aşağılanmış ve hor görülmüştür. Bir gerçeği vurgulamak gerekir. Hiç kimse doğduğu yeri, anasını ve babasını isteyerek seçmemiştir. Bu nedenle hiçbir insancıl düşünce, kişiyi elinde olmayan nedenlerden dolayı suçlama yetkisine de sahip olmamalıdır. Tüm bunlara karşın, en kültürlü ve insancıl toplumlarda dahi, bir ırk kavramı geçmişin kötü bir tortusu olarak hâlâ yaşatılmakta ve birçok politik çıkarın temel aracı olarak kullanılmaktadır. Fiziksel yapısı değişik ve çoğunluk azınlıkta olan gruplar tarihin ilk evrelerinden beri köle olarak kullanılmış ve aşağılanmıştır. Örneğin Hindistan'da bugün dahi belirli kastların kalıtsal bakımdan üstün olarak dünyaya geldiğine inanılmaktadır. Hitler, dünyanın en üstün ırkının Alman ırkı olduğunu savunarak, birçok ülkeyi işgal etmiş ve bu ülkelerde Alman ırkının baskın duruma geçmesine çalışmıştır. Özgürlüğün öncüsü olduğunu savunan Birleşik Amerika, geçmişini ve zenginliğini kanlı ve çirkin bir köle devrinden almaktadır. Bugün dünyada ırk ayrımı, yasalarla yasaklanmasına karşın, kendini her ülkede değişik derecelerde göstermektedir.

Her toplumda büyük bir grubun yanısıra, fiziksel olarak farklılıklar gösteren küçük gruplar bulunmaktadır ve bu küçük gruplar her zaman büyük gruplar tarafından aşağı görülmektedir. Horlanan ve aşağılanan Amerikan yerlileri, Amerika ve Güney Afrika'daki zenciler, Orta Afrika'daki beyazlar, Tahiti'deki Çinliler, Avrupa'daki yabancı işçiler vs. günümüzün ırk ayırımının tipik örnekleridir.

Bu ırksal farklılıkların nasıl ortaya çıktığını incelemek oldukça ilginç bir konudur. Paleontolojik kayıtlar ilk insanın, Orta Afrika'nın doğusunda ortaya çıktığını göstermektedir. Büyük bir olasılıkla küçük bir populasyon halinde ortaya çıkan bu grubun, homojen bir yapı gösterdiği varsayılmaktadır. Daha iyi yer ve beslenme olanakları bulabilmek için bu küçük topluluktan dışarıya doğru göçler başlamıştır. Zamanla tüm dünyanın yüzünü kaplamışlardır. Yalnız, yakın zamana kadar, donmuş kutuplara herhangi bir yerleşme olmamıştır. Belirli bir merkezden her tarafa doğru yayılan gruplar gittikleri yerlerin çevre koşullarının etkisi altında kalmaya başlamışlardır.

Coğrafik yalıtımlar, farklı çevrelere uyum yapma olanağını vermiş ve böylece farklı ırk özellikleri ortaya çıkmaya başlamıştır.

İnsan ırklarının sınıflandırılmasında çok değişik sistemler kullanılmaktadır. Fakat bunların çoğu, üç ilkin ırk ve bunlar içinde ve arasında da birçok alt ırklar tanımlamaktadır. Bazı sistemlerde de 200 kadar ırk tanımlanmıştır. Irklar arasında çok kesin ayırımlar olmadığı için, bu tanımlamalar bir noktada varsayımlara dayandırılmaktadır. Üç ana ırk Kaukasoid (beyaz), Negroid (siyah) ve Mongoloid (sarı)'dır. Bu üç ana ırka iki tane daha eklenebilir; bunlar Amerind (kırmızı renkli Amerikan yerlileri) ve Australoid (Avustralya yerlileri). Daha ayrıntılı sınıflandırmada Kaukasoidler, Kuzey, Orta ve Doğu Avrupa, Akdeniz, İberik, Kuzey Afrika, Arap, Türk (I), Hindistan vs. ırkı gibi ırklara ayrılır. Negroidler, Sudan, Etopya, Kenya, Hottentot, Watusi, Pigme vs. ırkı gibi gruplara ayrılır. Mongoloidler de Kuzey Çin, Güney Çin, Sibirya, Kore, Japon, Tibet, Eskimo, Vietnam, Kamboçya ırkı; Kuzey Amerika yerlileri, Güney Amerika yerlileri, Avustralya yerlileri, Polynezianlar, Melanezianlar, Mikronezianlar vs.'ye ayrılır (14. ve 23. Bölümde verilen insan ırkları ile farklılıklarına dikkat ediniz!).

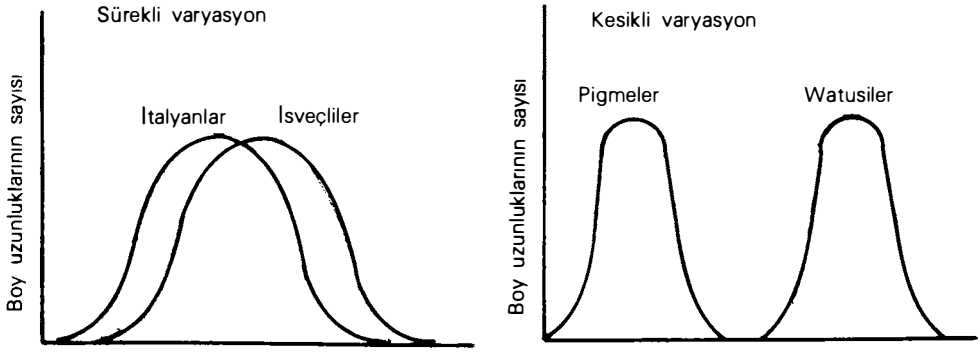
Irklar arasında kesin bir sınır olmadığı için ayırımlarının çok güç olduğunu söylemiştik. Çünkü göç ve birbirleriyle temastan dolayı bazı genler ırklar arasında ortak olarak bulunmakta ve bir karışım meydana getirmektedirler. Doğal olarak bir İsveçli ya da Finli, bir zenciden çok farklıdır. Fakat bu iki uç değeri taşıyan populasyonlar arasında geçit formları vardır. Nitekim kuzeyden güneye doğru gittiğimizde bu değişmenin tipik görüntüsünü elde edebiliriz. Irksal farklılıklar birinci derecede, genler arasındaki farklılıkların derecesidir. Daha önce öğrendiğimiz gibi kan antijenleri farklı toplumlarda farklı değerler göstermektedir. Fakat populasyondaki bir bireyden alınan kan örneği o ırkı yansıtmayabilir. Genellikle yüzlerce örnek üzerinde yapılan gözlemler ve analizlerde, her ırkın kendine özgü bazı antijenleri, belirli oranda taşıdığı görülecektir. Biz, bu kan antijenlerinin oranına göre ırkları tanımlayabiliriz. Dolayısıyla bu bölümde ırkların tanımını değil, farklılaşmasının nedenlerini incelemeye çalışacağız.

27.1. GEN HAVUZUNDAKİ VARYASYONLAR

Dünyanın değişik bölgelerinde yaşayan insanlar farklı görünüme sahiptirler. Bu nedenle bir Japonla bir Norveçliyi ayırmak kolaydır. Bunların vücut yapısı, yüz şekli ve diğer özellikleri bu tanımlamayı çok kolaylaştırır. Fakat bir Japonu bir Koreliden nasıl ayırabiliriz? Bu oldukça zordur; çünkü coğrafik olarak birbirine yakın oldukları için, birçok özellikleri çakışmaktadır. Keza bir Etopyalı bir Kenyalıdan, bir Kamboçyalı bir Vietnamlıdan çok zor ayrılır. Bu gruplar birbirine yakın oldukları ve geçmişteki ilişkilerinin sıklığı oranında ortak özellik taşırlar ve ayırımları da o derecede zor olur.

27.1.1. SÜREKLİ VE KESİNTİLİ VARYASYONLAR

İnsan populasyonlarını niceliksel (kantitatif) özelliklerine göre gruplandırırız. İsveçlilerin uzun, İtalyanların orta boyda olduğunu söyleyebiliriz. Fakat İtalya'dan ve İsveç'ten rastgele birer bölge seçer ve bu bölgede yaşayan insanları boylarına göre



Şekil 27.1: Bir grup İtalyanın vücut uzunluğu ile, bir grup İsveçlinin vücut uzunluğunun karşılaştırılması. Her iki grubun içerisinde de birbirine geçişler olduğu için sürekli bir varyasyon (değişim) gösterirler. Buna karşın Afrika'daki Pigmeler ile Watusilerin boylarının karşılaştırılması kesikli bir varyasyon gösterir. Çünkü her iki grupta birbirine geçiş gösteren bireyler yoktur.

sınıflandırırsak bir dağılım eğrisinin (çan eğrisinin) çıktığını görürüz (Şekil 27.1/a.). İtalyanların ortalama boyu, İsveçlilerin ortalama boyundan daha kısa olmasına karşın, İtalyanların içerisinde boyu İsveçlilerden daha uzun olanlar vardır. Bir populasyondaki iki uç değer arasında bir seri değerin olması sürekli varyasyon olarak bilinir. Fakat pek az durumda bu süreklilik yoktur. Örneğin Afrika'daki Watusiler 2 m.'nin üzerinde boya sahip olmakla özellik kazanmışlardır. Fakat hemen civarında yaşayan Pigmelerin erkekleri dahi 150-160 cm.'yi geçmez. Üreme yalıtımı bu iki grubu birbirinden uzak tutmuştur ve yapısal olarak iki grup arasında büyük farklılıklar ortaya çıkmıştır. Her iki populasyonun dağılım eğrileri incelendiğinde birbirinin üzerine çakışan değerlere rastlanmaz. Bu tip varyasyona da kesintili varyasyonlar denir (Şekil 27.1/b.). Çünkü en kısa Watusi ile en uzun Pigme arasında yine bir boy farkı vardır. Fakat genellikle birçok ırk arasında birbirine geçiş gösteren değerler görülür. Yalnız bunların ortalama değerleri birbirinden farklıdır.

Farklı Populasyonlarda ABO Kan Gruplarının Farkı

	Her grubun yüzdesi			
Populasyon	**A**	**B**	**AB**	**O**
Amerikan Yerlisi	7.0	2.0	0.0	91
Avustralya Yerlisi	57.4	0.0	0.0	42.6
Bask (İspanya)	41.7	1.1	0.0	57.2
Alman	42.5	14.5	6.5	36.5
Asya Yerlileri	20.0	39.4	8.1	32.5
Hacettepe Kan Bankası (5000 kişi)	42.0	16.0	7.0	35.0
Hacettepe Öğrencileri (120 kişi)	45.4	18.4	7.5	28.4

27.1.2. GEN ORANLARININ VARYASYONU

Kan antijenleri, farklı populasyonlarda gen oranının farklı olduğunu göstermektedir. Populasyonların çoğu ABO kan tipini oluşturan genlerin dağılımı bakımından farklılıklar göstermektedir. A antijeninin geni, Batı Avrupa'da çok yaygın olmasına karşın, Amerika yerlilerinde çok düşüktür. B antijeninin geni, Orta Asya ve Kuzey Hindistan'da yaygın olmasına karşın, Amerika ve Avustralya yerlilerinde çok azdır. Yukarıdaki tablo, bu konuda kaba bir bilgi vermektedir.

Zenci bir kadının Japon bir kadına göre ikiz çocuk doğurma olasılığı daha fazladır. Aynı yumurta ikizlerinin oluşumu kalıtsal görünmemektedir. Diğer tip ikizlikler kalıtsaldır. Hakiki ikizlerin oranı tüm populasyonlarda % 04,4 civarında kalmaktadır. Buna karşılık karındaş ikizlilik, çok yumurta meydana getirilmesini sağlayan hormonal dalgalanmalara bağlıdır ve kalıtım, hormonların salgılanmasında etkilidir. Zencilerin taşıdığı gen yapısı, onların % 039,9 oranında karındaş ikiz meydana getirmesini sağlamasına karşın, Japonların gen yapısı bu oranın ancak % 02,5 civarında kalmasını sağlamaktadır. Amerika'daki Kaukasoid ırk arasında bu oran % 06,6, Japon-Kaukasoid melezinde % 02,1, Zenci-Kaukasoid melezlerinde % 013,6'dır. Melezler arasındaki ikizlilik durumu çok iyi çalışılmamakla beraber, elde edilen bazı sonuçlara göre, yüksek oranda ikizlilik meydana getiren genler, az oranda ikizlilik meydana getiren genlere göre başattır.

Derideki melanin miktarı, ırklara göre büyük değişiklik gösteren poligenik bir kalıtımdır. Genlerin intermediyer olduğu ve çocukların ana ve babanın renginin ortalamasını taşıdığı bilinmektedir. Çok farklı renk dizisi çocuklarda görülmekle beraber; uç değerler bu arada nadir de olsa ortaya çıkmaktadır.

27.1.3. FARKLI ZEKA

İnsanlar, diğer hayvanlardan zekalarının üstünlüğüyle ayrılırlar. Bu, kalıtsal bir güçtür ve fiziksel etkilerin ötesinde, ayakta kalmak için öğrenme ve yargılamayla (muhakeme etmekle) elde edilen bir seçme örneğidir. Diğer hayvanların zeka gücü üzerinde yapılan çalışmalar, aynı tür hayvan grupları içerisinde de zeka farklılıklarının olduğunu göstermiştir. Seçme ile farelerde zeki strein (bir çeşit ırk)'ler elde edilmiştir. Bu tip fareler karışık labirentlerden daha kolay çıkmayı başarmaktadırlar. Zekadaki bu büyük dalgalanmaların özü poligenik bir kalıtımdır. Çevre faktörlerinin de önemli bir rol oynadığı kuşkusuzdur. Örneğin hamile bir fare, vitamin ve belirli amino asitler bakımından zayıf bir diyetle beslenirse, meydana gelen yavruların zeka düzeyinin düşük olduğu görülür. Zeki bir farenin kötü beslenmesiyle meydana getirdiği yavruların, daha aptal bir farenin iyi beslenmesiyle meydana getirdiği yavrulardan zeki olmadığı anlaşılmıştır. Zeka konusunda karar verebilmemiz için, test yaptığımız grupların aynı koşullarda yetiştirilmesine büyük özen göstermemiz gerekmektedir.

İnsanların da zeka gücü bakımından böyle bir dalgalanma gösterip göstermediğini araştırmak gereklidir. Eğer dalgalanma göstermiyorsa bu çok ilginç bir sonuç olacaktır. Beynin gelişmesinde belirli gen takımlarının rol oynadığı diğer hayvan gruplarında kesindir ve bireyler arasındaki zeka farkı da bu nedene dayanmaktadır.

Aynı kökenden gelen bireylerin, örneğin, ikizlerin üzerindeki çalışmalar zeka gücünün kalıtsal olduğu sonucunu vermiştir. En azından aynı populasyonda yaşayan bireyler arasında zeka gücü bakımından bir farklılık vardır. O zaman akla diğer bir soru gelmektedir. Eğer zeka kalıtsal ise, ırklar arasında zeka farklılıklarının olması da doğaldır. Fakat çeşitli kaynaklardan alınan bilgilerin değerlendirilmesiyle böyle bir farkın olup olmadığı bilinmemektedir ve bazılarına göre de hiçbir zaman bilinemeyecektir.

Diğer hayvanlar arasında çok belirgin olarak gösterilen zeka farklılığı, neden aynı kesinlikle insanlar için gösterilememektedir ? Çünkü biz insanı, deney hayvanları gibi laboratuvar koşullarında kontrol ederek büyütme olanağına sahip değiliz. Bunun ötesinde zeka için yapılacak testlerde, insanın kendisinin tarafsız olması söz konusu olamaz. Çünkü her insan bir ırka aittir ve kendi ırkının özelliklerini en az kalıtsal yapısı bakımından benimsemek durumundadır; dolayısıyla değerlendirecek herhangi yansız bir ölçü birimine de sahip değildir. Ancak dünyadaki ırklardan olmayan, uzaydan gelen, düşünür bir yaratık, her ırkta, eşit koşullarda beslenen annelerin çocukları arasında kendi ölçüleri içerisinde bir zeka ayırımı yapabilecektir. Bu koşullar sağlanmadığı sürece, herhangi bir ırkın diğerinden daha zeki olduğunu savunmak göreceli ve gerçek anlamda bilim dışı bir yargılama olacaktır.

Tüm bu güçlüklere karşın, ARTHUR JENSEN ve WİLLİAM SHOCKLEY, derledikleri çeşitli testlerin sonucuna göre ırklar arasındaki zeka farkını gösteren savlar ortaya atmışlardır. Fakat eğitimin ırklar arasında bir zeka farklılığı yarattığını da ortaya koymuşlardır. Çünkü iyi beslenen annelerin çocuklarında zeka üstünlüğü görülmesine karşın, zeka için gerekli genleri taşıyanların, iyi beslenmedikleri zaman bu yeteneği kazanamadıkları da saptanmıştır. Dolayısıyla yeterli geni taşıyan; fakat iyi beslenemeyen çocuklar da düşük zeka düzeylerinde sınıflandırılmıştır. Doğumdan sonraki kötü beslenme, uygun olmayan yaşam koşulları, ilaçlar ve hastalıklar o ana kadar var olan zeka gücünü yine tahrip etmektedir. Sosyal koşullar, davranışlar, eğitimdeki etkinlikler ve eğiten kişilerin becerisi bu zeka düzeyinin yükselmesinde büyük rol oynamaktadır. Nitekim ülkemizde üniversite giriş sınavlarındaki sonuçlar bunun tipik örneklerindendir. Aynı ırkın çocukları, üniversiteye, yaşadıkları yaşam koşulları ve eğitildikleri bölgelerin gelişmişliğine göre girebilmektedir. Bu, insan zekasının çevre koşullarıyla ne derece etkilediğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak çok dikkatli ve iyi yetişmiş bazı araştırıcılar bu konu üzerinde çalışmalar yapmasına karşın, dünyadaki araştırıcıların büyük bir kısmı bu konudan uzak kalmayı yeğlemişlerdir. Çünkü yapılacak bir araştırmanın sonucuna, insanların en az bir kısmının inanması olanaksızdır. Örneğin, Amerika'da yapılacak bir çalışma, zencilerin beyazlardan birkaç puan daha zeki olduğunu gösterirse, bu sonuca kaç kişi sahip çıkacaktır. Çünkü ırklar arasındaki zeka ölçümü her şeyden önce biraz duygusaldır ve objektif bir gözlemin yapılması da şimdilik olanaksız görünmektedir.

27.1.4. ZARARLI GENLERİN ORANI

Zararlı genler, farklı populasyonlarda değişik oranlarda görülür. Meydana getirdikleri anormalliklerle populasyon içerisindeki frekansları saptanabilir. Bu özelliklerin bir kısmı poligeniktir ve bir kısmı da tek bir genin işleviyle ortaya çıkar. Ondalıklı kesir vermemek için, bazı anormalliklerin 100.000 doğumda görülme sayılarını vermekle yetineceğiz. Ayrıca ırklar arasındaki dalgalanmayı gösterebilmek için, aşırı uçlarda değer taşıyan populasyonları örnek olarak alacağız.

27.1.4.1. *Spina Bifida*

Poligenik kalıtılan bir bozukluktur. Omuriliğin alt kısımlarındaki zayıflıktan ileriye gelir. Omurilik sıvısının basıncı ile omurilik zarı dışarıya doğru balon yapar. Bu zarın yırtılması ya da patlaması sonucu beyin ve omurilik içindeki sıvının basıncı düşer ve ölüm meydana gelir. Zamanımızda, bu bozukluk, ameliyatla düzeltilmektedir. Fakat geçmişte bu anormalliğe karşı % 100 doğal seçme vardı. İrlandalıların her 100.000 doğumundan 426 tanesinde bu rahatsızlık görülür. Buna karşın Japonlarda bu oran 21/100.000'dir.

27.1.4.2. *Pyloric Stenosis*

Besinin mideden bağırsağa geçmesini düzenleyen kapakçığın aşırı büyük yapıda olmasından ileriye gelir. Midenin peristaltik kasılması, besinlerin bağırsak yerine ağızdan gelmesine neden olur. Herhangi bir cerrahi müdahale olmazsa, yetersiz beslenmeden dolayı ölüm ortaya çıkar. Birkaç gen tarafından kalıtıldığı varsayılmaktadır. Hawaii'deki bir hastahanede yapılan istatistikte her 100.000 doğumdan 159 tanesinde rastlanmaktadır. Fakat bu adalarda yaşayan Kafkas ırkında bu oran ancak 5/100.000'dir.

27.1.4.3. *Tay Sachs*

Defalarca değindiğimiz bu hastalık tek bir gen tarafından kalıtılmaktadır. Özellikle dinine bağlı Yahudiler arasında çok yaygındır. Amerika'daki Yahudiler arasında bu oran 28/100.000 olmasına karşın, diğer ırklarda kural olarak sıfırdır.

27.1.4.4. *Cystic Fibrosis*

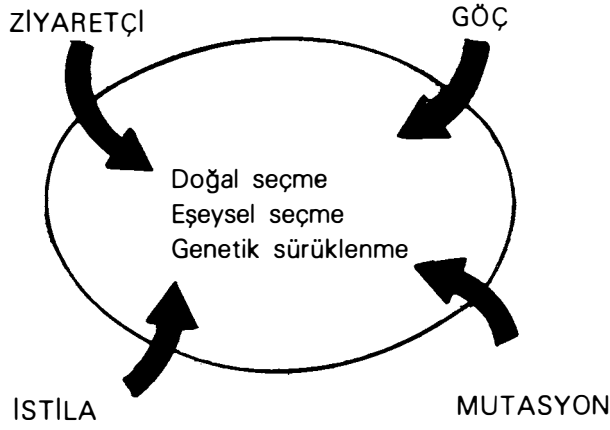
Tek bir genle kalıtılan diğer bir anormalliktir. Hawaii'deki Kafkas ırkı arasında ortaya çıkma oranı 26/100.000 olmasına karşın, bu adalarda doğmuş Japonlar arasında oran ancak 1/100.000'dir.

27.1.4.5. *Orak Hücreli Anemi*

Amerika zencilerinde bu oran 250/100.000 olmasına karşın, Avrupa kökenli beyazlarda kural olarak sıfırdır.

27.2. POPULASYONDAKİ VARYASYONLARIN NEDENİ

İnsan gen havuzundaki gen frekanslarının değişmesi için birçok güç etkilidir. Bu güçler dünyanın değişik yerlerinde farklı şekillerde meydana gelir ve bugün karşılaştığımız farklılıkların ortaya çıkmasına neden olur.



Şekil 27.2: Bir populasyondaki gen havuzlarının değişimine etki eden evrimsel güçler. Bunların bir kısmı dışarıdan havuza gen sokarlar, bir kısmı da populasyonun kendi içinde değişikliklerin meydana gelmesine neden olurlar.

27.2.1. DOĞAL SEÇME (Şekil 27.2)

Kuşkusuz, doğal seçme populasyonlar arasındaki farkların doğmasına neden olan en önemli güçtür. Bu gücün nasıl işlev gördüğünü ve populasyonları birbirinden nasıl farklılaştırdığını, insanın derisinde bulunan melanin pigmentinin değişimiyle inceleyelim. İnsanın Orta Afrika'da yaşayan ilk ataları büyük bir olasılıkla bol miktarda pigment taşıyordu. Çünkü daha önce anlattığımız nedenlerden dolayı derimizdeki sık kılları yitirince, deri doğrudan doğruya güneş ışınlarının etkisi altında kalmaya başladı. Özellikle bu bölgede mor ötesi ışınlar oldukça etkiliydi. Orta Afrika'dan gruplar halinde ılıman ve hatta soğuk bölgelere göçler başlayınca, gittikleri yerlerde melanine gereksinmeleri kalmamaya, hatta zararlı bir özellik olarak etkilemeye başladı. Bulundukları yerin ışın yoğunluğuna göre melanin indirgenmesi yönünde bir zorunluluk ortaya çıktı. Bir kısmı da Afrika'nın yağmur ormanları dediğimiz bölgelerine göç etti. Bu bölgeler sık ağaçlardan meydana gelmiş bir ormanla örtülü olduğu için, güneşin yakıcı ışınları tabana kadar işleyemiyordu ve dolayısıyla buraya gelen grup da melanin pigmentlerinin bir kısmını yitirdi. Ilıman bölgelerde güneş ışığının büyük dalgalanmalar göstermesi (kış ve yaz mevsimlerinde) geliştirilen giysiler ile tamponlanmaya çalışıldı. Ilıman bölgelerde yaşayan insanların güneydekilerden ve kuzeydekilerden daha kıllı olması (vücut kılı) bu tamponlanma için ilkin bir önlem olarak ortaya çıktı.

Orta Afrika'dan kuzeye doğru gittiğimizde, güneş ışınlarının yoğunluğuna göre pigment açılmasını görebiliriz. Yalnız İskandinav ülkelerinin kuzey kısmında, bugün

eskimoların yaşadığı kısımlarda, melanin pigmentlerinin tekrar yoğunlaştığını görürüz. Çünkü senenin büyük bir kısmında bu bölgenin toprak üstü, kar ve buzlarla kaplanmıştır. Güneş ışınları kardan yansıma yaptığı için etkisini iki misli gösterir. Nitekim kayak yaparken çenemizin altında güneş yanıklarının meydana gelmesi, güneş ışınlarının yerden yansımasından dolayıdır. İşte bu nedenle güneş ışınlarından korunmak için kutba yakın bölgelerde tekrar pigment birikimi ortaya çıkar.

Bu tartışmayı yaparken, ekvatordan kuzeye gittiğimizde, melaninin azalmasından dolayı ne gibi zararların ortaya çıkacağı sorusu akla gelebilir. En azından ılıman bölgelerde bu melanin pigmenti güneş yanıklarından bizi koruyacaktır. Nitekim yaz aylarında dikkatsiz şekilde güneş altında kalan insanlarda ağır güneş yanıkları ortaya çıkmaktadır. Bu pigmentler kalsaydı bu şekilde yanıklar ortaya çıkmayacaktı. Fakat iki nedenle bu pigmentler azalmak zorundadır. Birincisi D vitamininin oluşumuyla ilgilidir (güneş ışığı vitamini). Bilindiği gibi D vitamini, güneş ışığındaki mor ötesi ışınların etkisiyle, derinin alt tabakalarında sentezlenmektedir. Bu ışınların enerjisi deride bulunan ergosterinin D vitaminine dönüşmesini sağlar. Bu vitamin kalsiyum ve fosfor metabolizması ve sağlıklı bir kemik büyümesi için gereklidir. Çocuklarda eksik olması halinde raşitizm hastalığı ortaya çıkar ve kemikler çarpılır. İngiltere'de endüstri devrimi olduğu zaman, dev fabrikaların çıkardığı dumanlar güneş ışınlarının etkisini büyük ölçüde azaltmış ve raşitizm hastalığına tutulan çocukların sayısı hızla artmıştır. Melanin bir çeşit filtre ödevi görerek güneş ışınlarının içerisindeki mor ötesi ışınları tutmaya ve onların derinin derinliklerine kadar işlemesini önlemeye yarar. Dolayısıyla D vitamini yapımında azalmalar ortaya çıkar. Güneş ışınlarının yoğun olduğu bölgelerde bu durum fazla bir zarar yapmaz. Çünkü bu filtreden geçen artık mor ötesi ışınlar, yeterince D vitamini sentezleyebilir. Fakat kuzeye gittikçe güneş ışınlarının yoğunluğu azaldığı için, D vitamininin sentezlenmesi yeterli olamaz. Bu bölgelerdeki doğal seçme daha az pigmentli bir yapı yönündedir.

Çok fazla D vitamini de zararlıdır. Çünkü bazı yumuşak dokularda kalsiyum birikmesine neden olur. Bu birikim böbreklerde de olacağı için yeterince süzme işini yapamaz. Bazı organlarda kireçlenmeler meydana getirir. Bu nedenle doğal seçme mevsimlere göre değişebilen ne fazla ne eksik bir melanin birikimini sağlayacak gen kombinasyonları yönünde işlev görür. İşte derimizin kışın beyazlaşması ve yazın koyulaşması bu nedenledir. Zamanımızda eksik D vitamini süte ve diğer yiyeceklere eklenmek suretiyle karşılanabilmektedir. Sonuç olarak koyu derili ırklar ılıman iklimlerde ek D vitamini ile sağlıklı yaşayabilirler; fakat Amerika'da kölelik devrinde olduğu gibi, bu iklimde ek D vitamini almaksızın yaşadıklarında raşitizm hastalığına tutulmuş çocuk sayısı oransal olarak çok yükselir. Beyazlar da tropiklerde yaşayabilirler. Fakat güneş ışınlarından korunmak için uygun giysiler giymek ya da kapalı yerlerde oturmak ya da melaninin filtre özelliğini gören uygun güneş yağı cinsinden krem vs. sürmek zorundadırlar.

Deri kanseri ikinci seçici bir özelliktir. Deri kanseri açık renklilerde çok fazladır. Çünkü biz mor ötesi ışınların, açık derili insanlarda, ya da derinin açık renkli olduğu bölgelerde kanser oluşumunu harekete geçirdiğini deneysel olarak biliyoruz. Bu

nedenle güneş ışınlarının yoğun olduğu bölgelerde koyu renkli insanlar doğal seçme bakımından daha üstündürler.

Bu tip doğal seçme insan populasyonlarındaki diğer fiziksel farklılaşmaların açıklanmasına da yardımcı olmaktadır. Örneğin Orta Asya'da yaşayanların, çöl fırtınasından gözlerini korumak için kısık göz kapaklarına sahip olmaları gibi. Fakat fizyolojik ve kan hücrelerinin antijenik farklılıkları nasıl açıklanabilir? Örneğin 0 grubundan bir insanın kanı, A grubundan bir insanın kanı kadar etkili işlev görür. O zaman bazı populasyonlarda A grubu insanların sayısının fazla olması nasıl açıklanabilir ? Bir sürü faktörden bir tanesi veya birkaç tanesi kan tipini saptamakla beraber pleiotropik etki de gösterebilir. Bu pleiotropik etki bazı fizyolojik değişikliklere neden olmakla beraber, çok açık olarak da görülmeyebilir. Doğal seçme, kan grubunu saptayan bu pleiotropik genin yan etkileri üzerinde seçme baskısını kurabilir. Bazı araştırmalar O grubu insanların onikiparmak bağırsağı ülserine, diğer kan gruplarından daha yatkın olduğunu göstermiştir. A kan grubundan olanların ise çiçek hastalığına ve diğer bazı bulaşıcı hastalıklara daha duyarlı oldukları saptanmıştır. Buna benzer birçok pleiotropik etki, belki doğrudan doğruya saptanamaz; fakat belirli çevreler için bir yaşam üstünlüğü sağlar ve bu da kan gruplarındaki dalgalanmalara neden olur.

27.2.1.1. *Üstün Başatlık*

Diğer bir deyimle heterozigotlar yararına seçme, bazı genlerin frekansının değişmesine, özellikle zararlı genlerin oranının değişmesine neden olur. Orak hücreli anemi birçok yerde buna iyi bir örnek olarak verilmiştir. Yahudiler arasındaki Tay Sachs hastalığının fazla olması da böyle bir heterozigot üstünlüğüne bağlanabilir. Geçmiş tarihe baktığımızda Yahudilerin özellikle Doğu Avrupa'da belirli çalışma bölgelerinde çok kötü koşullarda yaşatıldığını görmekteyiz. Belki Tay Sachs genini heterozigot olarak taşıyanlar, bu kötü yaşam koşullarına daha iyi bir uyum gösterdikleri için, bu genin frekansı Yahudi toplumu içerisinde yüksek kalabilmiştir. Bu geni taşıyanlar, belki çok az miktarlarda yağı en iyi şekilde değerlendirebilmekte ve dolayısıyla beslenme zorluğu çekmemektedirler. Buna karşılık homozigot olanların sinir hücrelerinin etrafında yağlanma meydana geldiği için, erken yaşta ölüm ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda değindiğimiz birkaç küçük örnek, insan toplumlarında genlerin ve hatta zararlı genlerin frekansının nasıl değiştiğini ve bu değişmenin çevreye bir uyum olarak nasıl ortaya çıktığını ana hatlarıyla açıklamaktadır. Bununla beraber ırklar arasındaki bazı farklılıkların tam bilimsel açıklanmasının yapılması bugünkü bilgilerimizin ışığı altında zor görünmektedir.

27.2.2. EŞEYSEL SEÇME

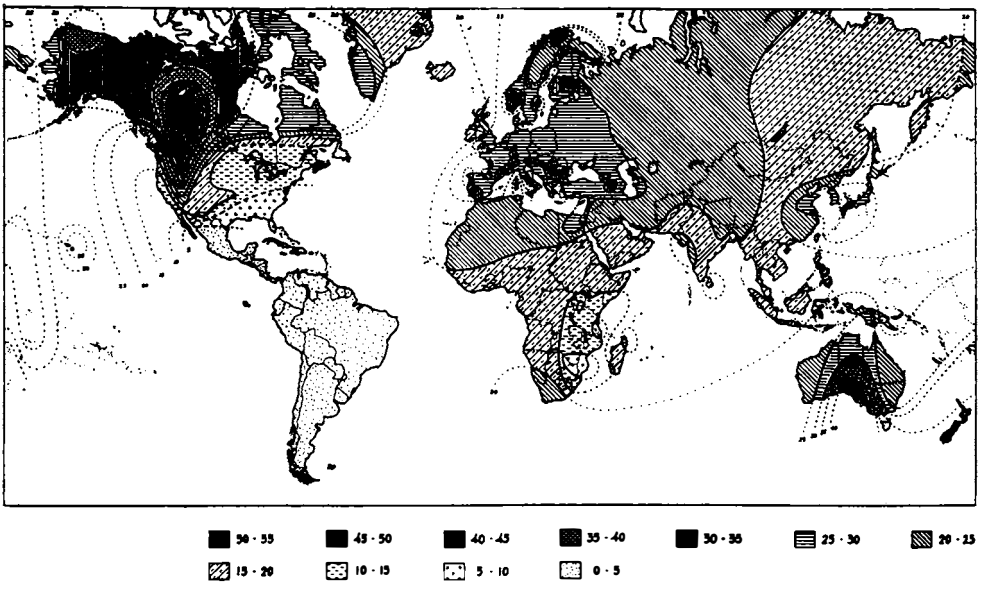
Bazı çağdaş biyologlar eşeysel seçmenin evrimsel açıdan önemini aşağı sıralarda sınıflandırmalarına karşın, insan populasyonlarında bazı değişmelere neden olduğu için burada açıklamakta yarar görülmüştür. Örneğin, dişilerin güzellik ölçüleri

bir toplumdan diğerine değişir. Fakat bazıları güzel bir yüz ve güzel bir vücut yapısına sahip olduğu için hemen her toplumda eş bulabilir. En azında normal ölçülerden sapanlar için daha şanslı durumdadırlar.

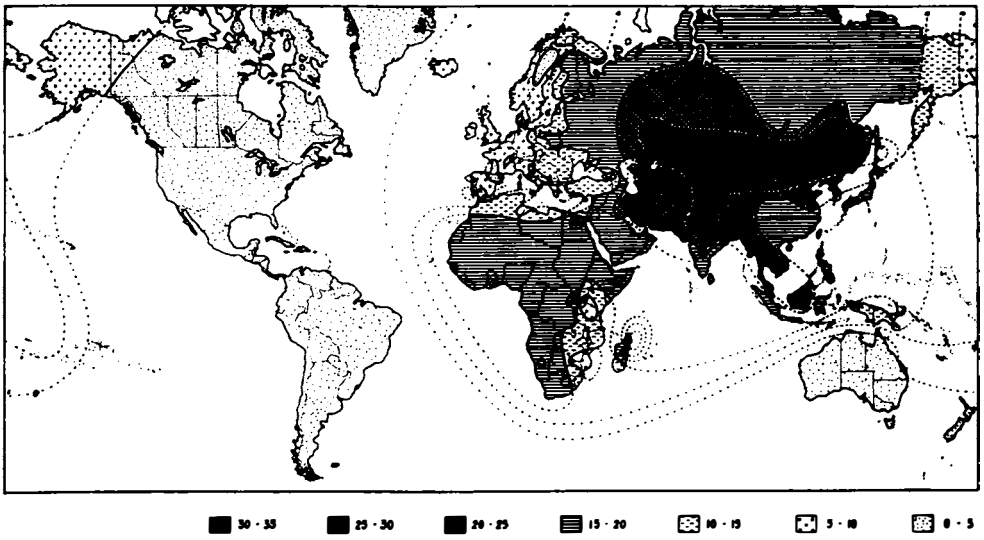
İnsan toplumlarında eşeysel seçmenin önemini daha önceki bölümlerde (Bölüm 20'e bkz.) incelemiştik. Bununla beraber bir örnekle bilgilerimizi yenilemekte yarar vardır. Örneğin, dişilerdeki eşey seçiminin toplumların fiziksel özelliklerini nasıl etkilediğini görelim. İnsan toplumlarında vücut kıllılığının değişik derecelerde olduğu ve bu kıllılığın her zaman bulunduğu iklim koşullarıyla açıklanamayacağı bilinmektedir. Japonlar çok az vücut kılına sahiptir. Fakat Japon adalarına birkaç kilometre uzakta, kuzeyde bulunan adalarda yaşayan ve Japonlarla akraba olmayan Ainular dünyanın en kıllı vücuda sahip ırkıdır (Şekil 22.53). Bu adalar birbirine çok yakın olduğu için, aradaki farklılığı değişik bir şekilde açıklamak gerekir. Büyük bir olasılıkla değişik toplumlarda kadınlar erkeklerin vücut kılına karşı farklı davranış göstermektedir. Belki Ainu kadınları kıllı vücutlu erkeklerden hoşlanmakta, Japon kadınları da kılsız erkekleri yeğlemektedirler. Bununla beraber bu durumu açıklamak için daha bilimsel kanıtlar gereklidir. Fakat elde yeterince kanıt olmadığı için bu şekildeki bir varsayımla açıklama zorunlu olmaktadır.

27.2.3. NADİR GENLERİN FARKLI MUTASYONLARI

Bazı genler çok nadir olarak mutasyona uğrar. Fakat uğradıkları zaman da bulundukları bireye yarar sağlarlar ve zamanla populasyonda frekansları artar. İlk meydana geldikleri yerden başlamak üzere çevreye doğru yayılmaya başlarlar. Kan antijenlerinin bu şekilde meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 27.3: Dünyada A kan grubunun dağılımı (Verschuer'den).



Şekil 27.4: Dünyada B kan grubunun dağılımı (Verschuer'den).

İlk insanın kırmızı kan hücrelerinin plazma zarı üzeride, H maddesini üreten geni kalıtsal olarak taşıdığı varsayılmaktadır. Böylece tüm insanlar O grubundandı. Daha sonra diğer bir lokusta başat A geni ortaya çıkmıştır ve bu gen H maddesini A antijenine çevirmiştir (Şekil 27.3 ve 4). Bu genin çekinik alleli küçük a, homozigot halde olduğu zaman bu çevirmeyi yapamadığı için O grubu olarak kalmıştır. Bu mutasyonun Güney Avrupa ve Kuzey Asya'da ortaya çıktığı görülmektedir. Yalıtılmış adalarda ayrıcaları olmasına karşın, çoğunluk bu belirtiğimiz bölgelerden uzak kalmış toplumlarda A antijenini meydana getiren genin düşük frekanslarda bulunduğu görülmektedir. Çünkü bu mutasyon birçok insan grubu birbirinden ayrıldıktan sonra ortaya çıkmıştır.

Daha sonra ya küçük a geni ya da büyük A geni mutasyonla A^B'ye dönüşerek H maddesini B antijenine çevirmiştir. Bu mutasyonun da Güney Çin'de olduğu ve gittikçe azalan diziler şeklinde tüm dünyaya yayıldığı varsayılmaktadır. Nitekim bu genin frekansı birçok toplumda A antijeninden daha düşüktür. Bu da B mutasyonunun A mutasyonundan daha sonra ortaya çıktığını kanıtlayabilir. Kural olarak Amerikan yerlileri B antijeni taşımazlar. Bununla beraber Mongoloid kökenlidirler. Mongoloidlerde de B antijeni yaygındır. Bu sonuca göre, Amerika yerlileri Amerika'ya göç ettikten sonra B mutasyonu ortaya çıkmış ya da mutasyon yaygınlaşmadan göç gerçekleşmiştir (Şekil 27.4).

H geninin de mutasyonla küçük h genine dönüştüğü görülmüştür. O zaman H maddesi üretilemeyeceği için A ve B antijenleri de meydana gelemeyecektir. hh genotipindeki bir bireyde A ya da A^B genleri olsa dahi antijen üretilemez. Bu tip kana 'B o m b a y T i p i K a n' diyoruz (Şekil 14.61). İlk defa Bombay'da bulunmuş daha sonra dünyanın çeşitli bölgelerinde çok seyrek de olsa başka örneklerle saptanmıştır. Bu fenotipte olanlar normal kan testlerinde O grubu gibi görünürler; fakat H maddesi testinde farklılık ortaya çıkar.

27.2.4. GÖÇ

İnsanın hareketliliğinden dolayı, birçok yeni gen, göç eden bireylerle beraber gidilen topluma sokulur. Eğer küçük bir grup, daha önce büyük bir grup tarafından örtülmüş bir alana göç ederse, ilk zamanlar göç ile gelen bu küçük grup belirli bir süre yalıtılmış bir toplum olarak kalır; fakat zamanla eşeysel çekimden dolayı ya da başka nedenlerden çiftleşmeye ve sonuçta gen karışımları ortaya çıkmaya başlar. Amerika toplumu buna çok tipik örnektir. Başlangıçta yabancı olarak kabul edilen birçok grup, dile ve günlük yaşayışa uyum yaptıktan sonra kendi içlerinde kaynaşmaya başlamıştır. Anadolu da bu bakımdan ilginçtir. Çok eski çağlardan beri kuzeyden, doğudan ve zaman zaman güneyden gelen toplumlarla karışmış ve ortaya çok karışık denebilecek bir toplum çıkmıştır. Nitekim Doğu Anadolu'da her tipten adama rastlamak mümkündür.

İnançlardan ve dinlerden dolayı bazı kısıtlamalar bu karışmayı önlemiştir. Örneğin tutucu Yahudiler diğer bir dini inanca sahip biriyle evlenmezler. Çünkü uzun zaman yurt sahibi olamadıkları için, ırklarının bu karışımla bozulmamasını ve kalıtsal özelliklerini döller boyunca saklamayı amaçlamışlardır. Bununla beraber yaşadıkları yerlerde, kısmen de olsa toplumları içerisine gen akımları olmuştur. Nitekim Amerika'daki Yahudiler üzerinde yapılan çalışmalar, İspanyol, Alman, Polonyalı ve Rus Yahudilerinin gen frekansları bakımından birbirinden farklı olduğunu göstermiştir. En katı kuralların hüküm sürdüğü Hindistan'daki kast sistemi dahi bugün yıkılmaktadır.

Göç eden grubun fiziksel yapısı, gittiği yerdeki toplumun fiziksel yapısından çok farklı ise karışma oldukça yavaş olacaktır. Orta Afrika'dan kendi isteklerinin dışında göç ettirilen ya da kaçırılan zenciler (300 yıl önce) başlangıçta oldukça saf olarak kalmalarına karşın, zamanla beyazların zenci kadınları döllemesi sonucu melezlik ortaya çıkmıştır. Özellikle, beyazlardan, zenci gen havuzuna güçlü bir gen akımı olmuştur. Daha sonraları zenciler özgürlüklerine kavuşunca, beyazlarla evlenme olanağına sahip oldular; fakat birçok yasal olmayan kısıtlama bu evlenmeleri önledi. Ancak son zamanlarda beyaz ve siyah ırk arasında karşılıklı gen akımı, belirli düzeylerde gerçekleşmeye başladı. Keza benzeri bir örneğini Avrupa'da çalışan yabancı işçiler ile yerlileri arasında görmek olasıdır. Amerika siyahları üzerinde yapılan çalışmalarda, zenci genlerinin %30.6'sının beyazlardan geldiği görülmüştür. Demek ki geçen 300 sene süresince bu oranda bir karışım olmuştur. Bu nedenle Amerika zencileri bugün Afrika'daki yerlilerden çok farklı bir görünüme sahip olmuştur. Yukarıdaki hesaplamaya göre gen akımının her döl için %3.58 olduğu görülmüştür. Tam bir homojenite ya da tekdüzelik ancak 60 döl sonra gerçekleşebilecektir. Fakat önümüzdeki teknolojik gelişme ve toplumların karışma oranındaki hızlı artış gözönüne alınırsa, bu kadar süre geçmeden dahi ülkelerin kendi içlerinde ve daha sonra da dünya ırkları arasında ortak bir melez tipi oluşturmaları kaçınılmaz görülmektedir. Nitekim Avrupa'da bazı tutucu çevreler, bugünden, kendi ırklarının korunması için önlemler alınmasını savunmaktadır.

27.2.5. İŞGAL

Savaşlarda ve işgallerde, askerlerin geçtiği her yerde belirli oranda gen bıraktıkları tarihi bir gerçektir. İşgal edilen yerlerdeki kadınların ırzına geçme, tarihin değişmez bir kuralı olarak zamanımıza kadar gelmiştir. Sert askeri disiplin olmadığı sürece savaş sonrasında ırza geçme birçok toplum tarafından bir çeşit ganimet olarak değerlendirilmiştir. Son örneklerini Pakistan'ın, Bengaldeşi, Amerika'nın Vietnam'ı istilasında yaşadık. Zorla ırza geçmenin yanısıra, kendini satma, gerekli besinin vs.'nin sağlanması için gönüllü olarak da yapılmaktadır. Bu ilişkilerin sonucunda hamile kalma kaçınılmazdır. İstilacı askerlerin birçoğu, gerek duygusal nedenlerden, gerekse istila ettiği ülkeyi kendi ülkesinden daha iyi görmesinden dolayı yerleşme eğilimindedir. Vietnam savaşı bittikten sonra binlerce Vietnamlı çocuk Amerikalılar tarafından evlat edinilmiştir. Nitekim Osmanlılar zamanında da bizden diğer toplumlara, diğer toplumlardan, cariye vs. ismi altında bize gen akımı olmuştur.

Kan antijenlerini yapan genlerin dağılımını saptamak için yapılan çalışmalar, geçmişteki istilacı askerlerin izlerini bize verebilmektedir. Örneğin M.S. 500 yıllarında Doğu Asya'dan gelen Moğollar tarafından Avrupa birkaç defa istila edilmişti. Moğollar B antijeni bakımından oldukça yüksek frekansa sahiptir. Halbuki Avrupalılar bu antijen bakımından oldukça düşük bir düzeydedir. Avrupalılarda yapılan B antijeni testi bu askeri istilanın izlerini bize vermektedir. Örneğin, bu istilanın yolu üzerindeki birkaç yalıtılmış bölgede B antijeni hâlâ çok düşük frekanslardadır. Özellikle dağlarda yaşayan göçebe aşiretlerde. Çünkü Moğolların önünden kaçan bazı gruplar dağlara sığınmış ve eski gen havuzunu kısmen koruyabilmişlerdir. Düşük B antijenine sahip yalıtılmış toplumlardan biri de İspanya'daki Bask topluluğudur. Bu topluluk Fransa ve İspanya arasındaki Pirene dağlarında diğer gruplardan yalıtılmış olarak yaşamaktadır ve doğudan gelen göçten etkilenmediği için, ilkin Avrupa gen kombinasyonunu taşımaktadır. İlk Romalılar da yüksek oranda A antijeni taşıyorlardı; Kuzey Avrupa, Afrika ve yakın Doğuya yaptıkları askeri seferlerle bu antijeni oralara taşımışlardır.

27.2.6. ZİYARET

Bir bölgeyi ziyaret edenler de gerilerinde kendi genlerini bırakırlar. Örneğin son zamanlarda Amerika'nın yürüttüğü barış gönüllüleri programında, birçok gen gidilen ülkede bırakılmıştır. Gemicilerin uğradıkları limanlarda da keza gen bırakımı olmaktadır. Son zamanlarda ülkeler arasındaki müteahhitlik ve yabancı işçi değiş tokuşu bu gen karışımının en önemli nedenlerinden biri olmuştur.

27.2.7. DOĞAL SEÇMEDE FARKLI YOL İZLENMESİ

Aynı çevre koşullarında yaşayan populasyonlarda dahi gen frekanslarının değiştiği görülür. Farklı yollar izleyen doğal seçme bir açıklama şekli olarak düşünülür. Örneğin Afrika'da orak hücreli anemi geni ile sıtmaya dayanıklılık sağlanmıştır. Akdeniz'de ise sıtmaya "C o o l e y A n e m i s i ya da T h a l a s s e m i a M a j o r" denen hastalığa neden olan bir genin heterozigot halde olmasıyla uyum sağlanmıştır. Bu gen homozigot durumda, doğumdan birkaç yıl sonra öldürücü olur. Heterozigot halde olduğu zaman "T h a l a s s e m i a M i n o r" adını alır ve çok

büyük zararları yoktur; fakat sıtmaya karşı dirençlilik sağlar. Bu gen Akdeniz'de sıtmanın çok yaygın olduğu bölgelerde yüksek frekanslarda bulunur. Bizde her 10.000 doğumda birinde homozigot çekinik bir birey çıkar. Adana'da taşıyıcıların oranı 1/40'dır.

İtalya'nın batı kıyılarına yakın Sicilya ve Sardunya adalarında diğer bir yol izlenmiştir. Bu adalarda **glikoz-6-fosfat dehidrogenaz bozukluğu** çok yaygındır **(G6PD-bozukluğu).** X kromozomuna bağlı bir gen, belirli metabolik tepkimeleri yürütmekle yükümlü olan bu enzimin salgılanmasını yapamaz. Adalardaki erkeklerin %40'ı bu bozukluğa sahiptir. Genellikle bu eksiklik çok zararlı değildir ve buna karşın sıtmaya karşı dirençlilik meydana getirir. Çünkü sıtma parazitinin büyümesi için gerek duyduğu metabolizma kırmızı kan hücrelerinin içerisinde eksiksiz olarak meydana gelmez. Fakat bu hastalık öldürücü de olabilir. Çünkü burada yaşayan halk bizim bildiğimiz fasulyeye benzeyen, benekli bir çeşit fasulye yetiştirir ve onları yer. Eğer bu kalıtsal rahatsızlığa sahip biri fasulyelerden yerse, zehirli yan ürün birikimi meydana gelir ve kırmızı kan hücrelerinin büyük bir kısmı tahrip olur. Ölüm, çok miktarda fasulye yemekle ortaya çıkar. Heterozigot kadınlar biraz daha dirençlidir ve orta derecede hastalık belirtileri gösterirler. Bu geni taşıdıklarını öğrenenler, artık fasulye yemezler ve bunları yetiştirmekten de vazgeçerler. G6PD bozukluğu olanlar keza belirli ilaçlara karşı sert tepki gösterirler. Bu ilaçlardan biri sıtmaya karşı iyi gelen primakin (primaquine)'dir, keza güve ilaçları da tepkilerin ortaya çıkmasına neden olur. Çocuklar, bu güve ilaçlarını yediklerinde derhal ölür. Hatta büyüklerde de ölümler ortaya çıkabilir. Baltimor'da Sicilyalı bir anadan doğan çocuğun, G6PD eksikliğinden dolayı bozulmuş kırmızı kan hücrelerini taşıdığı saptanmış ve doktorlar bunun nasıl olduğunu başlangıçta anlayamamıştır. Daha sonra annenin gebelik sırasında güve ilaçları yediği saptanınca olay ortaya çıkmıştır. Fakat anne normaldi. Bu bozuk genin babadan çocuğa geldiği ve yalnız fetusta sorun yarattığı saptandı. Annenin aldığı güve ilaçları fetusa ulaşarak bozukluk yapmıştı (anne homozigot sağlam olduğu için, bu şekilde bir araz göstermemiştir).

Kısaca değindiğimiz gibi uyum sırasında seçilen yol ilerideki ırksal farklılaşma için önemli düzeneklerden birini oluşturur. Bu şekildeki şansa bağlı yol seçimi, populasyonlar arasındaki bazı farklılaşmaları açıklayabilir.

27.2.8. GENETİK SÜRÜKLENME

Daha önceki konularda geniş olarak incelediğimiz genetik sürüklenme, insan populasyonlarında da birçok farklılaşmanın, en azından yalıtılmış küçük bölgelerdeki farklılıkların ortaya çıkmasına neden olur. Çok küçük gruplar halinde göç eden ve uzun süre göçtüğü yerde yalıtılmış olarak çoğalan topluluklarda, geldiği ana populasyona göre farklılaşmalar ortaya çıkar. Çünkü göç eden bu küçük grup, geldiği populasyonun tüm gen bileşimini beraberinde götürememiştir. Dolayısıyla gen frekanslarının da değişmesiyle bir zaman sonra fiziksel farklılıkların ortaya çıkması kaçınılmaz olur. Nitekim dağ köylerinde ve yalıtılmış adalarda yaşayan insanların o çevredeki büyük topluluklardan daha değişik fiziksel özellikler göstermesi bu nedene dayanır.

27.2.9. FARKLI ÜREME

Büyük gruplar içerisinde, genellikle, üreme bakımından belirli derecelerde yalıtılmış küçük gruplar vardır. Örneğin, Amerika'da kökeni farklı olan ve çoğunluk farklı özellikler gösteren beyaz ırktan bazı gruplar, bu şekilde yalıtılmış üreme birimleridir. Her grup sahip olduğu adet ve göreneklere göre farklı sayıda çocuk sahibi olma eğilimindedir. Daha fazla çocuk yapan gruplar gelecekteki gen havuzuna daha çok gen verecek gruplar demektir. Teknolojik gelişimin getirdiği bazı yükümlülüklerden dolayı ve genel bir eğilim olarak beyazlar koyu renklililere göre daha az çocuk yapma arzusundadırlar ve bu farklı çocuk yapma isteği farklı ırkların gen havuzunu diğerinin doğrultusu yönünde değişmeye zorlamaktadır. Fazla çocuk meydana getiren gruplar gelecekteki gen havuzuna hakim olma durumundadır.

Farklı sayıda üreme, geçmişte populasyonların büyük ölçüde değişmesine neden olmuştur. Örneğin Roma ve Yunan Imparatorluğu döneminde, özellikle vücut gücüne dayanan işleri yaptırmak için, öncelikle Kuzey Afrika'dan ve daha az ölçülerde diğer bölgelerden getirilen köleler, daha fazla üreme eğilimine sahip oldukları için, gittikçe sayıları artmış ve özgürlüklerine kavuştuktan sonra da yerli halkla melezlenerek kendi gen bileşimlerini bu topluluğa sokmuşlardır. Asya ırklarının gittikleri yerlerde toplumların yapısını değiştirmeleri de bu nedene dayanmaktadır. Nitekim Türklerin de üstün üreme gücüne sahip olduğu bilinmektedir. Avrupa'ya gönderdiğimiz işçiler, bulundukları toplumlardan çok daha fazla üreme hızına sahiptir. Eğer bu işçiler oraya temelli olarak yerleşirlerse, taşıdıkları genleri zamanla bulundukları toplumun gen havuzuna sokacaktır. Bu da bir zaman sonra yerli toplumun fiziksel yapısının değişmesine neden olacaktır. Nitekim sarı saçlı ve beyaz tenli, özellikle Kuzey Avrupa ırklarının üreme hızlarının çok az olması, hatta sıfır olması nedeniyle bir zaman sonra güneyden gelen daha koyu renkli ırkların baskısı altına girme olasılığı vardır.

Sonuç olarak, yukarıda kısaca açıklamaya çalıştığımız nedenlerden dolayı populasyonlar, hiçbir zaman sabit yapısını koruyamazlar ve her zaman değişik bir düzenekten dolayı gen bileşimini ve frekansını farklılaştırma eğilimindedirler. Gelecekte bu karışımın çok daha hızlı olacağı ve ırklar arasındaki fiziksel farklılıkların en alt düzeye ineceği, hatta zamanla tek bir tipin meydana geleceği varsayılmaktadır.

Farklı üremenin gelecekteki gen havuzunu nasıl etkileyeceğini rakamlarla şöyle açıklayabiliriz:

Farklı Üreyen Toplulukların Gelecekte Temsil Edilecekleri Birey Sayısına İlişkin Tablo

Her Aile İçin Ortalama Çocuk Sayısı	Döller:	Gelecekteki (döllere göre) Birey Sayısı						
		1	2	3	4	5	7	10
2		2	2	2	2	2	2	2
3		3	4.5	6.75	10.25	15	36	121
4		4	8	16	32	64	256	2048
6		6	18	54	162	486	4374	118000

IX. KISIM

GELECEKTE İNSAN YAŞAMI

28. BÖLÜM : GELECEKTE İNSAN YAŞAMI

28. BÖLÜM

GELECEKTE İNSAN YAŞAMI

Bugünkü tutumumuz devam ederse gelecekte insan populasyonunun durumu ne olabilir? Genetik yüklenme bu hızla sürdürülürse her insanın bir ya da birkaç zararlı gen taşıması kaçınılmaz olacaktır. Ortaya çıkacak enzim eksiklikleri, günlük alınan yedek ilaçlar ve enzimlerle mi karşılanmaya çalışılacaktır? Her gün gen havuzumuza eklenen birçok zararlı gen, bir zaman sonra insanın doğal yaşamasını tümüyle mi engelleyecektir? Kaslarımızla yaptığımız birçok işi mekanik olarak başka bir araca yaptırmakla, her gün kas gücümüzü biraz daha mı zayıflatmaktayız? Örtünmekle kıllarımızı, kullanılmayan parmaklarımızla tırnaklarımızı, hazır besin almakla dişlerimizi, az iş görmekle kas ve kemiklerimizi, sindirilmiş besin almakla sindirim sistemimizi mi köreltmekteyiz? Tüm bunların sonunda sadece düşünmekle beyin yapısı gelişmiş; fakat diğer kısımları körelmiş bir vücut yapısına mı sahip olacağız? Bunları kısaca açıklamaya çalışalım.

28.1. VARSAYIMLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Genetik yüklenmeler insan yaşamının bozulmasına kadar sürdürülürse sonuç ne olabilir? Çünkü sağlıkla ilgili her yeni buluş, her yeni hastalık önleme yöntemi, genetik yüklenmeye neden olmakta ve doğal seçmenin etkisini azaltmaktadır. Yüksek enerjili ışınların sağlık hizmetlerinde kullanılması ve diğer mutasyon meydana getiren etkenlerin (mutajenik faktörler) her gün biraz daha yoğun olarak devreye girmesi, zararlı genlerin oranını gittikçe artırmaktadır.

Bazıları bu konuda kötümser değildir. Çünkü bu yolla meydana gelecek mutasyonların çok az olduğunu ve bunlara karşı da çok defa % 100'e yaklaşan bir seçme olduğunu savunmaktadırlar. Bu genlerin çoğunun heterozigotlar tarafından taşındığını; hatta homozigotların yaşamasına ve üremesine izin verilse de gelecekteki gen havuzunu çok az bir oranda değiştireceğini düşünmektedirler. Örneğin, sistik fibrozisin gen frekansı Amerika'daki beyazlar arasında % 2.5, yani kırkta birdir. Yakın zamanlara kadar bu geni homozigot olarak taşıyanlar üreme çağına kadar yaşayamıyorlardı. Bu, gen frekansını pek az düşürüyordu. Daha önceki bölümlerde verilen

formüllere göre $q_1 = \frac{0.025}{1 + (1 \times 0.025)} = 0.0244$, ya da % 2.44'dür. Bu, gen frekansının 2.50 − 2.44 = 0.06 azalması demektir. Bu genin dengede olduğunu varsayarsak, yani 0.06'lık bir mutasyon hızıyla (yeni meydana gelen) bu yitirilme tamamlanıyorsa durum aynı kalacaktır. Fakat biz homozigot olanları korursak ve bunlar da populasyonun diğer bireyleri gibi ürerse, her dölde gen frekansının artışı 0.06 olacaktır. Gen havuzundaki yüzde, % 2.5 (kırkta birden)'den % 2.56 (otuzdokuzda bir)'e çıkacaktır. Sistik fibrozisli çocuğun doğma oranı 0.0625 (1/1600)'den 0.0655 (1/1527)'e yükselecektir. Bu ise 333.000 doğumdan birinde fazladan bu hastalığın görülmesi demektir. Diğer sakatlıkların yanında bu çok küçük bir rakam gibi görünmektedir. Bu, zararlı genlerden yalnız bir tanesinin durumunu gösteren örnektir. Diğer zararlı genler çok daha nadirdir ve dolayısıyla doğal seçmenin azalması çok büyük bir etki yapmayacaktır.

Daha da ileri bir hoşgörüyle, meydana gelecek bu tip anormalliklerin tıbbi bakımla çok kolay düzeltilebileceğini ve bu nedenle endişe etmenin anlamsız olduğunu savunmaktadırlar. Bugün birçok insan görme kusurlarına sahip olarak yaşamını sürdürmektedir. Ancak bunlar ilkel topluluklarda zorluklarla karşılaşmaktadır. Fakat gelişmiş toplumlarda fazla bir güçlükleri olmamaktadır. Merceklerle tüm kusurlar düzeltilmektedir. Meydana getirecekleri çocuklar da büyük bir olasılıkla mercek kullanarak yaşamlarını sürdüreceklerdir. Bu, onların çocuk yapmalarını önlememelidir. Birçok insan işitme organlarındaki kusurlarla doğmakla beraber, özel aygıtlarla normal bir yaşam sürebilmektedir. Keza bazıları hormon bozukluğuna sahiptir. Örneğin tiroksin ve insülin almakla yine normal koşullara dönülmektedir.

Birçok insan doğal koşullarda öldürücü olan genleri taşımaktadır. Bunun yanısıra C vitamininin yapımı için gerekli olan genden yoksunuz. Bu vitamini almazsak hepimiz ölürüz. Fakat bunu besinlerimizden ve yedek haplardan alarak yaşamımızı sürdürmekteyiz. Diğer birçok hayvan C vitaminini yapan gene sahip olmakla beraber, insanın gen havuzundan bu gen yitirilmiştir. Büyük bir olasılıkla Afrika'da yaşayan atalarımız C vitaminince zengin olan meyve ve sebzelerle besleniyorlardı ve bir zaman sonra C vitaminini sentezleyen gene gereksinme kalmadı. Eğer doğal seçme bir genin yararına değilse ve olumlu yönde etkilemiyorsa, bu genin frekansı populasyonda gittikçe düşme ve bir zaman sonra da ortadan kalkma eğilimindedir.

Bunlardan başka, ürünlerinin yokluğu bizi ölümle tehdit eden birçok gen bilinmektedir. Örneğin belirli amino asitleri sentezleyen enzimleri yapan bazı genler bulunmayabilir. Bu nedenle, sonuçta sentezlenmeyen amino asitlerin azlığından veya yokluğundan ölen bir sürü insan bilinmektedir.

Bu yargıya göre biz zaten bazı genler bakımından eksiğiz; neden çaresi bilinen bazı olumsuz genler de bu havuza eklenmesin? Geliştirdiğimiz yöntemlerle bu eksik genlerin açıklarını rahatlıkla kapatmaktayız. Hatta bu genlerin oranı yaygınlaşsa da yaşam rahatlıkla sürdürülebilecektir.

Birçoğu da yukarıda anlatılanların tersini savunmaktadır. Zararlı genlerin korunması, gen havuzunda çok küçük frekans artışı meydana getirmekle beraber, sürdürülecek bu tip eylemler bir zaman sonra zararlı genin populasyonda çok yüksek oranlara ulaşmasına neden olacaktır. Örneğin sistik fibrozise karşı doğal seçmenin kaldırılması ilk dölde küçük bir frekans artışı meydana getirmekle beraber, 10 döl sonra gen frekansının % 2.5'den % 2.778'e yükselmesine neden olacaktır. Bu durumda hastalıklı çocuk doğurma şansı 1/1600'den 1/1295'e yükselecektir. Bu, 30.500 doğumdan birinin fazladan hasta olarak doğması demektir. Bunun çok küçük bir artma olduğu düşünülse dahi, 100 ya da 1000 döl sonra şaşırtıcı bir etkiye sahip olması kaçınılmazdır.

Unutmayalım ki sistik fibrozis, bilinen 1500 kalıtsal hastalıktan ancak biridir. Bu zararlı genin oranının gün geçtikçe böyle artmasının yanısıra, diğer birçok zararlı genin de aynı şekilde gen havuzunda arttığını düşünürsek, bir zaman sonra bireylerin birçoğunda bu sakatlıklardan birinin ya da birkaçının ortaya çıkması kaçınılmaz olacaktır. Özellikle mutajenik faktörlerin her gün biraz daha yoğun olarak kullanıldığı ortamlarda bu frekans artışı çok daha büyük rakamlara ulaşabilecektir.

28.2. GELECEK İÇİN NE YAPILABİLİR?

Bugünkü tutumun sonucu olarak zararlı genlerin sayısı artmakla beraber, birçok araştırıcı bu artmanın en az düzeyde tutulmasına inanmaktadır. Zararlı genlerin gen havuzuna girmesi zıt mutasyonlarla önlenmelidir fikrini savunanlar çoktur. Fakat özellikle insanda kalıtsal yapının oynanmasıyla meydana gelecek hataları düzeltme olanağı yoktur. Çünkü birey doğduktan sonra yaşama hakkına sahiptir. Bununla beraber bazı önlemlerin alınması hiç kimsenin yaşama özgürlüğüne engel olmadığı gibi, yarar da sağlamaktadır. Bazıları ise bugün ve gelecekte sosyal yaşantıyı değiştirecek önerilerle ortaya çıkmaktadır. Bu önerileri bu başlık altında kısaca incelemeye çalışacağız.

Sağlık hizmetlerinde yoğun olarak kullanılan yüksek enerjili ışınların mutajenik etkileri anlaşılınca, yasal olarak kısıtlı ve korumalı olarak kullanılmaya başlandı. Fakat teknolojinin ilerlemesi ile birçok radyoaktif madde günlük yaşamımıza girdi. Bunların zararlarının en alt düzeye indirilmesine çalışılmakla beraber belirli derecelerde ortama verildikleri de bilinmektedir. En azından zaman zaman duyduğumuz atom santrallerindeki arızalar ve kaçaklar, bu mutajenik etkiyi gittikçe artırmaktadır. Bu konuda neler yapılabileceğini kısaca görelim.

28.2.1. ZARARLI GENLERİN GİRİŞİNİ ÖNLEMEK İÇİN GÖNÜLLÜ SINIRLAMALAR

Bu konuda özel bir eğitimle, görünürde sakat olan bireylerin çoğalmamaları ya da az çoğalmaları sağlanabilir. Çünkü geleceği düşünen her kültürlü kişi bu konuda kendi üzerine düşeni yapabilecektir. Böylece isteğe bağlı bir seçme belki etkili bir şekilde yürütülebilir. En azından eş seçerken bu eksiklikler bilinerek girişim yapılabilir.

28.2.2. GENETİK ÖNERİLER

Birçok sakat çocuk, özünde, ana ve babaların kendi sakatlıklarının kalıtsal olduklarını bilmediklerinden dolayı doğmuştur. Hiç kimse sakat bir çocuk sahibi olmak istemez. Eğer evli çiftler, taşıdıkları genlerden dolayı çocuklarının sakat ya da belirli bir yüzde ile sakat olabileceğini bilseler, büyük oranda çocuk yapmaktan kaçınırlar. Fakat bugünkü tıp eğitimi, uzmanlaşmış dalları hariç, bir genetik öneri ve öğüt verecek bilgileri donatmadan mezun vermektedir. Dolayısıyla birinci çocuk anormal olsa dahi ikinci çocuğun yapılması için eşler herhangi bir sakınca görmüyor. Sakatlıklar çekinik bir gene dayanıyorsa, doğan çocukların 1/4 oranında anormal, geriye kalanların 2/3 oranında taşıyıcı olma olasılıkları vardır. Taşıyıcı olanlar, zararlı genlerin gen havuzuna eklenmesine neden olmaktadır. Çiftler birinci anormal çocuktan sonra ya da evlendiklerinde, bu anormalliğin kalıtsal olduğunu bilseler ya daha çocuk yapmazlar ya da hiç çocuk sahibi olmadan, bir evlatlık vs. ile yetinmeye çalışırlar. Bu tip bir genetik öneri kurumu, zararlı genlerin gen havuzuna eklenmesine büyük ölçüde engel olabilir. Yeter ki bireylerin gen yapıları ve atalarının durumu bir harita şeklinde bilinsin ve hangi hastalıkların ne tip kalıtımla geçtiği geniş halk topluluklarına öğretilebilsin.

Son zamanlarda gelişmiş tıp okullarında sadece kalıtsal hastalıkların tanımlanması değil, kişilerin bu zararlı genleri taşıyıp taşımadıklarını saptama yöntemleri de öğretilmektedir. Hatta doğacak çocukların hangi oranlarda sakat olup olmayacakları da büyük bir olasılıkla söylenebilmektedir. Bu şekilde bir çeşit genetik danışma merkezleri kurulmaya başlanmıştır.

Sakatlıkları meydana getiren başat genlerin kalıtımı ancak çok bilgisiz genetikçilerin gözünden kaçabilir. Gerçi bu genlerin bir kısmı birey eşeysel olgunluğa erişinceye kadar; hatta çocuk sahibi oluncaya kadar etkisini tümüyle göstermeyebilir. **Huntington Hastalığı** buna örnektir. Bu gen beyin dokusunun yavaş yavaş tahrip olmasına neden olur. Gelişme evresinde tahrip olan dokunun yerine yenisi gelmekle beraber; olgunlaşma evresinde yenilenme olmadığı için yıkım ortaya çıkar ve beyin birçok işlevini tamamen yitirir. Bu bozukluk bazen otuz yaşa kadar önemli olmayabilir. Fakat daha sonra kol ve bacaklara giden motor sinirlerini yavaş yavaş etkilemeye başlar ve kollarda **Saln Vltus Dansı** denen titremeler, sallanmalar başlar. Daha sonra hafıza ve zeka gerilikleri ortaya çıkar. İlk belirtilerin ortaya çıkmasından yaklaşık 10 yıl sonra ölüm meydana gelir.

Birçok kişi, ana ve babalarının bu hastalıktan öldüklerini bildiği halde; kalıtsal bir temele dayandığını bilemez. Kendilerinin sağlam olduklarını düşünerek çocuk yaparlar. Hastalık da çoğunluk çocuk yaptıktan sonra ortaya çıkar. Tanınmış pop şarkıcısı WOODY GUTHRIE annesinin bu hastalığa sahip olduğunu bilerek evlendi ve birkaç çocuk yaptı; gerçekten çocukların yarısı bu hastalığa tutuldu. Bilinçli bir genetik danışma merkezi,insanlara gerekli önerileri zamanında yapabilecektir. En azından evli çiftlerde, bu tip genler saptanırsa, yapay döllenme suretiyle (başka birinden sperma ya da yumurta almak suretiyle) sağlam çocuklar elde edilebilir. Zararlı başat genlerin saptanması ve önlem alınması çekinik genlere göre çok daha kolaydır. Esas sorun

çekinik zararlı genlerin kalıtımındadır. Genetikçiler ancak şecere (pedigre) incelemesiyle bireyin hangi şanslarla sakat çocuk meydana getirebileceğini söyleyebilirler. Şans, çoğunluk bir kesir olarak bildirilir. Örneğin 1/2, 1/4, 1/10, 1/100 vs. olarak. Bu olasılığın yüksekliğine göre çiftler çocuk yapıp yapmamaya karar verebilirler. Doğal olarak anormal çocuk meydana getirme riskinin yüksek olduğu durumlarda çocuk yapma, en azından çok sayıda çocuk yapma büyük ölçüde önlenebilir.

28.2.3. TAŞIYICILARIN TANINMASI

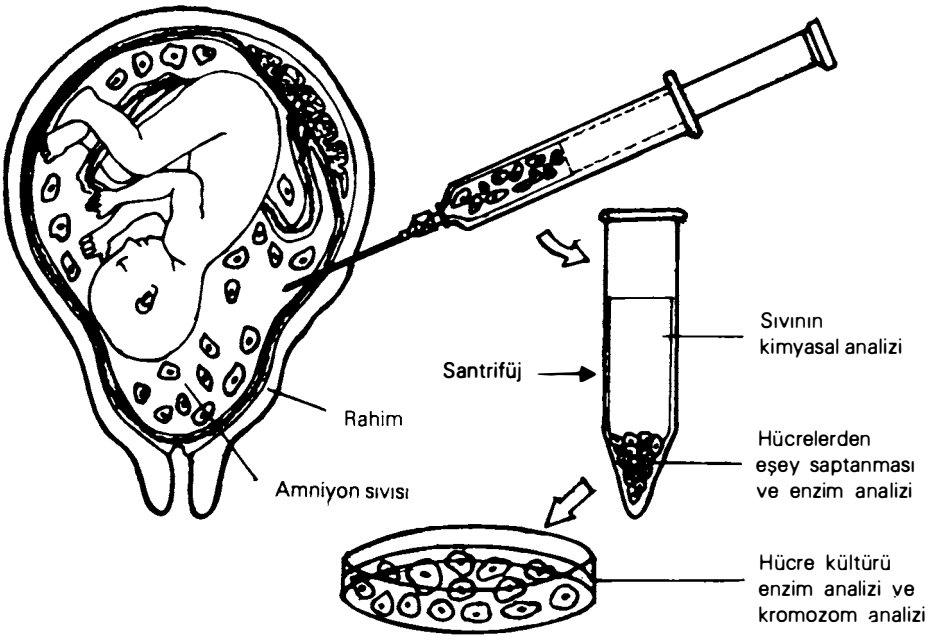
Daha önceki bölümlerde birçok zararlı genin tanınma yöntemini açıklamıştık. Bu tip tanımlamalar genetik danışma kurumları için çok büyük öneme sahiptir. Örneğin bu tip incelemelerle, özellikle Yahudiler arasında çok yaygın olan **Tay-Sachs Hastalığı**nın, evli çiftlerin ailelerinde de olup olmadığı saptanabilir. Ona göre bir öneride bulunulur. Eğer kan testlerinde atalardan biri olumlu (hastalık var), diğeri olumsuz (hastalık yok) tepki göstermişse, bu demektir ki çocukları sağlam doğacaktır. Eğer her iki ata da olumlu tepki göstermişse, çocukların 1/4'ü Tay-Sachs hastalığına yakalanabilir. Bu oldukça yüksek bir olasılık olduğu için çocuk yapmaları önerilmez. Fakat evli çiftler çocuk yapmaya kararlı iseler, o zaman ana karnındaki çocuğun kanı alınarak test uygulanır ve olumlu tepki gösteriyorsa çocuk kürtajla alınır. Sağlam çocuk oluşuncaya kadar bu denetim sürdürülür.

Birçok Yahudi, ırklarındaki bu anormalliğin yüksek olduğunu bildiğinden, test uygulatmak suretiyle doğmayan çocuğun hastalığını saptamaya ve bu yolla gen frekansını düşürmeye başlamıştır. Baltimor'dan başlayarak Amerika'daki diğer şehirlere yayılan bir seri inceleme ve düzenlemede, köken olarak kuzey doğu Avrupa ve Romanya'dan gelen Yahudilerin testi yapılarak olumlu tepki gösterenlere çocuk yapmamaları önerilmiş ve hatta bu konuda bir çeşit yemin ettirilmek suretiyle bu ırksal hastalığın önüne geçilmeye çalışılmıştır. Belki bir ya da birkaç dölü bu şekilde feda etmek suretiyle populasyondaki zararlı genlerin frekansını düşürmek mümkün olacaktır. Bununla beraber birçok Yahudi ailesi çocuk sahibi olmadan bu testi yaptırmayı kabul etmemiştir. Bu şekilde düşünenler, taşıyıcı olmanın baba ve ana olmayı engelleyemeyeceğini savunmuş ve her insanın zaten bir ya da birkaç gen bakımından zararlı taşıyıcı olduğunu, dolayısıyla taşıyıcıların çocuk yapması engellendiğinde, bir zaman sonra çocuk yapacak kimsenin kalmayarak insanlığın çökeceğini ileri sürmüşlerdir.

Benzer bir düzenleme, orak hücreli anemi için Amerika'daki zenciler için düşünülmüştür. Bilindiği gibi Amerika'daki her 10 zenciden biri bu hastalık bakımından taşıyıcıdır. Eğer bir döl boyunca bu taşıyıcıların çocuk meydana getirilmesi önlenirse, hastalığın tümüyle ortadan kalkacağı ileri sürülmüştür. Fakat çoğu, bunun bir ırkı ortadan kaldırma amacını güttüğünü söyleyerek benimsememiştir.

Zararlı genlerin populasyondan temizlenmesine kimsenin karşı çıkması sözkonusu değildir. Fakat bunun belirli bir yöntemle yapılması ve toplumlara zarar vermemesi gereklidir. Birçoğu öneriyi daha değişik bir şekilde getirmektedir: Bir dölde

Yahudilerdeki Tay-Sachs anormalliğini, zencilerdeki orak hücreli anemiyi, beyazlardaki sistik fibrozisi temizleyelim. Daha sonraki dölde diğer bir takım anormalliklere neden olan genleri temizlemeye kalkışalım ve sırasıyla populasyonda bir temizlenme olsun. Hepsini birden temizlemeye kalkarsak çoğalacak adam bulamayız denmektedir.



Şekil 28.1: Amniyo sentezi ile kalıtsal anormalliklerin fetal devrede saptanması. Alınan hücrelerden doku kültürü yapılarak kromozom anormallikleri tanınabilir. Hücrelerde yapılacak enzim ve diğer bazı sıvıların kimyasal testleri anormal genlerin işlevlerini açığa çıkarabilir.

28.2.4. AMNİYON SENTEZLERİ (Şekil 28.1)

Aynı anormallik için taşıyıcı olan iki bireyin çiftleşmesinden anormal bir çocuğun doğmasını önleyecek herhangi bir yöntem geliştirilememiştir. Yalnız son zamanlarda, hamile kadınların karnından enjektörle alınan amniyotik sıvının (gerekirse çocuk kanının) analizlerinden, çocuğun genotipini ve taşıyabileceği anormal özellikleri saptamak olasıdır. Fetal metabolizmadaki anormal maddelerin saptanmasıyla doğacak çocuğun genotipi bulunabilir. Amniyotik sıvı, fetusun derisinden, ağzından veya bağırsak epitelinden kopmuş hücreleri içerir. Bu hücrelerin kültürü yapılarak eksik olan enzimler ve anormalliği meydana getirecek kromozomal değişiklikler saptanabilir. Bulgular olumsuz çıksa da, ana ve baba çocuğa sahip olmak istiyorsa, bugünkü yasalar içerisinde o çocuk doğabilir. Fakat bu testlerde anormal olacağı saptanan çocuğun alınması için de, birçok ülkede yasal izin vardır. Bu konuda bir fikir birliğine varılamamıştır. Birçoğu, anormal olsa da hiçbir embriyonun veya ceninin gelişmesini yarıda kesme hakkına sahip olmadığımızı savunurken; birçoğu da anormal doğacağı belli olan, gelecekte hem kendisi, hem ailesi, hem çevresi için bir üzüntü kaynağı

olacak, belki de birkaç senelik ömrü için büyük harcamalar gerektirecek bir çocuğun yaşatılmasının anlamsız olduğunu savunmaktadır.

Yasa önerileri de çeşitlilik göstermektedir. Bazıları, anormal çocuk meydana getirme olasılığı olan çiftlere testler uygulanarak anormal çocuk oluştuğunda, düşürülmesi için öneriler sunulmasını; diğerleri ise bunun doktor tarafından zorunlu olarak kesinlikle yapılmasına yasada yer verilmesini savunmaktadır. Bir kısmı da kendi toplumunun geleceğini güvenceye almak için yabancı topraklara asker göndererek diğer insanları öldürten birçok düşüncenin, toplumunun kalıtsal yapısını düzeltmek için yapılacak bu tip girişimleri neden önlediğini ya da yadırgadığını anlamanın mümkün olmadığını savunmaktadır.

28.2.5. TOHUM (GERMİNAL) SEÇME

Gelişmiş yöntemler kullanılarak doğacak çocuğun kalıtsal yapısını (özel seçme ve testler uygulamak suretiyle) saptamanın mümkün olacağı gösterilmiştir. Uzun yıllardan beri, eğer kadın verimli (fertil), erkek kısır (steril) ise, yapay dölleme yoluyla çocuk elde etme yöntemi kullanılmaktadır. Özellikle evcil hayvanlarda bu tip dölleme çok daha yaygındır. Örneğin bir boğanın sperması yüzlerce ineğin döllenmesi için kullanılır. İnsanların bir kısmı da evlatlık edinme yerine diğer bir adamın spermasını kullanarak çocuk yapmayı yeğlemektedir. Bu yolla babasının kalıtsal özellikleri seçilerek alınabilir; diğer yarısı da anneden geldiği için onun tarafından gelen özelliklerin seçilme olasılığı yoktur. Bugün birçok yerde, istenen özelliklere sahip erkeklerden alınan spermalar dondurularak sperma bankalarında saklanmakta ve arzu eden çiftlere (çok defa sperma kaynağının ismi açıklanmadan) verilmektedir. Keza erkek verimli olsa da, eğer bazı kalıtsal özellikler bakımından anormal genleri taşıyorsa ya da homozigot olarak bulunduruyorsa, evli çiftler yine bu sperma bankasından yapay döllenme için talepte bulunabilirler.

Çok yakın zamanda, keza yumurta için de aynı işlem yapılmaya başlanmıştır. Laproscop denen büyük bir iğne, istenen özelliklere sahip bir kadının yumurtalığına sokulmakta (karnına sokularak) ve yumurta ovaryumdan dışarıya alınmaktadır. Bu yumurta, laboratuvarda yapay olarak döllendirilebilmekte ve birkaç gün dışarıda geliştirilerek implante olabilecek evreye ulaştırılmaktadır. Daha sonra uygun hormonlarla, bu döllenmiş ve kısmen gelişmiş embriyoyu kabul edebilecek düzeye getirilmiş bir kadının rahimi içerisine yerleştirilmektedir. İlk defa İngiltere'de olmak üzere bu yolla bir sürü normal çocuk meydana getirilmiştir. Özellikle yumurtalık bozuklukları olan ya da kalıtsal bozuklukları homozigot veya taşıyıcı olarak bulunduran kadınlara uygulanan bir yöntemdir. İnsan embriyosunun dışarıda geliştirilmesi konusunda yapılan çalışmalar da önemli aşamalar yapmasına karşın, özellikle din adamları ve birçok siyasi çevre tarafından baskı altına alınarak engellenmiş ve hâlâ da engellenmektedir.

Eğer hem kadın hem erkek kalıtsal olarak zararlı genleri taşıyorsa yine bu yolla hem spermayı hem yumurtayı sağlam bireylerden alarak, evli çiftin dişisinin rahimi

içerisinde geliştirme olanağı vardır. Belki önümüzdeki yıllarda tüm yumurtalar dışarıda döllendirilerek, kalıtsal açıdan bir seçime tabi tutulup, en iyisi rahim içerisine implante edilecek ya da laboratuvarlardaki özel aygıtlarda geliştirilecektir. Bir kadının yumurtalığından çıkarılan belirli sayıdaki yumurta, örneğin 10 yumurta, kocasının spermaları tarafından döllendirilecek ve bunların arasından, uzmanlaşmış kişilerce kalıtsal özellikleri bakımından üstün olanı rahime implante edilebilecektir. Böylece eşey seçimi için de büyük olanaklar doğacaktır. İstendiğinde kız,istendiğinde erkek çocuk yapılabilecektir. Bu şekildeki uygulamaları, belki bu kitabı ilk okuyacak kişilerin görmesi olanaksız olabilir. Fakat gelecekte yaygın olarak kullanılacak bir yöntem olacağı da kuşkusuzdur. Yeterince olgunluğa ulaşmamış toplumlarda bu şekilde yapılacak bir uygulamanın sakıncalarını da ayrıca tartışmak gerekir.

28.2.6. KLON YAPMA

Bitkilerde belirli genleri bir araya toplayarak eşeysel üreme yeteneği olmayan; fakat aşılama ve çelikleme ile üremesini sürdürebilen birçok ırk elde edilmiştir. Örneğin bugün tarımda kullandığımız, birçok kavak, elma, erik, şeftali, gül vs. çeşidi artık eşeysel olarak çoğalamaz. Bunlar ancak çelikleme veya aşılama suretiyle çoğalmalarını devam ettirebilir. Hayvanlardaki islah (iyileştirme) çalışmaları da insanlar için birçok yararlı genin bir araya toplanmasını amaçlamıştır ve nitekim son zamanlarda kültür ırkları dediğimiz birçok evcil hayvan bu yolla elde edilmiştir. Hayvanlarda, aşağı organizmalar hariç, çelikleme ve aşılama, yani bir çeşit koparılarak yeniden birey meydana getirilme bugünkü teknikle hemen hemen olanaksızdır. Ancak yararlı genlerin toplandığı kültür ırkları, damızlık olarak kullanılmaktadır. Bazen bu ırklar o denli değişmeye uğratılmıştır ki bazı doğal işlevlerini dahi yürütemezler. Örneğin kültür ırklarında bazı ineklerin insan yardımı olmadan doğuramaması, legorn tavuklarının kuluçkaya yatmaması vs. gibi.

İstenen özelliklere sahip meyvelerin, genotipini değiştirmeden başka bir bitkiye aşılanması, lale, iris ve diğer soğanlı bitkilerin yine genotipini değiştirmeden üretilmesi hayvanlara da uygulanabilecektir. Biz buna klon yetiştirme diyoruz. İlk denemeler kurbağalarda yapılmıştır. Bir kurbağadan alınan döllenmemiş yumurtanın çekirdeği çıkarılmış ya da mor ötesi veya lazer ışınlarıyla tahrip edilmiştir. Daha sonra başka bir türden kurbağanın bağırsağından alınan bir çekirdek mikropipetle bu çekirdeği çıkarılmış hücrenin içine enjekte edilmiştir. Yumurta hücresinin sitoplazması, gen aktive edici materyali taşıdığından, içeriye giren çekirdeğini belirli bir süre sonra **(Dormanz Durum)** aktive ederek mesaj göndermesini sağlamıştır ve yumurta hücresi döllenmeden çekirdeğin geldiği kurbağa türüne uygun bir bireye kadar gelişmiştir. Bu, özünde, çekirdeğin alındığı bireyin daha sonra gelişmiş gerçek bir ikizidir.

Bu şekildeki bir yöntemin uygulama alanı tahminlerin çok ötesindedir. Eğer kalıtsal olarak anormalliklerden arınmış bir birey saptanırsa ya da zeka düzeyi çok yüksek olan bir insan, süresiz yaşatılmak istenirse bu yolla bunlardan alınacak çekirdekler yumurta hücrelerine enjekte edilmek suretiyle klonlar oluşturulabilecektir ve meydana gelen yavrular alındığı atanın tüm kalıtsal özelliklerine (embriyo evresinde

meydana gelecek mutasyonlar hariç) sahip olacaktır. Bu yolla birbirinin aynı olan binlerce insan veya hayvan yetiştirmek olanak dahiline girecektir. Doğal olarak bilinç ve bellek daha sonra yerleştiği için, bu bireylerin, alındığı bireyin bilgisini göstermesi sözkonusu olamaz. Fakat alındığı bireyin yeteneklerini aynen (uygun ya da atasının benzer ortamında yetiştiği zaman) gösterebilecektir.

İnsan yumurtası çok küçük olduğu için, diğer bir çekirdeği çok zor enjekte edebiliriz. Fakat klon yetiştirmek için diğer bir yol denenebilir. Kandan alınan lenfositler gibi diploit hücreler, tüm bir insanı yapmak için genlerin hepsine sahiptir (diğer vücut hücreleri, örneğin epitel hücreleri de gerekli genlerin hepsine sahiptir). Kural olarak insan vücudundan alınacak her hücre, yeni bir insan meydana getirecek kalıtsal materyale sahiptir. Fakat gerek lenfositlerde, gerekse diğer hücrelerde ancak bazı genler aktif durumdadır. Her hücre bulunduğu yerin özelliğine göre, bazı genlerini çalıştırabilir, diğerlerini büyük bir olasılıkla histonlarla kapatarak inaktif durumda tutar. Eğer biz, bu hücrelerdeki histonları, embriyodaki sırasına göre sıyırır ve genleri bu sıraya göre aktive edebilirsek, her hücre potensiyel olarak gerekli tüm farklılaşmaları ve enzimleri, dolayısıyla hücre ve doku farklılaşmalarını meydana getirecek durumdadır. Tüm sorun bu histonların nasıl ve hangi sıraya göre çözüleceğidir. Bu şekilde aktif hale geçirilmiş bir hücre, rahime implante edilirse klon şeklinde üreme sağlanabilecektir.

Klon yapmak için diğer bir yöntem de şudur: Farklı hücreler bir doku kültürü içerisinde yetiştirilir. Daha sonra hücre zarlarını kısmen sindirerek eriten maddeler kullanılıp, hücrelerin birbiriyle kaynaşması sağlanır. Bu şekilde bir memeli yumurtası, diploit bir hücreyle, örneğin kan lenfositleri ile birleştirilebilir. Bu birleşme olduğu zaman diploit çekirdek gelişmeyi üstlenir; yumurtanın haploit çekirdeği de parçalara ayrılır. Yumurtanın sitoplazması, gelişimi başlatan genleri aktive edici uyarıcılara (stimulantlara) sahiptir. Dolayısıyla bu birlik gelişerek genç bir embriyo oluşturur. Bu, bir ananın rahmi içine implante edilirse, kalıtsal bakımdan aynı olan (diploit hücrenin alındığı bireyin aynısı) yeni bir birey elde edilebilir.

Klon yapma insan için uygulanırsa birçok zorluk ortaya çıkar. Her şeyden önce, birçoğu tarafından, insanın gelişimine ve üremesine bu şekilde karışmanın ve değiştirmenin ahlak açısından doğru olamayacağı fikri savunulmaktadır. Fakat eğer gönüllü folluk yapacak bir kadın bulunursa, bir insanın kendisinin aynısını bu yolla üretmesi olanak dahilinde olacaktır. Nitekim Amerika'da Filadelfia gazetelerinin birine verilen ilanda folluk yapacak gönüllü bir kadın aranmıştır. Gelen yanıtlar sayıca tahminlerin çok üzerindeydi ve şaşırtıcıydı. Birçok kadın hamile olmayı tatmak istediklerini; fakat çocuk doğduktan sonra meydana gelecek sorunları nasıl çözeceklerini bilemediklerini yazıyorlardı. Bu yöntemi benimseyip, ismi kötüye çıkmadan, çocuk sahibi olmak isteyenler de vardı. Bu sefer yasal sorunlar ortaya çıkmaya başlamıştı. Çocuğun babası ya da sorumlusu kim olacaktı? Yasalar, şimdiye kadar insanların genetik babalığı ya da sadece folluk için analık tanımlarını yapmamıştır. Dolayısıyla çocuğun kime ait olacağı yasal olarak şimdilik belirsizdir. Çünkü bu konudaki mevcut tüm yasalar, böyle bir sorun olmadan ve sadece insanların üremesini düzen-

lemek için hazırlanmıştır. Gelecekte hangi şekli alacağı merakla izlenmektedir. Eğer bu yorumlamayı genişletirsek çok değişik sonuçlara ulaşabiliriz. Örneğin bir sinema yıldızından ya da bir bilginden ya da bir sporcudan binlerce kopya üretirsek sonuç ne olur?

28.2.7. YAPAY RAHİM

Daha ileri bir aşamada, yavrunun tümüyle yapay olarak beslenmesi ve anaya gerek olmadan büyütülmesi öngörülmektedir. Ya test tüpünde döllendirilen ya da koloni yoluyla elde edilen zigottan gelişen bir embriyo, ana rahmi yerine tüm beslenme ve fizyolojik dengeleri sağlanmış bir aygıt içerisine yerleştirilerek geliştirilebilir. Zaman zaman saydam yapay rahimin dışından bakarak her şeyin normal gidip gitmediği izlenebilir. Eğer fetus anormal gelişmeye başlarsa ya aygıttan çıkarılır ya da uygun düzeneklerle, gelişme, aygıtın kendisi tarafından durdurulabilir. Beslenme düzeneğini kendimiz ayarladığımız için çocuğun beslenmemesinden dolayı herhangi bir bozukluğun ortaya çıkması da büyük ölçüde önlenmiş olur. Ana kanıyla yavruya ulaşan teratojenik maddeler (ilaçlar, hastalık yapan organizmalar ve bazı kirletici maddeler) bu tip bir gelişimde tümüyle ortadan kaldırılmış olacaktır. Biraz hayal ürünü görünmekle beraber, Rusya'da dengelenmiş besin sıvısı içeren bir çeşit yapay rahimde, bir koyun embriyosunun haftalarca yaşatıldığı söylenmektedir.

Belki bugün yasal, genellikle de ahlaki açıdan bu tip araştırmalara yeterince ağırlık verilmemektedir. Fakat birgün bu konudaki araştırmalar yoğunlaştırılırsa, kısa zamanda yukarıda belirtilen tekniğin geliştirilmesi beklenmelidir. Belki bu teknik geliştikten sonra, eğer serbest bırakılırsa, insanların bir kısmı eski usulden çocuk yapmayı yeğleyeceklerdir. Çünkü çok ileri bir zamanda hamileliğin zaman yitirilmesi ve işgücü kayıbı olarak değerlendirilmesi, artık doğal olarak çocuk yapmanın yasaklandığı bir devrin başlaması demektir.

28.2.8. ÜREMENİN ZORLA DÜZENLENMESİ

Üremenin devlet eliyle düzenlenmesi özgürlük kavramlarına ve bireyin haklarına ters görünmektedir. Fakat bu hiçbir zaman olmayacak anlamına da gelmez. Çünkü bireyin özgürlüğü ve hakları, toplumun çıkarlarına ters düşmediği zaman geçerli olur. Zararlı genlerin sayısı populasyonda gittikçe artarsa, önerilen önlemler bireyler tarafından uygulanmazsa ve toplumun yoğunluğu taşınamayacak bir ölçünün üstüne çıkarsa, üremeyi düzenleyici önlemlerin getirilmesi kaçınılmaz olur. Özünde bu kısıtlamalar yeni değildir. İnsanın yakın akrabalarıyla evlenmesinin önlenmesi bu kısıtlamanın ilk yasalarıdır. İleride bu yasalara yenileri de eklenebilir.

Bu kısıtlamalar zamanımızda birkaç şekilde yapılmıştır. Örneğin evlenmeden önce frengi testi yapılır ve frengi olduğu saptandığı zaman, en azından tedavi edilinceye kadar bireylerin evlenmesi yasaklanır. Bu, bugün uyguladığımız polisiye önlemlerinden biridir. Gelecekte bu polisiye önlemlerinin sınırlarını genişletme gerekebilecektir. Evlenmeden önce kalıtsal haritalar incelenecek ve bireyler taşıdıkları genlerin

yapısına göre evlenme izini alabileceklerdir. Belki de, tüm bu zararlı genlere karşı evlenmek isterlerse, o zaman kısırlaştırılma zorunluğu konacaktır. 1930 yıllarında dünyada insanları eujenik önlemlerle kalıtsal olarak düzeltme eğilimi vardı. Nitekim Amerika'nın bazı eyaletlerinde geri zekalıların ve doğuştan kriminal (cani) yapıda olanların kısırlaştırılması yapılıyordu. Fakat zamanla bu önlemler azaldı. Bugün yok denecek kadar az yapılmaktadır.

Amniyon testiyle çocukların düşürülmesine karar verilmesi bazı insanlarca canilik olarak değerlendirilirken; bazılarınca kaçınılmaz bir önlem olarak düşünülmektedir. Çünkü sakat ve geri zekalı bir çocuğun, düşürülen bir çocuktan daha korkunç bir etkiye sahip olduğunu savunanların sayısı az değildir. Hatta bu zararlı genleri taşıyanların populasyonda meydana getirdikleri yıkımın toplumun geleceği açısından daha da korkunç olduğuna inanırlar. Bu şekilde belki gelecekte bazı çiftlere yalnız bir, bazılarına iki, bazılarına daha fazla çocuk yapma hakkı verilebileceği gibi, bazılarının çocuk yapma hakkı tümüyle ellerinden alınabilecektir.

28.2.9. TOHUM SEÇME İLE İSLAH

Bugün, özellikleri bakımından üstün olan bireylerden tohum almak suretiyle, gen havuzunda ıslahın yapılabileceğine çok kişi inanmaktadır. İkinci Dünya Savaşından önce, Rusya'da üstün özellikler taşıyan bireylerden alınacak tohumlarla daha iyi bir döl yetiştirilmesi planlanmıştı. Her kadın istediği zaman kalıtsal özellikleri bakımından iyi olan bir erkekten sperma alabilecekti. Bununla beraber istediği adamla evlenebilecekti; fakat yasal kocası kısırlaştırılacaktı. Yumurta seçiminde de bu teknik kullanılmak suretiyle gen havuzunun ıslahı çok daha hızlı olacaktı.

Bu şekildeki bir plan toplum tarafından benimsenmedi. Çünkü insanlar kendilerini birçok bakımdan üstün görme ve döllerini sürdürme içgüdüsüne sahiptir. Bu içgüdü despot (baskıcı) bir idare tarafından da değiştirilemez. Eğer bu plan uygulansaydı, bir erkek birçok çocuğun babası olacaktı ve bir zaman sonra belirli genler bakımından bir tekdüzelik ortaya çıkacaktı. Bu, homozigotluğun artması demekti. Yan etki olarak da zararlı birçok çekinik gen etkisini populasyonda göstermeye başlayacaktı. Üstün ırk yaratma istenirken, bu sefer birçok anormal bebeğin doğmasına neden olunacaktı. Daha önceki konularda gördüğümüz gibi orta değerde genleri taşıyan bireylerin kendi aralarında çiftleşmelerinden büyük toplumlar doğmuştur. Çünkü karışık bir gen havuzunda iyi özelliklerin bir araya gelmesiyle, o koşulda en iyi uyum yapan bireyler ortaya çıkabilmekte ve bunlar da gelecekteki büyük populasyonların temelini oluşturmaktadır. Halbuki bu tip bir uygulama homozigotluğu artıracağı için heterozigotluk azalacak ve an azından yeni koşullara uyum yapabilecek kombinasyonların oluşma şansı bu suretle azalacaktır.

Sonuç olarak şunu söylebiliriz: Kim bir genotipin daha iyi olduğuna karar verecektir? Bilim adamları mı, politikacılar mı, yoksa yetiştirilmiş özel uzmanlar mı? Bunların hepsinde değişik sakıncalar ortaya çıkmaktadır. Özellikle bir politikacının seçme hakkı olması, insanlığın geleceğini tehlikeye düşürebilir. Çünkü hiçbir insan, inançla-

rıdan, kendi ırkının baskısından ve çevresindeki insanların etkisinden % 100 kurtulamaz. Karar vermede her zaman belirli bir yan etkiyi düşünmek gerekir. O zaman tehlikeli bir dönemin ve geleceğin başlaması demektir. Özellikle tek söz sahibi olan (sözü yasa olan) bir önderin bulunduğu toplumlarda bu çok daha tehlikeli boyutlara varabilir. Bu, bir ırkın öbürüne, bir inancın diğerine baskı yapmasını da beraberinde getirir.

Buna en tipik örnek, bu yüzyılın birinci yarısında, birçok bilim adamı, düşünür, sanatçı, müzisyen ve teknik adam yetiştiren Almanya'da idareyi tek başına ele geçiren ADOLPH HİTLER'in, Münih'de hapishanede iken okuduğu kitapların etkisinde de kalarak Alman ırkının üstün bir ırk olduğuna inanmasıdır. Yönetimi ele geçirdikten sonra bu ırkın üremeseni kontrol ederek ve uymayanları temizleyerek üstün ırk yapma girişimlerine başladı. HİTLER'e göre Museviler (Yahudiler) birçok kötü gen taşıyordu ve bunların populasyondan çıkarılması gerekirdi. Sonuçta milyonlarca Musevi ortadan kaldırıldı. Vatansever Alman kızlarına, askere giden Almanlardan çocuk yapmaları önerildi ve değişik yerlerdeki kamplarda (insan haralarında) seçilmiş Alman subayları ile sağlam Alman kızları çiftleştirildi. Özel merkezlerde, istenmeyen (beğenilmeyen) genleri taşıyan insanlar kısırlaştırıldı. İlk olarak geri zekalılar kısırlaştırıldı; daha sonra bu işlem fiziksel kusurları olan insanlara kadar yaygınlaştırıldı. Öyle bir noktaya geldi ki, çirkinlik fiziksel bir sakatlık olarak kabul edilerek, kısırlaştırılma yapılmaya başlandı. Sonunda da nazileri tenkit edenleri sindirmek için bir tehdit ve baskı unsuru olarak kullanıldı.

Sonuç olarak zararlı genlerın gen havuzundan ayıklanması toplumun geleceği açısından birçok yarar sağlayacağı açıktır. Fakat bunu hiç kimsenin özgürlüğüne ve kişisel haklarına zarar vermeden yapmak uygun olacaktır. Üremenin ve diğer önlemlerin uygulamasını bir lidere, bir partiye veya bir görüşe bırakmanın büyük sakıncalar getireceği de geçmişte yaşanmış acı anılardır.

28.3. GEN MÜHENDİSLİĞİ

Son zamanlarda yayınlanan birçok araştırmada gen mühendisliğinin önemi ve gücü belirtilmeye başlanmıştır. Birçok kişi artık zararlı genleri bireylerin haklarını kısıtlayarak yok etme yerine, zararlı genleri özel yöntemlerle normal ya da üstün gen niteliğine çevirmenin yollarını aramaya başlamıştır. Bu konudaki girişimler büyük bir coşkuyla karşılanmakta ve yorumlamalar gittikçe aşırıya varan ölçülere ulaşmaktadır. Bununla beraber gen mühendisliğinin uygulama alanının kısıtlı olmasını gözden uzak tutmamak gerekir.

Her şeyden önce, DNA'daki baz çiftlerinin çok küçük olması nedeniyle, fiziksel olarak (mikrocerrahi ile) değiştirilmesini ümit etmemiz biraz hayalcilik olacaktır. İkincisi, bu şekildeki düzeltmeler kural olarak vücut (soma) hücrelerine sınırlı kalacaktır; bu da gelecek döllerin yapısını değiştirme için etkili değildir.

28.3.1. ZARARLI GENLERİN DEĞİŞTİRİLMESİ

Vücut hücrelerimiz (çekirdek taşımak koşuluyla) bir bireyi meydana getirecek tüm genlere sahip olmasına karşın, bulundukları yer ve dokuya göre taşıdıkları genlerin ancak bazıları işlev yapabilecek durumdadır. Örneğin, tiroksin üretecek enzimleri sentezlemek için, yalnız tiroit bezindeki genler işlev görür ve bilgi üretebilir. Bu organda veya bezde bulunan zararlı bir gen kapatıldığı için herhangi bir etkiye ve kusura neden olmaz. Başka bir organda veya dokuda da kusurlu tiroksin meydana getiren bir gen kapalı olacağı için herhangi bir zararlı etkiye sahip değildir. O halde zararlı genlerin değiştirilmesi dokulara ve organlara sınırlı kalmaktadır. Bunun için de değişik yöntemler uygulanabilir.

28.3.2. VİRÜS TRANSFERİ (TRANSDÜKSİYON)

Virüsler, bazen ürediği konukçudan taşındığı konukçuya gen aktarabilir. Bu taşımaya transdüksiyon denir. Doğal olarak bir virüs, bulaştığı hücreyi çoğunluk öldürür ve o zaman kalıtsal olarak bir öneme sahip değildir. Fakat bazı durumlarda virüs, kalıtsal materyalini girdiği hücrenin kalıtsal materyaline katarak (integre ederek), onun hızıyla çoğalmaya başlar ve bu durumda konukçu hücreye herhangi bir zarar vermez. Bu, "L i z o g e n i k D u r u m" olarak bilinir. Bakterilerde kalıtsal yapının düzeltilmesi için bu tip virüs aktarmalarından yararlanılır.

Son zamanlarda, bu yöntem, insan doku kültürleri için de kullanılmaya başlanmıştır. İnsanların çoğu, bir amino asit olan arjinini yıkmak için karaciğerden salgılanan arjinaz enzimini sentezleten başat bir gene sahiptir. Çekinik homozigot durumlarda enzim salgılanması yoktur; bu bireylerde "A r g i n i n e m i a" denen bir hastalık meydana gelir. Arjininin miktarı kanda artar. Sonuçta zeka geriliği, sara hastalığı ve erken ölüm ortaya çıkar. *Shope Papilloma* denen bir virüs genellikle tavşanlarda hastalık yapar; fakat insanlarda lizogenik durumda yaşar. Bu virüsle tavşanlardan insana gen taşınması yapılabileceği düşünülmüş ve doku kültürlerinde denemelere girişilmiştir. Normal bir bireyden alınan hücreler bu virüsle enfekte edilmiştir. Daha sonra bu doku kültüründeki virüsler arjininemia olan kişiden alınan hücrelere taşınmıştır. Hücrelerin bir kısmı bu enzimi sentezleyecek yeteneği kazanmıştır. Açıkça normal bireydeki başat gen, bu yolla hasta bireyin hücrelerine taşınmıştır.

Daha sonraki aşamada, bu virüsler arjininemialı bir kişinin karaciğerine aşılanmıştır. Daha doğrusu Almanya'da birisi beş yaşında, diğeri onsekiz aylık iken zeka geriliği ve bu hastalığın diğer bulgularını gösteren iki kız kardeşe enjekte edilmiştir. Karaciğerlerine enjekte edilen bu virüsler istenen sonucu vermemişler ve düzelme meydana gelmemiştir. Fakat ileride daha gelişmiş bir teknikle bu aşılamanın yapılabileceği ümidi yitirilmemiştir.

Bir türden diğer türe bu virüslerle gen aktarımı yapmak da mümkündür. Bazı insanlar, süt içerisinde bulunan laktozun bir türevini, yani galaktozu, yıkan enzimden yoksundurlar. Bu insanlar G a l a k t o z e m i a" denen bir hastalığa tutulurlar ve kanlarında aşırı galaktoz birikir. Bu hastalar süt ve sütten yapılmış gıdaları almazlarsa

normal bir yaşam sürdürebilirler. Fakat, eğer bir gen aktarımı yapılırsa bu besinleri de alabilme olanağına kavuşurlar. İnsan bağırsağında yaygın olarak bulunan *Escherichia coli*, bu enzim için bir gene sahiptir. Hem bu bakteriyi hem de insanı enfekte eden ortak bir virüs vardır. Bu bakteri kültüründen alınan virüsler galaktozemi gösteren bir insandan alınmış doku kültürüne bulaştırılmıştır. Daha sonra yapılan testlerde, bulaştırılan insan hücrelerinin eksik olan enzimi ürettikleri saptanmıştır. Bu yeteneği kazanan hücreler alındığı kişinin karaciğerine tekrar enjekte edilmiş ve orada eksik olan enzimi üretmeye devam etmiştirler.

Moleküler genetikteki ilerlemeler, bizim, yalancı virüs yaratmamızı da mümkün kılmıştır. Artık bugün bir virüsün DNA'sı çıkarılıp yerine yabancı bir virüsün DNA'sı yerleşterilmektedir. Virüsün kılıfı bulaştıracağı hücreyi saptar. Dolayısıyla DNA'sı çıkarılsa da yine eskisi gibi, doğal konukçusu olduğu hücreyi enfekte etmeye devam eder. Bu şekilde istediğimiz nitelikte virüs yapabiliriz. Bu yöntemlerle fare doku kültüründen belirli genler insan doku kültürüne aktarılabilmiştir. Yalnız fareleri enfekte eden bir virüsün DNA'sı insanı enfekte eden bir virüsün içerisine konarak, insan hücrelerine girmesi sağlanmıştır. Yalancı virüslerin bu şekilde büyük bir gücü vardır. Biz, farklı türlerden uygun genleri, bu yöntemle seçebilir ve insanın üreme hücrelerini meydana getiren dokulara aşılayarak, insan gen populasyonuna büyük katkılar yapabiliriz. Eşey hücrelerine bu şekildeki bir aşılama için daha birçok araştırma ve deneyin yapılması gerekmektedir.

28.3.3. DOĞRUDAN DNA NAKLİ (TRANSFORMASYON)

Mikrobiyologlar uzun bir süreden beri, diğer bir bakterinin DNA'sını içeren bir besin ortamında yetiştirilen bakterilerin zamanla yeni genler kazandıklarını saptamıştı. Bakteriler "E n d o s i t o s i s" dediğimiz bir çeşit yutma yöntemiyle ortamdaki DNA parçalarını alarak kendi kromozomlarına ekleyebilir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, insan hücrelerinin de bu yeteneği taşıdığını göstermiştir. Bir araştırmada, anormal hemoglobin üreten bir kişinin göğüs kemiğinin (sternumun) kırmızı iliğinden alınan olgunlaşmamış kırmızı kan hücrelerinin doku kültüründe üretilebileceği gösterilmiştir. Normal bir insanın göğüs kemiğindeki ilikten alınan hücrelerden hazırlanmış bir besin ortamında üretilen bu hücreler bir zaman sonra normal hemoglobin yapabilme yeteneğini kazanmıştır. Daha sonraki aşamada bu hücreler (eskiden anormal, yeni durumda normal hemoglobin üreten) alındığı kişinin sternumunun içerisine enjekte edilerek, o kişinin normal hemoglobin üretimi sağlanabilmiştir.

28.3.4. HÜCRE KAYNAŞTIRILMASI İLE YENİ GENLERİN KAZANILMASI

Aynı türün farklı bireylerinden, hatta farklı türlerin bireylerinden alınan hücreler aynı doku kültürü içerisinde yetiştirilebilir. Bazı zararsız virüsleri bu doku kültürü içerisine eklemekle hücrelerin kaynaşması sağlanabilir. Hücre duvarlarının eritilmesi ile iki çekirdekli bir hücre ortaya çıkar. Bu iki çekirdekten hangisi mitoz bölünmeye erken başlarsa, baskın duruma geçer ve öbürünü yıkar. Yıkılan çekirdeğin kromo-

zom parçaları iğne şeklinde diğer kromozomların içerisine girebilir ve yeni hücre, bölünmeyi yeni gen kombinasyonları ile bitirir. İnsan ve fare hücreleri bu şekilde birleştirilebilmiştir. Fakat fare hücreleri çoğunluk baskın duruma geçmiştir; çünkü fare hücrelerinin insanlara göre daha hızlı bölünme eğilimi vardır. İnsan kromozom parçaları, zaman zaman fare kromozomlarına eklenmiştir. Bu yolla anormal gen taşıyan kromozomların yerine, normal gen taşıyan kromozomuları tüm olarak yerleştirmek de mümkün olabilir.

28.3.5. TÜM HÜCRE NAKLİ

Diğer bir yöntem de , bazı enzimleri üretemeyen dokular içerisine, bu enzimleri üreten hücrelerin yerleştirilmesidir. Daha önce öğrendiğimiz gibi gamma globulini üreten genin olmaması (çekinik olması) halinde, antikor üretilemeyeceği için, canlı, enfeksiyonlara karşı dayanıksız olacak ve bu genotipteki bireyler yaşamlarının ilk evrelerinde çoğunluk öleceklerdir. Gamma globulin, kemik iliği tarafından üretilir. Normal allelleri taşıyan bir kişinin sternumundan alınan kemik iliği "A g a m m a - g l o b u l i n e m i a"lı bir kişiye enjekte edilebilir. Nakledilen bu hücreler zamanla çoğalır ve yabancı antijenlere tepki gösterebilecek antikorları üreterek kana verebilir.

28.3.6. GEN SOKMA

Gen mühendisliği emekleme çağındadır ve bugün ancak deneme evresindedir. Gelecekte geniş uygulama alanı bulacağı kuşkusuzdur. Yalnız bu uygulamaların bir de tehlikesi vardır. Nitekim zamanımızdaki mikrobiyoloji uzmanlarının bir kısmı, gen mühendisliğinin bazı konularına şimdiden bir kısıtlama, yani bir çeşit ambargo konmasını önermektedir. Çünkü bu değiştirme denemelerinin yapılması sırasında, antibiyotiklere dayanıklı, üstün yaşama gücü olan ve bizzat kendisi toksin salgılayan bir gen kombinasyonuna sahip mikroorganizma yaratılabilir. Bu ise insanların sonu olabilir. Bu kısıtlama bugün yasal olarak konmamıştır. Fakat bu konuda araştırma yapan merkezler böyle bir felaketin ortaya çıkmaması için gerekli önlemleri almaktadır.

Birçok gen mühendisi, bireysel kusurları ve anormallikleri düzeltmek için çalışmalar yapmayı amaçlamıştır. Fakat, amaç, üreme hücrelerindeki zararlı genlerin gelecek kuşağa düzeltilerek geçmesini sağlamaktır.

Bu bölümün sonunda, insanların gelecek için kötümser olmamasını öneririz. Çünkü bu kadar yıldan beri karşılaştığı sorunları üstün zekası ile çözen bizlerin, gelecekte karşılaşacağı sorunları da aynı yetenek ve beceri ile çözeceği inancındayız. Gelişmiş zekamızı, gelecekteki aşırı yoğunluğumuzdan doğan sorunları ve genetik kirlenmeleri çözecek şekilde yönlendirebilir ve sonunda çareyi bulabiliriz. Eğer bu sorunlara araştırma ve eğitimle eğilmezsek, akılla çözeceğimiz birçok sorunu, doğanın zalim ve özverisiz seçme baskısıyla çözmesine boyun eğmek zorunda kalacağız. Her şeyden önce bu konunun çözümüne, insanları, evrim ve kalıtım konusunda bilinçlendirmek ve eğitmekle başlamalıyız. Çünkü kalıtımı ve evrimsel işleyişi ana hatlarıyla bilen her kişi, gelecekteki tehlikeleri sezinleyebilecek ve ona göre önlemlerini alacak, gerekirse kişisel özverilerde bulunabilecektir.

KAYNAKÇA

Akbulut, Ş., Darwin ve Evrim Teorisi. Yeni Asya Yayınları, İstanbul: 1980.

Akman, Y., Botanik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Sayı: 53, Ankara: 1980.

Arca, M., et al, Europ. J. Microbiol, 21, 383: 1967.

Avers, C., Evolution. Harper and Row, New York: 1974.

Baer, A. S. ed., Heredity and Society: Readings in Social Genetics. Macmillan, New York: 1973.

Barnes, R., Invertebrate Zoology. W. B. Saunders Comp., London: 1968.

Barnett, L., The Universe and Dr. Einstein. (Einstein ve Evren, Çeviren H. Aydın), Işıklar Kitapevi, İstanbul: 1959.

Barnett, W. E., et al, Proc. Natl. Acad. Sci. 55, 184: 1966.

Baykal, F., Historik Jeoloji. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları No: 38, Kutulmuş Matbaası, İstanbul: 1971.

Becker, H. J., Chromosoma, Berlin, 13, 341: 1962.

Beeley, J. A., et al, J. Bio. Chem. 243, 1262: 1968.

Beer de G., A Handbook on Evolution. British Museum, London: 1970.

Beermann, W. Chromosoma. Berlin, 12, 1: 1961.

Bergquist, H., et al, Naturwissenschaften 54, 544: 1967.

Bilge, E., Genetik. Istanbul Üniversitesi Yayınları, Sayı: 1423, Fen Fakültesi No: 93, İstanbul: 1969.

Bilge, E., Evolüsyon. Fen Fakültesi Basımevi, İstanbul: 1973.

Bilge, M., Hücre Bilimi. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, Baha Matbaası, İstanbul: 1972.

Björk, G.R., et al, Europ. J. Biochem. 9, 207: 1969.

Blobel, G., et al, J. Mol. Biol. 26; 279: 1967.

Bozkurt, B., Zooloji Laboratuvar Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Ankara: 1960.

Bresch, C., Klassische und Molekulare Genetik. Berlin: 1965.

Bresch, C. und R. Hausmann, Klassische und Molekulare Genetik. Springer-Verlag, Berlin: 1970.

Bretscher, M. S., Nature. 220, 1088: 1968.

Bretscher, M. S., Nature. 218, 675: 1968.

Bretscher, M. S., J. Mol. Biol. 34, 131: 1968.

Briggs, D. A. S. M., Walters, Plant Variation and Evolution. World University Library, London: 1969.

Brodrick, H., Man and his Ancestry. Fawcett Publications, Greenwich: 1964.

Brown, and E. Hutchings, Jr., eds. Are our Descendants Doomed. Viking Press, New York: 1972.

Bruskov, V., I., et al, J. Mol. Biol. 37, 367: 1968.

Buck, C. A., et al, Proc. Natl. Acad. Sci. 60, 1045: 1968.

Butenandt, A., Knaurs Buch der Modernen Biologie. Droemer Knaur, München: 1972.

Calvin, M., Chemical Evolution. Oxford University Press, New York: 1969.

Chaudhuri, S., et al, J. Biol. Chem. 243, 29: 1968.

Ciferri, O., et al, J. Mol. Biol. 37, 529: 1968.

Clarke, W. E. le G., History of primates. British Museum. London: 1970.

Claus, C., K. Grobben und A. Kühn, Lehrbuch der Zoologie. Springer, Berlin: 1932.

Colbert, E., Die Evolution der Wirbeltiere. Stuttgart: 1965.

Cole, S., Races of Man. Trustes of the British Museum (Natural History), London: 1965.

Cotter, R., I., et al, Nature 216, 8646: 1967.

Cramer, F., et al, Proc. Natl. Acad. Sci. 61, 1384: 1968.

Cusin, F., et al, Proc. Natl. Acad. Sci. 58, 2079: 1967.

Çağlar, M., Omurgasız Hayvanlar, Anatomi-Sistematik. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Sayı: 712, Fen Fakültesi Yayınları No: 20, İstanbul: 1957.

Çağlar, M., Omurgasız Hayvanlar, Anatomi-Sistematik. 1. Kısım. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Sayı: 1803, Fen Fakültesi Yayınları No: 115, İstanbul: 1973.

Çetin, E. T., İmmünoloji. İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi Vakfı No: 1, İstanbul: 1981.

Darwin, C., İnsanın Türeyişi (Çeviren Yavuz Erkoçak), Sol Yayınları, Ankara: 1968.

Day, M. H., Der Mensch der Vorgeschichte. Delphin Verlag, İstanbul: 1969.

Day, W., Genesis on Planet Earth, Shiva Publishing Limited, London: 1981.

Demir, I., Genel Bitki Islahı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 212, İzmir: 1975.

Demirkan, H., Yıldızların Esrarı. Yeni Asya Yayınları, İstanbul: 1980.

Demirsoy, A., Revision der Anatolischen Pamphaginae (Saltatoria, Caelifera, Pamphagidae). Ent. Mit. Zool. Mus. 4, No: 83, 403-428, Hamburg: 1973.

Demirsoy, A., Türkiye Caelifera Faunası. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 488, Erzurum: 1977.

Demirsoy, A., Yaşamın Temel Kuralları (Genel Zooloji), Cilt 1., Hacettepe Üniversitesi Yayınları, A 28, Ankara - Beytepe: 1979.

Demirsoy, A., İletişimin Biyolojik Evrimi. Bilişim, Sayı: 15, 20-22, Ankara: 1982.

Demirsoy, A., Yaşamın Temel Kuralları (Omurgasızlar), Cilt 2., Hacettepe Üniyersitesi Yayınları, A 41, Ankara - Beytepe: 1982.

Derman, H., Moleküler Biyoloji. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Rektörlük No. 1507, İstanbul Tıp Fakültesi Yayınları, No: 77, Baha Matbaası, İstanbul: 1970.

Ditfurth, V. H., Im Amfang war der Wasserstoff. Hoffman und Campe, Hamburg: 1973.

Dobzhansky, G., Genetics of the Evolutionary Process. Columbia University Press, New York: 1970.

Eaton, Th., Evolution. Norton, New York: 1970.

Eibl-Eibesfeldt, I., Grundriss der vergleichenden Verhaltensforschung (Ethologie). R. Piper und Co Verlag, München 1969.

Elliott, A. M., Zoology Meredith Corporation, New York: 1968.

Ertel, R., et al, Arch. Biochem. Biophys. 128, 331: 1968.

Falconer, D. S., Introduction to Quantitative Genetics. The Ronald Press Company, New York: 1967.

Geissler, E., Molekular Biologie. Universität Rostock: 1970.

Geissler, E., Molekular Biologie.Meyers Taschenlexikon. Veb. Bibliographisches Institut, Leipzig: 1972.

Gevers, W., et al, Proc. Natl. Acad. Sci. 60, 269: 1968.

Gilbert, W., and B. Müller-Hill, Proc. Nat. Acad. Sci. Washington, 58, 5417: 1967.

Goldsby, R. A., Race and Races. Macmillan, New York: 1971.

Goodenough, V. a: R. P. Levine, Genetics. New York: 1974.

Grunberg, M., Manago et al, J. Mol. Biol. 40, 33: 1968.

Hamilton, M. P., ed. The New Genetics and the Future of Man. Grand Rapids, Michigan: Eardmans: 1972.

Hamilton, T., Process and Pattern in Evolution. Macmillan, New York: 1967.

Hasenekoğlu, İ., Evrim Teorileri ve Mutasyonlar. Yeni Asya Yayınları, İstanbul: 1977.

Heisenberg, W., Der Teil und das Ganze, München: 1973.

Heisenberg, W., Denken und Umdenken. R. Piper und Co. Verlag, München: 1977.

Herrlich, P. et al, Hoppe Seyler's Z. Physiol. Chem. 348, 1207: 1967.

Hickman, C. P., Integrated Principles of Zoology. The C. V. Mosby Company, St. Louiss: 1966.

Hollis, V. W., et al, J. Biol. Chem. 243, 4926: 1968.

Imura, N., et al, Nature. 217, 825: 1968.

Iwasaki, K., et al, Arch. Biochem. Biophys. 125, 542: 1968.

Joachim, H., Modernen Biologie. Knaurs Verlag, München: 1967.

Jost, M., et al, Nature. 218, 1217: 1968.

Kaempfer, R., Nature. 222, 950: 1969.

Kaji, H., Biochemistry. 7, 3844: 1968.

Karataş, Ş., Genetik. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No: 365, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 171, Ders Kitapları Serisi, No: 27. Sevinç Matbaası, Ankara: 1975.

Kelley, W. S., et al, J. Mol. Biol. 42, 599: 1969.

Keyl, H. E., Chromosoma (Berl.), 17, 139: 1965.

Kolakofsky, D., et al, Proc. Natl. Acad. Sci. 61, 1066: 1968.

Kolosimo, P., Başka Dünyaların Tanrıları (Çeviren Nihal Önol), Altın Kitaplar Yayınevi, İstanbul: 1974.

Kosswig, C. ve A. Şengül, Umumi Zooloji. Şirketi Mürettibiye Basımevi, İstanbul: 1955.

Kössel, H., et al, J. Mol. Biol. 26, 449: 1967.

Kuru, M., Moleküler Biyoloji, Biyoloji Bölümü Ders Notları, Erzurum: 1976.

Kühn, A., Grundriss der Vererbungs-Lehre. Quelle und Meyer, Heidelberg: 1950.

Kühn, A., Grundriss der Allgemeinen Zoologie. G. Thieme-Verlag, 19. Aufl. Stuttgart: 1967.

Laycock, D. G., et al, Nature 221, 1118: 1969.

Leakey, L.S.B., İnsanın Ataları (Çeviren Güven Arsebük); Türk Tarih Kurumu Yayınları, X Seri-Sa. 5, Türk Tarih Kurumu Basımevi, Ankara: 1971.

Lerner, I. M., Heredity, Evolution, and Society. Freeman, San Francisco: 1968.

Lester, P. und J. Millot, Grundriss der Anthropologie. Verlag von Morita Schauenburg, Lahr: 1947.

Lieberman, P., The Speech of Primates, The Hague, Mouton: 1972.

Lindahl, T., et al, Bio. Chem. 242, 3129: 1967.

Lyon, M. F., Nature, London, 190, 372: 1961.

Maden, B. E., Nature 219, 685: 1968.

Mayr, E., Art Begriff und Evolution. Paul Parey, Hamburg ve Berlin: 1967.

Morell, P., et al, Biochemistry 7, 1141: 1968.

Mc Kusick, V. A., Human Genetics. Prentice-Hall, London: 1964.

Mulnar, S., Races, Types, and Ethnic Groups. Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall: 1975.

Morris, D., The Naked Ape. McGraw-Hill, New York: 1967.

Muto, A. J. Mol. Biol. 36, 1: 1968.

Nagle, J., Heredity and Human Affairs. Mosby, St. Louis: 1974.

Noyan, A., Fizyoloji (Ders Kitabı), Anadolu Üniv. Yay: 2, METEKSAN Limited Şirketi, Ankara: 1980.

Oakley, K. P., Man the Teolmaker. British Museum, London: 1972.

Ochoa, S., Naturwissenschaften. 55, 505: 1968.

Oparin, A. I., Genesis and Evolutionary development of life. Academic Press, New York: 1968.

Orgel, L. E., The Origins of Life. Wiley, New York: 1973.

Oshio, Y., et al, Plant Cell Physiol. 9, 69: 1968.

Otani, S., et al, Biochem. Biophys. Res. Comm. 33, 620: 1968.

Otha, T., et al, J. Mol. Biol. 26, 519: 1967.

Parker, H. W., Natural History of Snakes. London: 1965.

Pavan, C., Cold Spr. Harb. Symp. Quant. Biol. 21, 230: 1956.

Penrose, L. S., Einführung in die Humangenetik. Springer-Verlag, Berlin: 1965.

Perry, R. P., Progr. Nucleic Acid Res. 6, 219: 1966.

Piatigorsky, J., Biochim. Biophys. Acta 166, 142: 1968.

Pollard, L. W., et al, Biochemistry. 7, 1153: 1968.

Revel, M., et al, Proc. Natl. Acad. Sci. 51, 810: 1964.

Revel, M., et al, J. Mol. Biol. 33, 231: 1968.

Revel, M., et al, Nature. 219, 1016: 1968.

Rhodes, F. H. T., H. S. Zım a. P. R. Shaffer: Fossils. Golden Press, New York: 1962.

Rich, A., "in Structural Chem. and Mol. Biol.", W. H. Freeman and Co.: 1968.

Romer, A. S., The Vertebrate Story, Chicago: 1959.

Romer, A. S., Vergleichende Anatomi der Wirbeltiere. Paul Parey, Hamburg: 1966.

Salthe, S., Evolutionary Biology. Holt, Rinehart and Winston, New York: 1972.

Samarina, O. P., et al, J. Mol. Biol. 33, 251: 1968.

Schneider, J. A., et al, Biochem. Biophys. Res. Comm. 33, 177: 1968.

Schwartz, V., Vergleichende Entwicklungs-Geschichte der Tiere. G. Thiem Verlag, Stuttgart: 1973.

Shelton, E., et al, J. Mol. Biol. 22, 23: 1966.

Simpson, G. C., and W. S. Beck, Life. Harcourt; New York, Chicago: 1965.

Simpson, G. G. The Meaning of Evolution. Bantam Books, New York: 1971.

Snedecor, G. W. and W. G. Cochran, Statistical Methods. The Iowa State University Press, Iowa: 1967.

Spirin, A. S., et al, Science 150, 214: 1965.

Srb, A. M. and R. D. Owen, General Genetics. W. H. Freeman and Company, London: 1952.

Stanier, D. A., The Microbial World. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. N. J.: 1963.

Stebbins, G. L., Processes of Organic Evolution. Prentice-Hall, New Jersey: 1966.

Stempell, W., Zoologie im Grundriss. Berlin: 1935.

Stern, C., Principles of Human Genetics. Freeman and Company, London: 1960.

Storer, T. I. and R. L. Vsinger. General Zoology. McGraw-Hill Book Company, New York, Toronto, London: 1957.

Strickberger, M. W., Genetics. Collier-Macmillan Limited, London: 1968.

Subramanian, A. R., et al, Proc. Nat. Acad. Sci. 61, 768: 1968.

Sundharadas, G., et al, Proc. Natl. Acad. Sci. 61, 693: 1968.

Sutton, E. H., An Introduction to Human Genetics. Holt, Rinehart and Winston, London: 1965.

Şengül, A. ve N. Şahin, Evolusyon. Güven Kitabevi Yayınları, Ankara: 1980.

Şimşek, Ü., Big Bang "Kainatın Doğuşu". Yeni Asya Yayınları, İstanbul: 1980.

Takagi, M., et al, Biochem. Biophys, Acta, 142, 155: 1967.

Tolunay, M. A., Özel Zooloji Cilt I. Omurgasızlar. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları Um: 64, Zooloji 1. Şirketi Mürettibiye Basımevi, İstanbul: 1953.

Tolunay, M. A., Genel Zooloji. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları Um: 91, Zooloji 3, Ankara: 1960.

Tolunay, M. A., Özel Zooloji. Omurgalılar. Cilt II. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları Um: 64, Zooloji 1, Ankara: 1976.

Traeger, L., Einführung in die Molekularbiologie. Gustav-Fischer Verlag, Stuttgart: 1969.

Vazquez, D., et al, Biochim. Biophys. Acta, 142, 155: 1967.

Verschuer, O. F., Genetik des Menschen. Urban und Schwarzenberg, München und Berlin: 1959.

Villee, C. A., W. F. Walker and R. D. Barnes, General Zoology. W. B. Saunders Comp Philadelphia, London, Toronto: 1973.

Wallace, B., Genetics, Evolution, Race and Radiation Biology. Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall: 1972.

Watson, J. D., Molecular Biology of the Gene, W. A. Benjamin, Inc., London, Amsterdam, Sydney: 1976.

Weber, H. u. H. Weidner, Grundriss der Insektenkunde. Gust. Fischer Verlag, Stuttgart: 1973.

Weiser, W. J., Uzay Bilgisi (The Space Guidebook), (Çeviren Ender Gürol), Varlık Yayınevi, İstanbul: 1964.

Weiss, P., et al, Proc. Natl. Acad. Sci. 59, 763: 1968.

Wickler, W., Mimikry, Nachahmung und Täuschung in der Natur. Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt am Main: 1973.

Willems, M., et al, J. Mol. Biol. 32, 211: 1968.

Winchester, A. M., Genetics. Houghton Mifflin, Boston: 1971.

Winchester, A. M., Human Genetics. Charles E. Merrill Co., Columbus, Ohio: 1975.

Winchester, A. M., Heredity, Evolution and Humankind University of Northern West Publishing Company, Colorado: 1975.

Wurmbach, H., Lehrbuch der Zoologie. Band I, Allgemeine Zoologie und Ökologie. Gustav-Fischer Verlag, Stuttgart: 1970.

Zimmerman, E. F., et al, Biochemistry 8, 2683: 1969.

FİHRİST

—A—

Abbevillian (chellean) Endüstrisi, 751
ABRAHAM LİNCOLN, 260
Achromatophobia, 707
Acricotopus, 392
Acrometapa, 613
Actinistia, 493
ADAMS, 347
Adapis, 726
Adapis parisiensis, 727
Adaptif enzimler, 372
Adenin, 285
ADOLPH HİTLER, 878
Aegilops, 776
Aegyptopithecus, 736
Agammaglobulinemia, 555, 841, 881
Agglutin, 406
Agglutinat, 406
Aggregat enzimi, 308
Akinase, 608
Aktif bağışıklık, 403
Akrozom, 223
Akrosentrik kromozomlar, 209
ALEXSANDER FLEMİNG, 97
ALEXSANDER RİCH, 343
ALFRED WALLACE, 472
Alkaptonüri, 361
Allelmorfik özellikler, 227
ALLEN GARDNER, 789
Allen Kuralı, 543, 544, 697
Alligator, 500, 540, 543
Allograpta obliqua, 662
Allopoliploidi, 567
Allosterik etki, 368
Allotheria, 511
Alternatif modifikasyon, 601
Alticamelus, 541
Alttür, 695
Amauris echeria, 637
Amauris niavius, 637
Amip, 157, 212
Ammophila sp., 639
Amoeba polypodia, 213
Amphidesmus, 634
Amphioxus, 530
Anabiyoz, 621
Anadonta, 78
Ananın dolaylı etkisi, 453
Anchitherium, 714
AND, 553
ANDERSON, G., 182
Androjene-duyarsızlık geni, 129
Anencephali, 448
Angiosperm, 71, 105, 409, 502, 505, 701
Anguilla vulgaris, 666, 667
Annelida, 120, 488, 489, 508, 524
Anophthalmi, 449
Anthozoa, 489
Anthropoidea, 719, 720, 729, 732
Anthroposentrik görüş, 715
Anthropozoyik, 513
Antihemofilik globulin, 139
Antikodon, 311, 332
Antikor, 404, 549
Antinorii niaviodes, 638
Antijen, 404, 549
Antijenite taşıyıcısı, 410
Antithetik döl almaşı, 126
Aphidae, 619
Apo-repressör, 381
Ara, 547
Arachnoida, 491
Araschnia lavana, 619
Archaeolemur, 727
Archaeopteryx, 502, 503
Archosaurus, 500
Argininemia, 879
Arisaema japonica, 118
ARİSTO, 200, 201, 461
ARNO, A., 19
Arpanın evrimi, 777
ARRHENİUS, 44
Arthropoda, 71, 489
ARTHUR, C. CLARKE, 192
ARTHUR JENSEN, 854
Artı sapmalar, 601
Artiodactyla, 510

Arum, 106, 107
Ascaris, 225, 429, 440, 532, 683
Ascaris megalocephala, 207
Ascidia, 432
Ascomycetis, 112
Asil kan, 200
Asilidae, 633
Asparargus, 125
Atavismus kalıntıları, 526
ATIF ŞENGÜL, 605
Atlarda kan faktörü, 453
Atkuyrukları, 117
Attardi, 320
AUERBACH C., 589
AUGUST WEİSMANN, 202
Aurignacian Endüstrisi, 752
Astrachan, 313
Australopithecinae, 741, 742, 743, 744, 745, 747, 748, 751, 756
Australopithecus, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 758, 760
Australopithecus africanus, 744, 745
Australopithecus robustus, 744, 745
Autopoliploidi, 567
Autotomi, 613
Autozomal renk körlüğü, 139
Auxrepressör, 385
Avana fatua, 778
Avana sativa, 778
Ayrılımın Yasası, 205

— B —

Bacillus brevis, 357
Bacillus subtitis, 321
Bacterium clostridium, 405
Bacterium megaterium, 328
Bağımlı farklılaşma, 434
Bağlama enzimi, 352
Bağlantı grubu, 238
Bağlayıcı faktör, 346
Bakır Devri, 766
Balanus, 623
Balbiani bilezikleri, 389
Balık pulluluk, 145
Bar duplikasyonu, 561
BARNETT, 341
Barr cisimciği, 399
BARREL, 495
BATESON, 238
Baskı maddesi, 366
Baskın özellikler, 205
Başat özellikler, 205
BEATRİC, 789
BECKER, 392
BECQUEREL, F. H., 582
BEELEY, 317
BEERMANN, 392
Benliğin evrimi, 183
Bennetites, 499
BENTLEY, G., 706
Bergmann Kuralı, 542, 543, 697
BERGQUİST, 327
BERKNER, 37, 38
BERNHARD HASSENSTEİN, 183
BERSTEİN, 798
BEUTNER, 46
Big-Bang, 23
Bir enzim bir gen, 62
Bireysel bilincin evrimi, 155
Bileşik Alanlar Kuramı, 18
Bison, 544
Bivalvia, 605
Biyosonöz, 605
BJÖRK, 331
BLAKESLEE, 564
Blastophaga, 107
BLOBEL, 328, 329
Boisei, 741
Bombay fenotipi, 551
Bombay tipi kan, 860
Bombus, 106, 631, 632
Bombyliidae, 632
Bombylius, 632
Bonellia viridis, 118, 119
BONNER, J., 442
Borhyaena, 509
BORN, 5
Bos brachyceros, 783
Bos grunniens, 699
Bos longifrons, 783
Bos namadicus, 784
Bos primigenius, 14, 783
Bos taurus, 699
Bos taurus indicus, 784
Bothriolepis, 492
Bovis, 544
Bozuk dentin, 141
Bozuk kan, 200
Brachiopoda, 488, 489, 499, 833, 834
Brachiosaurus, 500
Brachyphalangy, 594
Bradypus, 547
Brassica oleracea, 567
BRETSCHER, 351, 353
BRİGGS, 217, 430, 440
BROGLİE, 5
Brontosaurus, 500
Bronz Devri, 766
BRUSKOV, 353
BUCK, 341
BUFFON, 466
Buğdayın evrimi, 774
BUMPUS, 649

— C —

CALLAN, 395
Callithrix, 723, 730
CALVİN, 46
Canis dingo, 547
Canis lupus arabs, 781
CANNABİS, 128
Capra hircus aegagrus, 782
Capreotus, 544
Carcinus maenas, 527
CARLETON COON, 768, 772
Carnivora, 509
CARPERSON, 572
Catagramma, 610
Catarrhina, 734
Catarrhine, 729
Catarrhini, 715, 730
Catena yapıları, 284
Cebidae, 547
Ceboid, 508
Ceboidea, 729
Cebus, 729, 730
Celtis, 776
Cenea, 638
Cephalopoda, 499
Cercopithecidae, 547, 731
Cercopithecoid, 508
Cercopithecoidea, 720
Chaca chaca, 660
CHAPEVELLE, 343
CHARLES DARWİN, 463, 466
CHARLES LYELL, 467
CHARLES YANOFSKY, 294
CHAUDHURİ, 324, 329
Chironomus, 301, 390, 391, 392
Chlamydomonas, 108, 109, 110, 125
Chlamydomonas eugametos, 125, 126
Chlamydomonas oogama, 125
Chlorella, 85
Choanychtyes, 493
Choeropithecus anubis, 730
Chondrichtyes, 493
Chondrodystrophic cücelik, 590
Chondrodysplasi, 448
Chordata, 529, 531
Chrysopa, 617
Cicinnurus regius, 677
Ciğerli balıklar, 492
Cilalı Taş Devri, 751
Ciliata, 104, 153
Cis durumu, 362, 366, 379
Cistron, 364, 366
CLARENCE DARROW, 464
CLARKE, 745
Clavier testaceus, 631
CLEVER, 392
Climatius, 492
CLYDE KEELER, 687
Co-repressör, 381
Colchicum, 216
Colchisin, 216
Colchicum autumnale, 569
Colinear zincirler, 294
Coloborhombus, 633
Concatenate, 454
Condilartka, 510
Cooley anemisi, 862
Cope Kuralı, 542
Cordait, 499
Coronella, 635
CORRENS, 204
COTTER, 320
Cotylosauria, 499
Cotylosaurus, 500, 514
CRAMER, 333
Cratena coerulea, 625
Creodonta, 509
Crepidula, 118
CRİCK, 342
Crocodil, 500
Crossopterygii, 493, 495, 520, 521
Crustacea, 489
Ctenophora, 489
Cuculus canorus, 639
Culex pipiens, 454
CURT KOSSWİG, 605
CUZİN, 354
Cücelik hastalığı, 425
Cycad, 499
Cycadofilicales, 499
Cyclosomia, 611

— Ç —

Çekinik üyesizlik geni, 820
Çekirdek asitleri, 280
Çekirdekçik, 397
Çeltiğin evrimi, 778
Çinçila, 260

— D —

Dalga mekaniği, 5
Dalmanites, 489
Danais chrysippus, 637
Daphnia, 569
Darının evrimi, 778
DARROW, 464
DARWİN, 99, 201, 202, 203, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 479, 525, 540, 596, 643, 651, 674, 676, 688, 774, 758
Dasyurus, 547
Datura, 564

DAUBENTONİA, 724
DAVİD LACK, 683
DAVİDSON BLACK, 747
DAVİS, 737
DAYHOFF, 61
DE KLOET, 328
DE VRİES, 204, 564
Değişken sıcaklı hayvanlar, 171
Dekstral tip, 452
Delichon, 671
Deltatheridium, 726
Deme, 695
DEMEREC, 370
Demir bakterileri, 89
Demir Devri, 767
DEMİRSOY, 696
Denaturasyon, 284
Deneysel olasılık, 444
Dengelenmiş polimorfizm, 654
Dengelenmiş translokasyon, 563
Dereprime etme, 419
Determinasyon, 429
Determinant gruplar, 410
Deuteran tip, 139
DİCKE, 23, 24
Didea fuscipes, 662
Didus ineptus, 664
Dihibrit kalıtımı, 232, 263
Dinichthys, 491
Dinichties, 492
Dinosaurus, 500
Dinoflagellata, 208
Dinotherium, 711
Diodon maculatus, 612, 614
Dioecious, 104
Dionysus, 638
Diphyllodes magnificus, 677
Diplodocus, 500
Diploit, 207
Diploten, 219
Diplovertebron, 496
Dipnoi, 495
Dipter, 632
Discoplana, 624
Discoxenus lepisma, 630
Disgammaglobulinonemia, 555
Dismorphia, 633
Divergent evrim, 652
Diyakinez, 219
DNA polimeraz, 297
Doğal bağışıklık, 402
Doğal seçme, 643
Dollo Kuralı, 171, 542
Dominant özellik, 205
Dominantlığın Yasası, 205
Dopller effekti, 8
Dormanz durumu, 874
Dorylid, 630
Dorylostethus wasmanni, 631
Doryloxenus transfuga, 630
Douroucoulis, 729
Döl almaşı, 112
Döl değişimi, 112
Drosophila, 122, 123, 128, 143, 146, 166, 241, 246, 321, 362, 364, 365, 391, 392, 456, 540, 561, 569, 573, 585, 597, 705
Drosophila melanogaster, 123, 137, 207, 240, 363, 390, 392, 562
Drosophila'da CO_2 bozukluğu, 456
Dryopithecus, 737, 738, 739
DUBOİS, 747
Dugesia, 179
Durum etkileşmesi, 246, 563
Düzenlenme, 396
Dyad, 220

— E —

Ecdyson, 392
Echerichia coli, 282, 285, 297, 298, 299, 300, 303, 313, 341, 343, 346, 352, 370, 410, 588
Echidna, 505, 547
Ecitomorpha simulans, 630
EDMUND CRELİN, 762
EDUARD, STRASBURGER, 204
EDUARD VAN BENEDİN, 204
EDWARD VERHÜLSDONK, 191
EDWARD LAMBERT, 145
EHRLİCH, 421, 422
Effektör, 368, 377
EİNSTEİN, 5, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24
Eksitasyon evresi, 184
Elaps, 635
Elaterid, 609
Elateridae, 608
EİGSTİ, 572
Elektromanyetik ışınım, 581
Elaphas, 711, 713
Elaphas antiquus, 750, 753, 758, 759
Elusine, 778
EMPECDOCLES, 200, 201, 461
Endomtozis, 208
Endopoliploidi, 567
Endositosis, 880
Endosperm çekirdeği, 117
Entamoeba histolytica, 427
Eoanthropus, 744
Eohippus, 646, 510, 834
Eohippus (= Hyracotherium), 714
Eosen, 505, 511
Ephemeroptera, 677
EPHRUSSİ, 454
Epihippus, 714
Epigenesis, 429

Episom, 283
Epistasi, 253
Epistat, 253
Equisetum, 117
Equus, 646, 714, 834
Equus asinus, 781
Equus cabellus, 714
Equus hemionus hemippus, 781
Equus prezewalskii, 714
ERASMUS DARWİN, 466
ERİCH VON HOLST, 186
Eristalidae, 632
Eristalis, 632
Eristalis tenax, 662
Erithacus, 544
Erseliklik, 104
ERTEL, 351
Erytroblastosis, 552
Esir maddesi, 7
Eşey kromatini, 399
Eşeysel kromozomlar, 120
Euchalaena mexicana, 698
Eudorina, 155
EUGENE DUBOİS, 747
Eugenik önlemler, 230
Euhermafroditusmus, 134
Eukromatik, 209
Euphorbia purcherima, 701
Eurycorypha, 631
Eurypterid, 491
Eurypterus remipes, 491
Eutheria, 505
Evrenin nefes alması, 23
Evrenin nefes vermesi, 23, 25
Evrensel bilinç, 195
Evrensel düşünme, 195
Evrimin tekrarı, 526
Ezeli Oluşum Kuramı, 429
Ezeli patlama, 23

— F —

Fagositler, 415
Farelerde meme kanseri, 452, 453
Fasciola, 166
Fenilketonüri, 361, 840
Fenokopi, 443
Fenotip, 231, 548
Fırlatma bölgesi, 350
First Flial Genaration, 205
FİTZROY, 473
FLACCOURT, 727
Flagellata, 223
FLETCHER CHRİSTİAN, 390, 704
Foraminifera, 157
FORD, 644
FOX, 60
FRANCESCO REDİ, 45
FRANCİS CRİCK, 280
Frageria, 128
*Frageria'*da eşey saptanması, 128
FRANKLİN ROOSEVELT, 838
FRİEDRİCH MİESCHER, 280
Fringilla, 671

— G —

Galago, 722, 727
Galaktozemia, 841, 879
GALİLEİ, 6, 7
Gametofit, 112, 226
Gamma globulin eksikliği, 841
GARROD, 361
Gaus Kuralı, 544
Geçişli veya kademeli modifikasyon, 599
Gen havuzu, 795
Gen amplifikasyonu, 209, 397
Gen penetransı, 264
Generatif kutu, 157
Genesis, 460
Genetik yüklenme, 842
Genetik ölüm, 679
Gonium kolonisi, 154
Genotip, 452, 548
Gentiana campestris, 602
GEORGE SİMPSON, 647
GEORGES CUVİER, 461
GEORGES UNGAR, 178
Gerantoloji, 428
Germ plazma, 202
Germ Plazma Kuramı, 202
Germinatif hücreler, 208
GEVERS, 357
Gibberella fujikuroi, 583
Gibbon, 547
GİERER, 397
GİLBERT, 385
Giganthopithecus, 737
GİORDANO BRUNO, 20, 21
Gloger Kuralı, 542, 697
Glossodoris porterae, 625
Glyptodon, 772
Globulin, 405
Gonium, 154, 155
Gonorrhea, 838
Gonozom, 120
Gossipium arboreum, 567
Gossipium barbadenze, 567
Gossipium hirsutum, 567
GOTTESMAN, 673
GREEN, 362
Gregar evre, 669
GREGOR JOHNN MENDEL, 204
GROBSTEİN, 431, 443, 444
GRUNBERG-MANAGO, 348

Guanin, 285
Güvencin göğüslülük, 260
Gymnosperm, 71, 499, 500, 505
Gynander, 147

— H —

Habrobracon, 619
Habrobracon juglandis, 600
HAECKEL, 526, 747
HENSHAW, 316
Hafızalı hücreler, 421
HALDANE, 46
Hapalidae, 547
Haplobiyont, 124
Haploit, 208
HARDY, G. H., 796
Hareket maddesi, 366
Hardy-Weinberg Kuralı, 469, 547, 707, 796, 807, 821
HARTMAN, 370
HAUROWİTZ, 418
HEGEL, 18
Heidelberg insanı, 753
HEİSENBERG, 5
Heliozoa, 157
Hemagglutinasyon, 406
Hemicyclaspis, 490
HENSLOW, 468
HERACLİTUS, 461
HERELLE, 65
Hermafroditlik, 104, 134
HERSHEY, 313, 314
Hesperonis, 502
Hestia, 636
Hestiasula sarawaka, 614
Heterogametik, 122
Heterogrami, 109
Heterokromatik, 209
Heterosis, 263
Heterozigot, 227
Heterozis, 655, 698
Hibrit, 227
Hibrit gücü, 655
Hibrit tohum, 655
Hibritleşme, 263
Hidra, 516
Hipostat, 253
Hipparion, 714
Hippocampus, 680
Hippocoon, 638
Hippopotamus, 547, 750
Hippopotamus gorgops, 759
HOFMEİSTER, 207
HOAGLAND, 329
Holarktik, 546
HOLGER HYDEN, 178
Homeostatit tepki, 64
HOLLİS, 352
Holo-repressör, 381
Hominid, 647
Hominidae, 735, 739, 741, 742, 744, 747
Hominoidea, 508, 720, 735, 736, 737, 745
Homo, 166
Homo erectus, 745, 747, 748, 756, 758, 760, 762, 763, 772
Homo habilis, 743
Homo heidelbergensis, 753
Homo neanderthalensis, 759, 760, 761, 762, 763
Homo nousteriensis, 760
Homo primigenius, 761
Homo rhodesiensis, 764
Homo sapiens, 432, 433, 435, 436, 437, 440, 717, 735, 745, 748, 753, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 772
Homo sapiens neanderthalensis, 759, 760
Homo sapiens sapiens, 760, 766
Homo soloensis, 764
Homo steinheimensis, 758
Homogametik, 122
Homogentisik asit, 361
Homoiotherm, 174
Homozigotluk, 227
Homoziyotluk, 227
Hordeum agriocrithon, 777
Hordeum distichum, 777
Hordeum hexastichum, 777
Hordeum spontaneum, 775, 777
Hordeum tetrastichum, 777
HOYLE, 29
HUBBLE, 18, 21
HUGO DE VRİES, 203
Huntington hastalığı, 870
HUTTON, 467
HUXLEY, 473
Hücre bölünme hormonu, 216
HYDEN, 178
Hyla arborea, 613
Hylobates, 722
Hylobatidae, 734
Hymenoptera, 619, 631, 632, 639
Hypodonti, 448
Hypohippus, 714
Hyrachotherium, 510

— I —

Ichthyosaurus, 501, 507, 651, 653, 703
Ichtiosauria, 499
Ichtiostaga, 496
IMMANUEL KANT, 21, 29
IMURA, 339
INGRAM, 538, 539

Insecta, 166
Insectivora, 507, 508, 722
Ipomaea batatas, 774
Irk zinciri, 696
Ithomia, 633
Ithomiidae, 635
IWASAKİ, 348
IVANOWSKY, 65
IVES, 10

— K —

Katastrofizm = Tufan Teorisi, 467
Kazanılmış bağışıklık, 402
Kazanılmış özelliklerin kalıtımı, 203
KELLEY, 325
KENDREW, 538
KENNETH MATHER, 656
Kenyapithecus, 739
Keratinizm, 840
Kesikli ya da açılımlı seçme, 831
Kesin olasılık, 444
Kesinsizlikler ya da Belirsizlikler Kuramı, 5
KETTLEWELL, 644
KEYL, 397
KHORANA, 293, 300
Kıllı kulak, 144
Kış uykusu, 620
Kıvrılmalar = Orojenezler, 483
Kıyametin oluşumu, 25
Kızana gelme, 222
Kiazma, 219
KİDD, 553
Kidd-Faktörü, 553
Kilit kaidesi, 371
Kilit kapağı, 371
Kinetokor, 208
Kimyasal evrim, 52, 430
KİNG, 217, 430, 440
Kiyazma, 219
Koadaptasyon, 628
KOCH, 463, 838
Kodominantlık, 231
Kodon, 281
KOLAKOFSKY, 350
Kolşisin, 570
Konstitutif enzimler, 371
Konvergent = Daralan evrim, 653
Kornberg, 298, 299, 300
Koşullandırma, 606
KÖLREUTER, 202
KÖSSEL, 327
Kriperlik, 593
Kris-kros kalıtım, 137
Kritik devre, 431
Kromatit, 209, 218
Kromomer, 209
Kromonema, 209
Kromotip, 452
Kromozomların yapısı, 220, 409
Krossing-over, 219, 238
Kromatofor, 659
Kuantum Kuramı, 4, 5
KUROSAWA, 533
Kutup hücreleri, 221
Kükürt bakterileri, 89

— L —

Labyrinthodonta, 494
LAEVİS, 610
LAMARCK, 526
Lamarckizm, 201, 466
LAMARK, 526
Lamas, 547
Lamechusa strumosa, 631
Lampyridae, 636
Lampyris noctiluca, 638
LANDSTEİNER, 411, 551, 553
LANGDON DOWN, 574
Latimeria, 493, 514
LAYCOCK, 348
LEDERBERG, 96, 97, 98, 182, 658
LEİBNİZ, 7
Leiomyom, 400
Lemur catta, 724
Lemuroid, 508
Lemuriformes, 724
Lens esculenta, 780
LEONARDO DA VİNCİ, 467
Lepidodendrit, 494
Leptocephalus, 666
Leptocola giraffa, 628
Leptoten, 218
LERNER, İ. M., 655
Lethal gen, 592
Levalloisian ve Mousterian Endüstrileri, 751
LEVİNE, 553
LİGNİER, 488
Limnea, 452
LİNDAHL, 334
LİNSKENS, 327
Lineom, 283
Linguatilidae, 191
Lingula, 489
LİNNAEUS, 515
Linum bienne, 780
Linum nigricans, 780
Linum usitatissimum, 780
LİSTER, 463, 838
Lithinus, 629
Lizogenik durum, 879
Locustella, 671
LORENTZ, 9
Lorisiformes, 724, 725
Loxodonta, 547, 713
LULL, 495

Lumbricus, 166
Lycaenops, 499
Lycopodium, 495
Lycopsid, 494
Lycus, 634
LYELL, 468, 473
LYON, 398, 399, 400
Lyon varsayımı, 398
Lysogeni, 68
Lysogenik siklus, 68
Lytik siklus, 68
Lygaeus, 634
Lymantria dispar, 622

— M —

Macaca, 729
Macroclemys temminckii, 660
Macropus, 505, 547
Madde dalgaları, 5
MADEN, 323
Magdalenian Endüstrisi, 752
Magnolia, 540
Makrofajlar, 415
Makrosporangiyum, 114
Malus pumila, 780
Man the Toolmaker, 751
Manifastasyon, 246
MANFRED EİGEN, 53
Mantid, 626, 677
Mantodae, 625
MARCKER, 347
MARİE CURİE, 582
MARGİT NASS, 285
MARSHALL, 37, 38
Marsupialia, 505, 511, 512, 540, 547
MARY FORSTER, 686
Mastigoamobea, 152
Mastigophora, 152
Mastodon, 511, 512, 711, 772
Matriks, 209, 396
Matris varsayımı, 416
Matroklin, 452
MATTHAEİ, H., 292
MAX PLANCK, 5
MAXWELL, 5
Mayalarda solunum bozuklukları, 453
Maymunlar cehennemi, 790
Mayoz, 218
McCLUNG, C. E., 204
MECHELKE, 392
Medüz Devri, 488
Megaladapis, 727
Megaloceros, 647
Megaloceros giganteus, 646
Meganthropus, 747
Melandrium, 128
Melandrium album, 127
Melandrium'da eşey saptanması, 127, 128
Meles, 544
Melezlenme, 227
MELVİN CALVİN, 46, 485
Memeli ve Ot Devri, 505
MENDEL, 202, 203, 205, 206, 226, 228, 233, 234, 238, 247, 252, 585, 603, 795, 796
Mendel geni, 227, 365
Mendel populasyonları, 795
Mendel Yasaları, 204, 603
MERESCHKOWSKY, 79, 86
Mesohippus, 646, 714
Messenger RNA, 397
Messor, 620
Metasentrik kromozomlar, 208
Metatheria, 505
Metazoa, 529
Meteorit Kuramı, 29
Mezokaryotik hücreler, 208
Mısırın evrimi, 779
Mısırlarda eşeyselliğin değişimi, 128
Miamira nobilis, 625
MİCHELSON, 6, 7, 8
Microcebus, 723
Mikrophtalmi, 449
Mikrosporangiyum, 114
MİLLER, 46, 47, 48, 52, 53, 83
Mimeciton pulex, 630
Mimetismus, 629
Minus zinciri, 310
Miohippus, 714
Miosen, 505
Mirafra, 607
Mirounga augustirostria, 690
Mirounga leonia, 690
MİRSKY, A. E., 284
Miyosen, 511
Modifikasyon, 599
Modifikasyon eğrisi veya Gauss'un olasılık eğrisi, 601
Modifikatör genler, 227
Modifiye faktörler, 257
Moeritherium, 510, 711, 712
Moleküler yaratılış, 45
Monere, 85
Monoaster iğ iplikleri, 216
Monochirus guadriocellatus, 612
Monocious, 104
MONOD, J., 313, 368, 371, 377, 379, 441
Monotremata, 540, 547
MORELL, 320
MORGAN, 137, 210, 246
MORLEY, 6, 7, 8
Moryhippus, 714
Mrem, 586
MULLER, H. J., 331, 385, 583
Multipli myelom, 400
MULTON, 364

Mutajen faktör, 577
Mutajenik faktörler, 581
Mutasyon = Değişinim, 203, 335, 577
Mutasyon tipi, 598
Mygnimia, 633
Mymecophagidae, 547
Mytilus, 623
Myxoma, 71

— N —

Nabız Kuramı, 25
NAPİER, 737
Nautilus, 490, 834
Neanderthal, 760, 761, 762, 765
Nearktik, 544
Necrolemur, 723, 728
Negatif geotaksi, 672
Nematod, 191
Nemesia, 609
Neoceratodus forsteri, 169
Neolenus serratus, 489
Neolitik Devir, 751
Neurospora crassa, 341, 360
Neurosymploca, 634
NEWTON, 4, 6, 13, 14, 15, 473
Nicotiana sylvestris, 698
Nicotiana tabacum, 698
Nicotiana tabaccum, 540
Nicotiana tomentosa, 698
NİLSSON-EHLE, 256
NİRENBERG, 292, 293, 356
Nitrat bakterileri, 89
NİU, 431
Nokta mutasyonu, 577
Nondisjunction, 131
Notharctus, 727
Notochoerus, 759
Notopterus chitala, 612
Notorcytes, 547
Nucleoid, 282

— O —

OAKLEY, K. P., 751
Obelia, 516
Odonata, 497
OCHOA, 348, 351
Oedipoda, 624
Oedogonium, 110, 111
Oenothera lamarkiana, 203
Ogocophalus, 661
OLBERS, 15, 16, 21
Olduvai Endüstrisi, 731
Oligopithecus, 735
Oligosen, 505, 511
Oogonium, 225
Oosit, 221
Operatör gen, 336, 337
Oparin, 46
Operon, 366, 373
Ophiacodon, 496
Ophryotrocha peurilis, 120
Ophyoglossum vulgatum, 207
Opisthobranchia, 625
Opossum, 512, 649, 833
Orak hücreli anemi, 654
Oreopithecus, 739
Organizatör, 398, 436
Origin of Species = Türlerin Kökeni, 471, 472
Omithishia, 500
Ornithorhynchus, 505, 547
Orohippus, 714
Orthogenezis, 645
Oryza sativa, 778
OSHİO, 317
Osteichtyes, 254, 493
Ostracoderm, 490, 492
Ostrea, 602, 623
OTANİ, 357
OTHA, 340
Ovis, 544
Ovis ammon, 782
Ovis musimon, 782
Ovis orientalis, 782
Ovis vignei, 782
Ovulasyon, 225
Ovum, 226

— Ö —

Örnekleme olasılık, 445
Örümcek parmaklılık, 258
Özdeş zincirler, 294
Özelliklerin Bağımsız Kalıtımı Yasası, 205

— P —

Pachycophala pectoralis, 470
Paenungulata, 512
Pakiten, 168, 218
Palaemastodon, 711, 712
Palearktik, 544
Paleodictyoptera, 497
Paleolitik, 751
Paleolitik insan, 751
Paleoniscoidei, 493
Paleopterygii, 493
Paleosen, 505, 511
Pan, 722
Pandorina, 154, 155
Pangenezis, 201
Panicum callosum, 778
Panicum miliaceum, 778

Panmixis, 795
Papilio, 148
Papilionidae, 636
Papilio dardanus, 638
Papilio idaloides, 636
Papilio machaon, 636
Papilio merope, 636, 637
Papilio podalirus, 636
Parabiose, 427
Parahippus, 714
Paramecin, 450
Paramecium, 102, 214, 600, 601
Paramecium bursaria, 86, 87, 161
Paramecium caudatum, 152
Paranthropus, 741
Parapithecus, 736
Parus ater, 684
Parus major, 695
Parus major aurupeus, 695
Parus major japonicus, 695
PASCUAL JORDAN, 85
Pasif bağışıklık, 403
PASTEUR, 45, 838
PASTOR, 462
Patella, 622, 623
PATRİCİA JACOBS, 134
PAUL, 421
PAVAN, 397
Pavonidae, 547
Pelargonium, 452
Pelecypoda, 489
Pelli fabbroniana, 126
Pelycosaurus, 497
Penetrans, 246
Pennisetum, 778
Pennsilvanien, 496
Pentostomid, 191
PENZİAS, 19, 23, 29
Pepsin eksikliği, 840
Peptidiltransferaz, 352
Peptit bağı, 352
Periophtalmus, 168, 169
Peripatus, 489
Perissodactyla, 510
PERNİCE, 570
PERRY, 321
PERUTZ, 538
Petauroides, 547
Pezophaps solitarius, 664
PFLÜGER, 46
Phagocyt, 415
Phalaentoptilus nutlallii, 620
Phasmid, 628
Phasmidae, 626
Phausis splendidula, 638
Philetaerus socius, 670
Philosophie Zoologique, 465
Phiomia, 712
Phoxinus, 616, 617
Phoxinus laevis, 617
Phrynelox scaber, 661
Phyllium, 626, 627
Phyllodes, 628
Phyllostomotidae, 547
Phytol, 485
Pica, 544
Pierid, 635
Pieridae, 635
Pieris, 618
PİERRE, 582
Pirimidin, 285
Pirofosforilaz, 340
Pisum sativum sub sp. *elatius,* 780
PİTAGOR, 200
Pithecanthropus alalus, 747
Pithecanthropus erectus, 741, 747
Placoderm, 492, 493, 514
Planaria, 178, 179
Planemoides, 638
Plasmid, 283
Plastein, 357
Plathelmintes, 166
Platyrrhine, 721
Platyrrhini, 729
Plazma hücreleri, 415
Plazmablast, 401, 406
Plazmotip, 452
Pleiotropi, 227
Pleistosauria, 499
Pleistosaurus, 501, 507
Pleistosen, 513
Plesiadapidae, 726
Plesianthropus, 741
Pleurobranchaea luniceps, 625
Pleuronectes, 615
Pleuronectidae, 614
Pliohippus, 510, 714
Pliopithecus, 736
Pliosen, 505
Pliyosen, 512
Plus zinciri, 310
Pneumococcus, 410
Poikloterm hayvanlar, 171
Polio virüs, 535
Polarite, 327
Poliploidi, 208
Poliploitleşme, 216
Poliribozom, 345
Polisomati, 568
Politeni, 568
Polizom, 325
POLLARD, 357
Polophus, 626
Polyclad, 625
Polycladidae, 624

Pompilus, 634
Pongid, 739
Pongidae, 720, 734, 735, 739, 742, 744
Pozitif geotaksi, 672
Pradisaea minor, 677
Pradisaeidae, 671
Pradisaea rudolfi, 677
Preadaptasyon = Önuyum, 658
Predeterminasyon, 432, 452
Preformasyon, 429
Prehistorik Devre, 749
Prekambirium, 488
Presipitat, 405
Presipitin, 400
Presipitation, 405
Primat, 508, 511, 513, 532, 538
Primates, 508
Primatlar, 718, 719, 723
Primer oosit, 225
Primer spermatosit, 222
Primula sinensis, 601
Prioneris, 618
Pristan, 485
Proboscidea, 510, 712
Proceros concinus, 624
Procerus, 611
Proconsul, 737, 746, 758
Proconsul africanus, 737
Profaj, 69
Profaj durumu, 68
Promotor, 386
Propliopithecus, 736
Prosimian, 508
Prosimii, 719, 720, 721, 725
Prospektif potens, 433
Protan tip, 139
Protococcus, 108
Proteinazlar, 357
Proteinoid mikrosfer, 60
Prothallium, 114
Protopterus, 495
Prototheria, 505
Protopterus annectens, 169
Prototheria, 505
Protorepressör, 385
Pseudammomanes, 608
Pseudoallel, 227, 366
Pseudohermafroditlik, 134
Pseudohipertrofik kas erimesi, 142
Psilophyton, 491
Psilopsid, 488, 491
Pisum sativum arvense, 780
Psittirus, 631, 632
PTASHNE, 385
Pteranodon, 500
Pteraspis, 490
Pterolepis, 490
Pterosaurus, 507, 651
Ptilocercus, 723
Puff, 389
Pulsiyon Kuramı, 25
PUNNET, 228, 234, 238, 256
Punnet karesi, 228
Purin, 285

— Q —

Quasare, 21

— R —

Rad, 586
Radiolaria, 157
RADLEY, 533
Ramapithecus, 739, 741, 758
Rana pipiens, 616
Raphanobrassica, 567
Raphanus sativus, 567
RAPPAPORT, 589
Rasemaz, 357
Rastgele eğrisi (binominal eğrisi), 601
RAY, 515
Reaksiyon normu, 230, 601
Recherches sur les essmens fossiles, 461
Recon, 364
Redunanz, 209
Regülatör gen, 366
Rehber protein, 399
Rem, 586
Renature olma, 284
Replikaz, 310
Replikon, 454
Repression, 377
Represyon, 383
Repressör, 380
Resessif özellik, 205
Reticulo-endothelial sistem, 414
Retikular matriks, 328
Retinitis pigmentosum, 143
REVEL, 346, 347, 348, 354
Rh antijeni, 453
R. H. FİSHER, 474
Rhea, 468, 547
Rhesus, 59, 61, 66, 262, 551
Rhinoceros, 758
Rhinoceros etruscus, 753
Rhipidistia, 493, 495
Rhizopoda, 152
Rhyncocephalia, 502
Rhynia, 488, 491
RİCH, 353
Rissa persuasoria, 639
ROBERT DARWİN, 467
ROBERT FİTZROY, 468
ROBERT, H. DİCK, 19

ROBERT MALTHUS, 844, 845
ROBERT, W. WİLSON, 19
Rodentia, 511
Rodezya insanı, 764
Rostanga pulchra, 625
ROYMONDO DART, 741
RÖNTGEN W. C., 581, 584
ROUS, 71
Rumex, 128
Rupicapra, 544
Ruspinae, 638
RUSSEL, 588

— S —

Saccharomyces cerevisiae, 453
Sacculina, 527
Sacculina carcini, 527
Saf kan, 227
Sain Vitus Dansı, 870
Salamandra salamandra, 611, 614
Salmo, 668
Salmonella, 370, 410
Salvia, 106
SAMUEL WİLBERFORCE, 473
SANTER, 324
Sassafara, 540
Sat kromozomları, 209
Satellit kromozomlar, 209
Saurischia, 500, 501
Schistocerca gregaria, 668
Schistocerca migratoria, 668
SCHMİDT, 29
SCHNEİDER, 352
SCHRÖDİNGER, 5
Sciara, 429, 440
SCOPES, 464
Scorpion, 835
Secale ancestrale, 778
Secale cereale, 778
Seçici ya da Klon Seçme Varsayımı, 416
Segregasyon (ayrışım) yükü ya da dengeli yük, 831
Sekonder kutup hücresi, 225
Sekonder oosit, 225
Sekonder spermatosit, 223
Seksüel dimorfizm, 674
Semi-konsarvatif mekanizma, 302
Sentimorgan, 241
Sentral dogma, 280
Sentromer, 208
Serbestlik derecesi, 265
Setaria italica, 778
Setaria viridis, 778
SEWAL WRİGHT, 705
SEYMOUR BENZER, 364
Seymouria, 496
SHELTON, 327
Shope Papilloma, 879
Sığırlarda süt verimi, 146
Sibling species, 691
SİDNEY FOX, 60
Simopithecus, 759
Simplex, 125
SİMPSON, 729, 730, 835
SİMPSON Dr. G. G., 719
Sinanthropus, 748
Sinsitiyum, 216
Sinistral tip, 452
Sindrom, 258
Sirkesineklerinde eşeyselliğin değişimi, 128
Sitozin, 285
Sivantherium, 759
Sivrisineklerde çaprazlama kısırlıkları, 454
Skotophobin, 181
Smerinthus, 610
Smilodon, 647
Soğukkanlı hayvanlar, 171
Solanum tuberosum, 774
Soliter evre, 669
Solo insanı, 764
Solutrean Endüstrisi, 752
Somatik hücreler, 207
Somatoplazma, 202
SONNEBORN, 456
Sorex, 508
Spalax, 544
Spatangus, 623
Sphaeroma, 614, 615, 617
Sphenodon, 174, 175, 514
Sphenodon punctatus, 500, 502
Sphenopsid, 494
Sperma tüpü, 221
Spermatit, 221, 223
Spermatogonia, 221
Spermatozoon, 223
Spirochaeta, 88
Spirogyra, 109, 487
Spiroket, 532, 533
Sporofit, 226
Sporophyt, 112
Sporozoa, 153
STADLER, 585
STALİN, 462
STANLEY, 65
STANLEY MİLLER, 46
Staphylococcus, 97
Stegocephal, 498
Stegocephalia, 497
Steinheim insanı, 758
Sterna paradisea, 669
Stilbocrocis heeri, 497
Stökiometrik oran, 407
Streptophorus, 635
Supmetasentrik kromozomlar, 209

SUBRAMANIAN, 354
SUNDHARADAS, 339
Supervital mutasyonlar, 595
Sus scrofa scrofa, 783
Sus scrofa vittatus, 783
SUTTON, W. S., 204
Sürüngenler Devri, 499
SVEDBERG, 413
Swanscombe insanı, 758
Synapsid, 498
Syncytium, 216
Synoica, 126
Syphilis, 838
Syrphidae, 632
Syrphus torvus, 662

— Ş —

Şeker hastalığı (Diabetes mellitus), 840
Şerbetlilik, 402
Şimdiki Zaman, 513

— T —

Tachinid, 639
TAKAGİ, 328
Talpa, 508, 544
Tam penatranslı genler, 594
Tam renk körlüğü, 139
Tanecikli ışınım, 581
Tardigrada, 191
Tarsius, 547, 722, 723, 725
Tarsoid, 508
Tautomerizasyon, 579
Tavuklarda yumurta verimi, 147
Tay-Sachs hastalığı, 871
TAYLOR, J. H., 305, 306
Telanthropus, 741, 747
Telomer, 209, 563
Tepe noktası, 25
Terliksi hayvanlarda *(Paramecium)*
antijen tipleri, 454
Terliksi hayvanlarda öldürücü fenomlar, 456
Termitodiscus heimi, 630
Testestron, 431
Testudinata, 499, 500
Tetrasomi, 566
Tetrat, 218
Thalassemia minor, 863
THALES, 461
Thaumetopoea pinivora, 613
Thecodonta, 499
Thelodus, 490
Therapsid, 173, 499, 514
THOMAS HUXLEY, 473
THOMAS MALTHUS, 471
Thylacosmilus, 509
TİSSİERES, 317
Toplum bilinci, 155
Tölerojenlik, 423
Timin, 285
Tracheophyta, 488, 491
Tradescantia, 207
Trans durumu, 362, 366
Transformasyon Yasaları, 8
Transduksiyon, 102, 182
Transkripsiyon, 294, 307
Translasyon, 294, 345
Translokaz, 352
Tretretretre, 727
Trihibrit kalıtım, 233, 263
Trilobit, 488, 489, 491, 494, 499
Trilophodon, 711, 712
Trimeni, 638
Trionyx burum, 612
Triplet, 291
Trisomi, 566
Tritan renk körlüğü, 139
Triticale, 572
Triticum, 774
Triticum aestivum, 774, 776
Triticum boeoticum, 775, 776
Triticum compactum, 774, 776
Triticum dicoccoides, 775, 776
Triticum monococcum, 775
Triticum spelta, 774, 776
Triturus, 566
Triturus cristatus, 394, 436
Triturus taeniatus, 436
Trochilium, 633
TROFİM LYSENKA, 462
Trophonissa, 638
Tupai, 722
Tupaia, 722
Turbellaria, 179
Türlerin Kökeni, 471, 698
Türün belleği, 178
TWİTTY, 431
TWORT, 65
Tylodina citrina, 625
Tynannosaurus, 500

— U —

Ulex, 551
Ulex europeus, 550
Ulothrix, 110, 111
Ulva, 112
UNGAR, 180, 181
Ungulata, 510
Uniformitarizm, 467
Unipotent hücreler, 420
Univoltin, 621
Uredela, 495

UREY, 29, 52
Urey effekti, 37
Ursus, 544
Uyumsal açılım, 469, 651
Uyumsal enzimler, 372

— Ü —

Üstün başatlık, 655

— V —

Var olmak için savaşım, 643
Varyasyon, 599
Varyasyon genişliği, 599
VAZQUEZ, 350
Vejetatif DNA, 69
Vejetatif faz, 68
VERNON INGRAM, 532
Vertebrata, 166
Vespa, 631, 633
Vicia faba, 779
Vicia pliniana, 779
Vibrio cholerae, 426
Viral transdiksiyon, 182
Viron, 69
Virüsle taşınma, 182
Vitamin D'ye dayanıklı raşitizm, 141
Vitis, 128
Viverridae, 547
VOLKİN, 313
Volvox, 111, 154, 155, 156, 157, 158
VON TSCHERMARK, 204
Vulpes, 544
Vücut hücreleri, 156

— W —

W. G. MEİNSCHEİN, 485
WALDEYER, 207
WALLACE, 283, 540, 547
WALTER KÜHN, 173
WATSON, 298, 305, 306, 317
WATSON-CRİCK, 286, 290, 294, 300, 303, 305, 306, 333
Weimar insanı, 758
WEİNER, 551
WEİSMANN, 204, 466
WEİSS, 307
WEİZSACKER, 29
WHİTTAKER, R. H., 85
WİLBERFORCE, 473
WİLLEMS, 323
WİLHELM WEİNBERG, 796
WİLLİAM HARVEY, 201
WİLLSON, 23
WİLLİAM JENNİNGS BRYAN, 464
WİLLİAM SHOCKLEY, 854
Wobble-Eşleşmesi, 334, 335
WOLFF, 429
WOODY GUTHRİE, 870

— X —

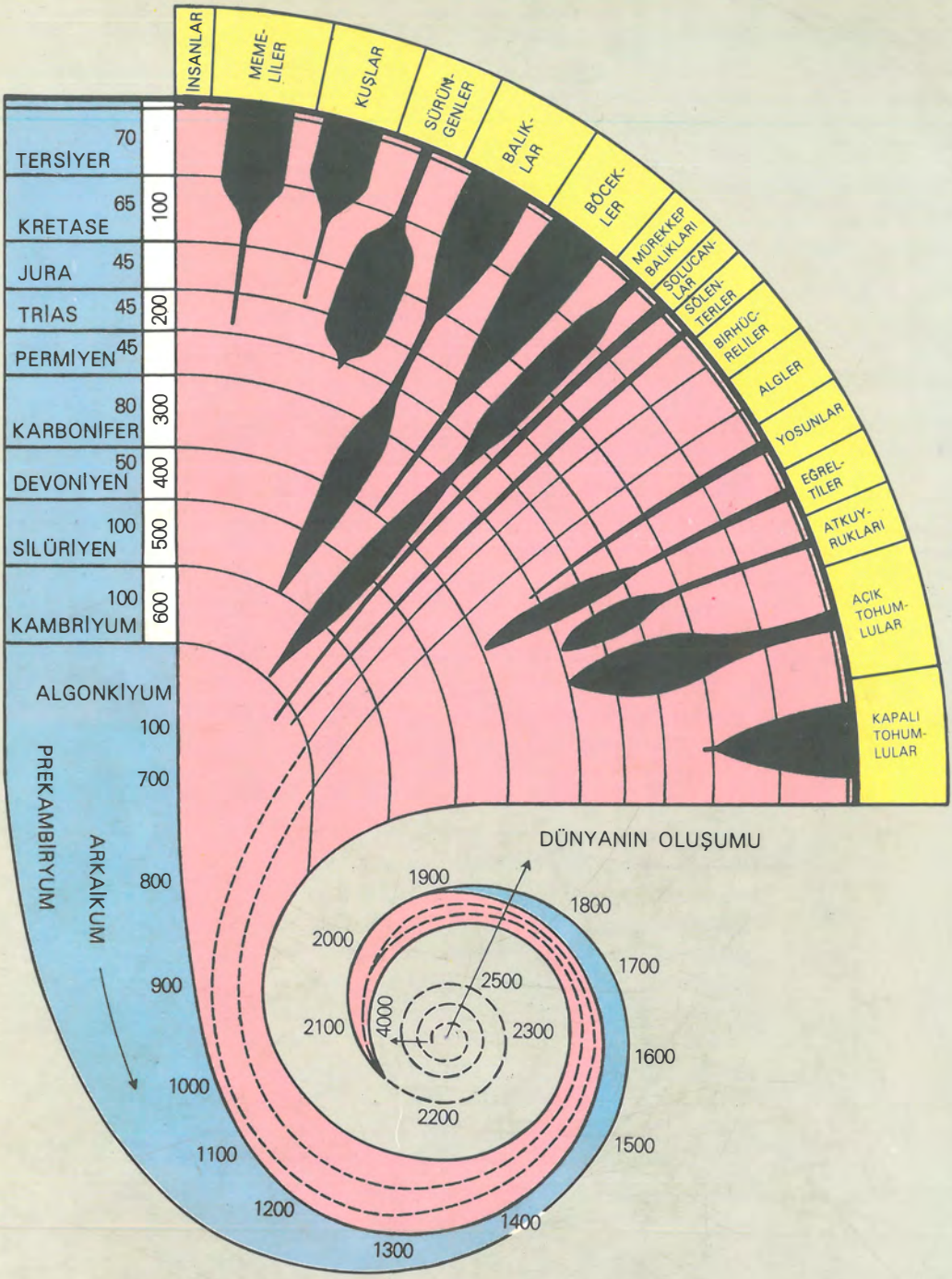
Xeroderma pigmentosum, 143
Xg antijeni, 553

— Y —

Yabanıl tip, 453, 553
Yalancı alleller, 552
Yalancı dominantlık, 561
Yapısal evrim hızı, 834
Yapısal genler, 366, 373
Yapısal işlevler, 396
Yapışık parmaklılık, 145
Yarılanma süresi, 481
Yaşam uzunluğu, 156
Yerkiş lisanı, 789
Yontma Taş Devri, 751
Yönlendirilmiş seçme, 831
Yulaf ve çavdarın evrimi, 778
Yumurta oluşumu, 226
Yuva yapımı, 671
Yüzme keselerinin oluşumu, 170
YVONNE GOOLAGONG, 695

— Z —

Zalambdalestes, 726
ZACHAU, 329
Zamandaşlık göreselliği, 9
ZAMECNİK, 329
Zea mays, 698, 779
Zea mexicana, 698
Zigoten, 216
ZİMMERMAN, 324, 346
Zinjanthropus, 741



Baskı : METEKSAN Anonim Şirketi, Ankara

1056400 TA.