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

SAM KEAN

BİTMEYEN KEŞİF

DNA

GENETİK ŞİFREMİZLE YAZILAN
AŞK, SAVAŞ VE DEHA
HİKAYELERİ

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

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

BİTMEYEN KEŞİF

DNA

VE GENETİK ŞİFREMİZ TARAFINDAN YAZILAN,
AŞK, SAVAŞ VE DEHA ÜZERİNE
FARKLI BİR İNCELEME

SAM KEAN

KOLEKTİF

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

Kolektif Kitap -40
Bilim Kitaplığı -3
Bitmeyen Keşif: DNA
Özgün Adı: *The Violinist Thumb*

© Sam Kean, 2010
© Türkçesi: Berna Kılınçer, 2014
© Kolektif Kitap, 2014

ISBN: 978-605-5029-08-1

Yayına Hazırlayan: Ezgi Kardelen
Sayfa Düzeni: Kolektif Tasarım
Kapak Tasarımı: Deniz Akkol

1. Baskı, Şubat 2014, İstanbul
Sertifika No: 25574

Baskı ve Cilt: Berdan Matbaacılık
Güven Sanayi Sitesi C Blok No: 215-216
Topkapı, İstanbul | 0212 613 11 12
Sertifika No: 12491

Kolektif Kitap Bilişim ve Tasarım Ltd. Şti.
Caferağa Mah. Ressam Şeref Akdik Sok.
No: 10 Kadıköy, İstanbul
www.kolektifkitap.com | info@kolektifkitap.com
T: 0216 337 05 18 | F: 0216 337 03 18

Bu kitabın hakları Anatolialit Telif Hakları Ajansı ve Little, Brown, and Company aracılığıyla alınmıştır. Yayıncının izni olmaksızın elektronik ya da mekanik herhangi bir yolla çoğaltılamaz ve iletilemez. Tüm hakları saklıdır.

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

BİTMEYEN KEŞİF

DNA

VE GENETİK ŞİFREMİZ TARAFINDAN YAZILAN,
AŞIK, SAVAŞ VE DEHA ÜZERİNE
FARKLI BİR İNCELEME

SAM KEAN

TÜRKÇESİ:
BERNA KILINÇER

KOLEKTİF

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

Yani hayat, bir DNA'nın zincirleme tepkimesi olarak görülebilir.
MAXIM D. FRANK-KAMENETSKII
UNRAVELLING DNA

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

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

GİRİŞ - 13

I. BÖLÜM
GENETİK PARTİSYON NASIL OKUNUR?
A, C, G, T ve Siz

Genler, Ucubeler, DNA - 23
Canlılar Özelliklerini Çocuklarına Nasıl Aktarırlar?

Darwin'in Ölümden Dönüşü - 42
Genetikçiler Neden Doğal Seçilimi Yok Etmek İstedi?

DNA'nın Cilveleri - 67
Doğa DNA'yı Nasıl Okur ya da Yanlış Okur?

DNA Partisyonu - 86
DNA Ne Tür Bilgiler Saklar?

II. BÖLÜM
HAYVAN GEÇMİŞİMİZ
Sürünen, Üreyen ve Öldüren Şeyler Yapmak

DNA'nın Aklanması - 111
Hayat Neden Bu Kadar Yavaş Evrildi
– Sonra da Bu Kadar Karmaşıklaştı?

Hayatta Kalanlar ve Karaciğerler - 135
En Eski ve En Önemli DNA'mız Hangisidir?

Makyavel Mikrobu - 156
İnsan DNA'sının Ne Kadarı İnsandır?

Aşk ve Atavizm - 176
Memelileri Memeli Yapan Hangi Genlerdir?

İnsan/Şempanzeler - 197
İnsanlar Maymunlardan Neden ve Ne Zaman Ayrıldı?

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

III. BÖLÜM
GENLER ve DÂHİLER
İnsan Nasıl Daha İnsan Oldu?

Kızıl A'lar, C'ler, G'ler ve T'ler - 221
İnsan Soyu Tükenmenin Eşiğine Nasıl Geldi?

Büyüklük Önemlidir - 245
İnsan Beyni Nasıl Anormal Boyutlara Ulaştı?

Gen Sanatı - 265
Sanat Dehası DNA'mızda Ne Kadar Derine Gömülüdür?

IV. BÖLÜM
KAHİN DNA
Geçmişte, Şimdide ve Gelecekte Genetik

Geçmiş Başlangıçtır – Bazen - 291
Genetik, Tarihsel Kahramanlar Hakkında Ne Öğrete(mez)bilir?

Üç Milyar Küçük Parça - 315
İnsan Neden Diğer Türlerden Daha Fazla Gene Sahip Değil?

Haydan Gelen Huya mı Gider? - 337
İkizler Neden Birbirinin Aynı Değildir?

Bil(me)diğimiz Kadarıyla Yaşam - 359
Peki Şimdi Ne Olacak?

SONSÖZ

Genomik Kişiselleşiyor - 379

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

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

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

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

GİRİŞ

BU KİTAP DNA HAKKINDA. Binlerce, hatta milyonlarca yıldır DNA'nıza gömülü hikayeleri ortaya çıkarmayı ve insanlarla ilgili bir zamanlar hiç çözülmeyecekmiş gibi görünen gizemleri çözmek için DNA'dan yararlanmayı konu ediniyor. Evet, bu kitabı babamın adı Gene olmasına rağmen yazıyorum. Tıpkı annemin adı gibi: Gene ve Jean[1]. Gene ve Jean Kean. Bunun bir tekerleme saçmalığı taşıması bir yana, annemle babamın adı yüzünden okul yılları boyunca bolca iğnelendim: Her hatam ve her zayıflığımın suçu "genlerime" atılıyordu. Aptalca bir şey yaptığımda, insanlar pis pis sırıtarak bunu bana "genlerimin yaptırdığını" söylüyordu. Annemle babamın genlerini bana aktarması sırasında işin içine zorunlu olarak cinsellik girmiş olması durumu daha da kötüleştiriyordu. Alaylar iki kat daha iğneleyici ve tamamen karşılık verilemez nitelikteydi.

Uzun lafın kısası, büyürken en büyük korkum fen derslerinde DNA ve gen konularının işlenmesiydi çünkü öğretmen arkasını döner dönmez, iki saniye içinde şu ya da bu esprinin geleceğini biliyordum. Gelmese bile, çok bilmişin biri *aklından geçiriyor* olurdu. Bu Pavlovumsu kaygının bir parçasını daima, DNA'nın ne kadar güçlü bir madde olduğunu kavramaya başladığımda bile (hatta özellikle o zaman) içimde taşıdım. Lisedeki alayların etkisinden kurtulmuş-

1- *Gene* ve *Jean* sözcüklerinin İngilizcede okunuşu aynıdır ve "gen" anlamına gelir. –yhn

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

tum, ama *gen* sözcüğü hâlâ aynı anda pek çok tepkiyi uyandırıyordu; bunlardan bazıları hoş, bazılarıysa tatsızdı.

Öte yandan, DNA beni heyecanlandırıyor. Bilimde genetikten daha çarpıcı bir konu, bilimi aynı derecede ileri götürmeyi vaat eden başka bir alan yok. Sık rastlanan (ve sıkça abartılan) tıbbi tedavi vaatlerini kast etmiyorum sadece. DNA biyolojinin her alanını yeniden canlandırmış ve insanoğlunun araştırılması konusunu baştan yaratmıştır. Ayrıca, ne zaman birisi temel insan biyolojimizi deşmeye kalksa, bu müdahaleye karşı koyar, salt DNA'ya indirgenmek istemeyiz. Birileri bu temel biyolojiyi kurcalamaktan söz ettiğinde, bu düpedüz korkutucu olabiliyor.

Daha da muğlak olan şu ki, DNA geçmişimizi deşmek için önemli bir araçtır: Biyoloji başka yöntemler aracılığıyla tarihe dönüşmüştür. Genetik bilimi, geçtiğimiz onyıl içinde bile, üzerinden çok fazla zaman geçmiş olan veya tutarlı bir hikaye oluşturamayacak kadar az fosil ya da antropolojik kanıt olduğu için olay örgüsünün kaybolduğunu düşündüğümüz sayısız hikayeyi yeniden tartışmaya açmıştır. Bunca zamandır bütün o hikayeleri, hücrelerimizdeki küçük keşişlerin DNA'mızın karanlık çağının her gününü ve her saatini aslına sadık kalarak kopyaladığı trilyonlarca metni içimizde taşıyormuşuz; yalnızca bu metinlerin dili konusunda daha fazla şey öğrenmemiz gerekiyormuş. Bu hikayeler nereden geldiğimizi ve ilkel bir çamurdan yeryüzünün gördüğü en baskın türe nasıl evrildiğimizi anlatan görkemli destanları da içerir, ama bu hikayelerin ortaya çıkma biçimleri şaşırtıcı derecede kişiseldir de.

Eğer okulda ikinci bir şansım olabilseydi (annemle babama daha tehlikesiz adlar verme şansının yanında) bandoda çalmak üzere farklı bir enstrüman seçerdim. Bunun nedeni dördüncü, beşinci, altıncı, yedinci, sekizinci ve dokuzuncu sınıflar arasında klarnet çalan tek erkek çocuk olmam değildi (ya da yalnızca bu değildi). Daha ziyade, klarnetin valflerini, düğmelerini ve üfleme deliklerini idare ederken kendimi çok beceriksiz hissetmemdi. Elbette bunun alıştırma eksikliğiyle bir ilgisi yoktu. Bu beceriksizliği iki eklemli par-

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

maklarıma, geriye doğru eğrilen esnek başparmaklarıma bağlıyordum. Klarnet çalarken parmaklarım garip biçimlerde birbirine dolanıyordu, bu yüzden sürekli onları çıtlatma isteği duyuyordum; dolayısıyla biraz sızlıyorlardı. Bir başparmağım sık sık takılıp kalıyor, bükülmüyordu; diğer elimle parmağı serbest bırakmak zorunda kalıyordum. Yani, klarnet çalan kızların yapabildiği şeyleri benim parmaklarım yapamıyordu. Kendi kendime, bu problemlerin bana ebeveynlerimin gen depolarından aktarılan bir miras olduğunu söylüyordum.

Bandodan ayrıldıktan sonra el becerisi ve müzik yeteneği üzerine olan kuramımı yeniden düşünmemi gerektirecek bir neden olmadı, ta ki on yıl sonra, kemancı Niccolò Paganini'nin hikayesini öğrenene kadar. Paganini o kadar yetenekliydi ki, yeteneği karşılığında ruhunu şeytana sattığı söylentisinden hayatı boyunca kurtulmaya çalıştı. (Doğduğu yerdeki kilise bile, ölümünden sonra onu gömmeyi onyıllar boyunca reddetti.) Anlaşıldığı kadarıyla Paganini daha mahir bir efendiyle anlaşma yapmıştı: DNA'sıyla. Paganini'nin parmaklarının anormal derecede esnek olmasına yol açan genetik bir bozukluğu olduğu neredeyse kesindir. Bağ dokuları o kadar esnekti ki serçe parmağını eliyle dik açı oluşturabilecek şekilde eğebilirdi. (Bunu bir deneyin.) Aynı zamanda, ellerini anormal denebilecek genişlikte açabilirdi; bu da keman çalarken eşsiz bir üstünlük sağlar. Bazı insanların belirli enstrümanları çalmak (ya da çalmamak) için "doğduğu" yönündeki basit hipotezim haklı çıkmış görünüyordu. Burada durmalıydım. Araştırmaya devam ettiğimde Paganini'deki rahatsızlığın onda muhtemelen ciddi sağlık sorunlarına yol açtığını öğrendim. Eklem ağrısı, göz bozukluğu, nefes tıkanıklığı ve yorgunluk hayatı boyunca kemancının peşini bırakmamış olmalıydı. Ben sabah erken saatlerdeki bando çalışması sırasında eklemlerimin kaskatı olmasından şikayet ederdim, ama Paganini kariyerinin zirvesindeyken sık sık konser iptal etmek zorunda kalıyordu ve son yıllarında hiç konser vermemişti. Paganini'deki müzik ihtirası, kusurlarını üstünlüğe dönüştürmek üzere mükemmel bir biçimde ayarlanmış

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

bir bedenle birleşmişti. Bu, bir insanın umabileceği en büyük yazgıydı. Sonra, bu kusurlar ölümünü hızlandırdı. Genleriyle arasındaki bu anlaşmayı Paganini kendi seçmemiş olabilirdi, ama hepimiz gibi, o da bu anlaşmanın içindeydi. Bu anlaşma onun hem yaratıcısı hem de yok edicisi olmuştu.

DNA bana hikayelerini anlatmayı sürdürüyordu. Bazı bilim insanları geçmişe dönük olarak Charles Darwin, Abraham Lincoln ve Mısır firavunlarına da genetik bozukluk teşhisi koymuştu. Kimileri de DNA'nın derin dilbilimsel özelliklerini ve şaşırtıcı matematiksel güzelliğini ifade etmek için DNA'nın kendisini araştırdı. Hatta ben lisede bandodan biyolojiye, biyolojiden tarihe, tarihten matematiğe ondan da sosyal bilimlere geçerken, DNA hakkında buna benzer hikayeler her türlü bağlamda mantar gibi bitmeye, alakasız konuları birbirine bağlamaya başladı. DNA, nükleer bombadan sağ çıkmış insanların, Kuzey Kutbu'nda zamansızca ölen kaşiflerin, insan neslinin neredeyse tükenecek oluşunun ya da kanser hücrelerini doğmamış çocuklarına aktaran annelerin hikayeleri hakkında bilgi veriyordu. Paganini örneğinde olduğu gibi bilimin sanata ışık tuttuğu, hatta portrelerden genetik bozuklukların izini süren bilim insanlarını düşünürsek, sanatın bilimi aydınlattığı hikayeler hakkında da bizi bilgilendiriyordu.

Biyoloji dersinde öğrendiğiniz ama ilk başta pek aldırmadığınız bir başka gerçek de DNA molekülünün uzunluğudur. Zaten kendileri de küçük olan hücrelerimizde küçücük bir dolaba kaldırılmış olmasına rağmen DNA çözüldüğü zaman inanılmaz bir uzunluğa ulaşabilir. Bazı bitki hücrelerinde DNA'nın uzunluğu doksan metreyi bulur. Bir insanın bedenindeki DNA, Plüton'dan güneşe kadar gidecek ve tekrar geri dönecek kadar uzundur. Dünyadaysa, bilinen evreni çok, pek çok kez kat edecek kadar fazla DNA vardır. DNA hikayelerinin izini sürdükçe, zamanın çok çok ilerisine ve çok çok gerisine uzanabilme yeteneğinin DNA'nın ayrılmaz bir parçası olduğunu gördüm. İnsanın yaptığı her şey DNA'sında adli bir iz bırakır, DNA'nın kaydettiği bu hikayeler ister müzikle ya da sporla isterse de

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

Makyavelci mikroplarla ilgili olsun, hepsi bir araya gelince insanların yeryüzündeki yükselişiyle ilgili daha kapsamlı ve karmaşık hikayeyi anlatır: Neden doğanın en tuhaf yaratıkları ve aynı zamanda en büyük başarısı olduğumuzu.

Ancak heyecanımın kökeninde genlerin diğer yüzü yatıyor: kaygı. Bu kitap için araştırma yaparken DNA'mı genetik test yapan bir merkeze teslim ettim; yüksek fiyatına rağmen (414 dolar), bunu yaparken fazla ciddi değildim. Bireysel genetik testlerin ciddi eksikleri olduğunu, bilimsel de olsa bunların çoğu zaman pek işe yaramadığını biliyordum. DNA'mdan yeşil gözlü olduğumu öğrenebilirdim, ama bunu evdeki aynadan da görebiliyordum. Kafeini metabolize edemediğimi öğrenebilirdim, ama geç saatte kola içtikten sonra geçirdiğim uykusuz gecelerin sayısı zaten az değildi. Üstelik DNA teslimi sürecini ciddiye almak zordu. Bana yolladıkları paketten parlak turuncu renkte plastik bir şişe çıktı. Talimatlar, ağzımın içindeki bazı hücreleri gevşetmek için yanağıma parmak boğumlarımı kullanarak masaj yapmamı söylüyordu. Sonra da tüpe yaklaşık üçte ikisini doldurana kadar tükürdüm. Bu on dakikamı aldı, çünkü talimatlar bunun sıradan bir tükürük olmaması gerektiği konusunda çok ciddiydi. Kaliteli, kıvamlı, şurup gibi olmalı; fıçı bira gibi fazla köpüklü olmamalıydı. Ertesi gün genetik tükürük hokkasını yolladım; genetik geçmişimle ilgili güzel bir sürpriz umuyordum. İnternette test kaydımı gerçekleştirip hassas ya da korkutucu bilgilerin düzeltilmesiyle ilgili talimatları okuyana kadar, aklımda ciddi bir düşünce yoktu. Eğer ailenizde göğüs kanseri, Alzheimer ya da başka bir hastalık varsa ya da bunlara yakalanacağınızı düşünmek sizi korkutuyorsa, test şirketi bu bilgiyi engellemenize izin veriyordu. Bir kutuyu işaretleyip bunu kendinizden bile gizleyebiliyordunuz. Beni gafil avlayan Parkinson kutucuğu oldu. Hatırladığım en eski ve en kötü anı, büyükannemin evindeki koridorda dolaşırken başımı uzatıp

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

Parkinson'un yatağa mahkum ettiği büyükbabamın günlerini geçirdiği odayı görmemdi.

Babam büyürken insanlar ona büyükbabama çok benzediğini söylermiş. Bana da babama benzediğimi söylerlerdi. Dolayısıyla, o koridordan odaya girip metal korkuluklu bir yatakta oturan, babamın beyaz saçlı versiyonuna benzeyen adamda kendimi de gördüm. Odada pek çok şeyin beyaz olduğunu hatırlıyorum: duvarlar, halı, çarşaflar, büyükbabamın giydiği arkası açık önlük. Neredeyse devrilecek kadar öne eğilmiş durduğunu, gevşek önlüğünü ve saçak saçak olmuş beyaz saçlarını hatırlıyorum.

Beni görüp görmediğinden emin değilim, ama kapı eşiğinde duraksadığım anda inlemeye ve titremeye başladı, bu nedenle sesi de titriyordu. Büyükbabam bazı yönlerden şanslıydı: Hemşire olan büyükannem ona evde bakıyor, çocukları onu düzenli olarak ziyaret ediyordu. Ama zihinsel ve fiziksel açıdan gerilemişti. En iyi hatırladığım şey, çenesinden ip gibi sarkan, DNA dolu, yoğun şurup kıvamındaki tükürük. Beş yaşlarındaydım, anlayamayacak kadar küçüktüm. Kaçtığım için hâlâ utanıyorum.

Şimdiyse yabancı insanlar (daha da kötüsü ben, kendim), büyükbabamda Parkinson'u tetiklemiş olabilecek, kendi kendini yenileme özelliğine sahip molekül ipliğinin benim hücrelerimde de gizlenip gizlenmediğine göz atabilecekti. Yüksek ihtimalle orada değillerdi. Büyükbabamın genleri Gene'e aktarılırken büyükannemin genleriyle karışmış, Gene'in genleri de bana geçerken Jean'in genleriyle seyrelmişti. Ama böyle bir ihtimal gerçekten vardı. Yakalanabileceğim kanser ya da başka bir dejeneratif hastalıkla yüzleşebilirdim, ama Parkinson'la değil. Bilgiyi gizledim.

Bu tür bireysel hikayeler, heyecan verici tarihsel birikimin bir parçası oldukları kadar genetikle de ilgilidirler. Belki de genetikle daha çok ilgilidirler, çünkü hepimizin içinde bu hikayelerden en az bir tane gömülüdür. Bu yüzden, bu kitap bütün tarihsel hikayeler arasında bir bağlantı kurmanın ötesinde, bu hikayelerin üzerine inşa ediliyor ve onları bugün DNA üzerinde yapılan, muhteme-

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

len gelecekte de yapılacak olan çalışmalarla ilişkilendiriyor. Genetik araştırmalar ve onların getireceği değişiklikler okyanus gelgitlerine benzetiliyor: devasa ve kaçınılmaz. Ama sonuçlar, durduğumuz kıyıya bir tsunami olarak değil, küçük dalgalar halinde vuracak. Her ne kadar geride durabileceğimizi düşünsek de, gelgit kıyıda ilerlerken tek tek bütün dalgaları hissedeceğiz.

Yine de kendimizi onların gelişine hazırlayabiliriz. Bazı bilim insanlarının kabul ettiği gibi, insan varoluşunun büyük anlatısı olan eski tip Batı uygarlığı dersinin yerini DNA'nın hikayesi aldı. DNA'yı anlamak nereden geldiğimizi, zihinlerimizin ve bedenlerimizin nasıl çalıştığını anlamamıza yardımcı olabilir. DNA'nın sınırlarını anlamaksa, zihinlerimizin ve bedenlerimizin nasıl işlemediğini anlamamıza yardım eder. Aynı oranda, DNA'nın ırk ve cinsiyet ilişkileri gibi zorlu toplumsal sorunlar ya da saldırganlık veya zeka gibi özelliklerin sabit mi yoksa esnek mi olduğuyla ilgili söylediklerine de (ve söylemediklerine) kendimizi hazırlamalıyız. DNA'nın nasıl çalıştığını tam olarak anlamadığımızı kabul etmelerine rağmen, şimdiden dört milyar yıllık biyolojimizi geliştirme fırsatından, hatta zorunluluğundan söz eden ateşli düşünürlere güvenip güvenmemeye de karar vereceğiz aynı zamanda. Bu açıdan bakıldığında DNA ile ilgili en etkileyici hikaye, türümüzün onun üzerinde (potansiyel olarak) uzmanlaşacak kadar uzun süre hayatta kalabilmiş olmasıdır.

Bu kitapta anlatılan tarih henüz sona ermiş değil. *Kemancının Başparmağı*'nı her bölüm tek bir sorunun cevabını verecek şekilde düzenledim. Bu kapsamlı hikaye uzak mikrobiyal geçmişte başlıyor, hayvan kökenlerimize inerek primat ve insansı rakiplerimizin (örneğin Neandertaller) üzerinde durduktan sonra, süslü bir dile ve aşırı gelişmiş beyne sahip olan modern, kültürlü insanın ortaya çıkışıyla sona eriyor. Ama kitap son bölüme doğru ilerlerken, sorular henüz tam anlamıyla cevaplanmış değil. Belirsiz şeyler de var: Özellikle de bu büyük insan deneyinin, DNA hakkında bilinmesi gereken her şeyi deşmenin nasıl sonuç vereceği sorusu.

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

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

I.
BÖLÜM

GENETİK PARTİSYON NASIL OKUNUR?

A, C, G, T ve Siz

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

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

1

Genler, Ucubeler, DNA

Canlılar Özelliklerini Çocuklarına Nasıl Aktarırlar?

SOĞUK VE ALEVLER, AYAZ VE CEHENNEM, buz ve ateş. Genetik alanında ilk büyük keşifleri yapan iki bilim insanının pek çok ortak noktası vardı: İkisinin de ölümleri pek dikkat çekmedi, arkalarından fazla yas tutulmadı ve pek çok kişi bu ölümleri mutlulukla unuttu. Ancak birinin mirası ateşte yok olurken, diğeri buza teslim oldu.

Yangın, 1884 kışında bugünkü Çek Cumhuriyeti'nde bulunan bir manastırda çıktı. Keşişler bir ocak günü merhum başrahipleri Gregor Mendel'in çalışma odasını boşaltıp dosyalarını acımasızca temizlediler, her şeyi avluda yakılan ateşe attılar. Sıcakkanlı ve becerikli bir adam olan Mendel, hayatının sonlarına doğru manastır için bir tür utanç kaynağına dönüşmüştü. Birkaç devlet soruşturması, gazete dedikodusu, hatta yerel polisle restleşme (Mendel kazandı) meydana geldi. Mendel'in eşyalarını almaya hiçbir akrabası gelmedi, keşişler de kağıtlarını yaktı. Bunun sebebi bir yarayı dağlamakla aynıydı: arınmak ve utancı yok etmek. Nasıl göründüklerine dair hiçbir kayıt yok, ancak belgeler arasında kağıt yığınları ya da kullanılmamaktan tozlanmış basit kapaklı bir laboratuvar defteri vardı belki de. Muhtemelen bezelye bitkisi çizimleri ve rakam tablolarıyla (Mendel sayılara tapardı) dolu bu sararmış sayfalar yakıldıkla-

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

rında sıradan kağıtlardan daha fazla kül ve duman çıkarmamışlardır. Ama bu kağıtların Mendel'in yıllar önce serasını kurduğu noktada yakılmasıyla birlikte, genlerin keşfine dair tek orijinal kayıt da yok olmuş oldu.

Dondurucu soğuklar aynı yılın kışında başladı, daha önce pek çok kez olduğu ve sonraki birkaç kış boyunca da olacağı gibi. İsviçre'de orta halli bir fizyoloji profesörü olan Johannes Friedrich Miescher somon balıklarını araştırıyordu. Diğer projelerin yanı sıra, yıllar önce somon balığı sperminden elde ettiği bir maddeye –pamuğumsu, gri bir macun– karşı duyduğu uzun süreli saplantıyı gidermeye çalışıyordu. Hassas spermin açıkta bozulmaması için, Miescher pencereleri açıp laboratuvarını eski yöntemlerle soğutuyor ve her gün İsviçre kışının etkilerine maruz kalıyordu. En ufak bir işi halletmek için bile insanüstü bir odaklanma gerekiyordu; ve Miescher'i küçümseyenler bile onda bu özelliğin bulunduğunu itiraf ediyordu. (Kariyerinin başlarında, tören olacağı aklından çıkmış olduğu için arkadaşları onu laboratuvar masasından zorla kaldırıp evlenmeye götürmüşlerdi). Bu kadar azimli olmasına rağmen Miescher'in bu azmin sonucunda ortaya koyabildiklerinin sayısı acınacak kadar azdı; hayatı boyunca pek az bilimsel üretim yapabilmişti. Yine de pencerelerini açık bırakıyor, bunun kendisini yavaş yavaş öldürdüğünü bilerek her yıl titreye titreye çalışmaya devam ediyordu. Buna rağmen o süte benzeyen gri maddenin, yani DNA'nın sırrını hâlâ çözememişti.

DNA ve genler, genler ve DNA. Bugünlerde iki sözcük eşanlamlı. Zihin onları hemen birleştiriyor, tıpkı Gilbert ve Sullivan ya da Watson ve Crick'i birleştirdiği gibi. Bu nedenle Orta Avrupa'nın Almanca konuşulan kesiminde, birbirlerinden altı yüz kırk kilometre uzakta bulunan Miescher ve Mendel'in DNA ve genleri 1860'larda neredeyse aynı anda keşfetmeleri akla uygun görünür. Uygun olmaktan da öte, adeta bir alınyazısıdır.

Ancak DNA ve genlerin gerçekte ne olduklarını anlamak için iki sözcüğü birbirinden ayırmamız gerekir. Eşanlamlı değillerdir, hiçbir zaman da olmadılar. DNA bir *maddedir*, parmaklarınıza yapı-

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

şan kimyasal bir madde. Genlerin de fiziksel bir yapısı vardır, hatta uzun DNA dizilerinden oluşurlar. Ama bazı açılardan genlere madde olarak değil, kavram olarak bakmak daha uygundur. Gen bilgidir, hikayeye benzer; DNA ise bu hikayenin yazıldığı dildir. DNA ve genler, kromozom dediğimiz daha büyük yapıları oluşturur; bunlar canlılardaki genlerin çoğunu saklayan, DNA açısından zengin ciltlerdir. Kromozomlarsa hücre çekirdeğinde bulunur; burası da bedenimizi tepeden tırnağa yöneten talimatları içeren bir kütüphanedir.

Tüm bu yapılar, genetik ve kalıtımda önemli rol oynar. Ama 1800'lerde, neredeyse aynı anda keşfedilmiş olmalarına rağmen DNA ve genler arasında bağlantı kurmak yaklaşık bir yüzyıl boyunca kimsenin aklına gelmedi, onları keşfeden iki adam da adı sanı duyulmadan öldü. Biyologların genleri ve DNA'yı birbirine bağlamaları kalıtım biliminin ilk epik hikayesidir. Bugün bile genler ve DNA arasındaki ilişkinin ayrıntılarına inme çabası genetiği ileriye götürür.

Mendel ve Miescher araştırmalarına başladıklarında, kalıtımla ilgili düşünceler, kimi garip ve gülünç, kimi kendi çapında epey yaratıcı olan halk inanışlarının egemenliği altındaydı. Mendel ve Miescher'in neden kalıtım yoluyla farklı özellikleri aldığımızla ilgili fikirlerini, yüzyıllara dayanan bu halk kuramları renklendirdi.

Elbette herkes bir yere kadar çocukların anne babasına benzediğini biliyordu. Kızıl saç, kellik, delilik, içe çökük çene, hatta fazladan baş parmak bile soyağacı üzerinde izlenebilirdi. Ortak bilinçdışının şifreleri sayılabilecek olan peri masallarıysa çoğu zaman bir zavallının aslında asil kan taşıyan "gerçek" bir prens(es) çıkması üzerineydi, bu biyolojik özü ne paçavralar ne de kurbağaya dönüşmüş olmak bozabilirdi.

Bu çoğunlukla sağduyudur. Ama kalıtım mekanizması, yani özelliklerin kuşaktan kuşağa tam olarak nasıl aktarıldığı konusu en zeki düşünürlerin bile aklını karıştırıyordu. Bu sürecin aşırılıkları daha

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

önce, hatta 1800'lerde bile ortalıkta dolaşan çılgınca inanışların birçoğuna yol açtı. Yaygın halk inanışlarından birine göre gebe bir kadın korkutucu bir şey görür ya da yoğun duygular yaşarsa, onun bu deneyimi çocukta iz bırakırdı. Doğum öncesi çilek yeme isteğini bir türlü doyuramayan bir kadın, bedeni çilek biçimli kırmızı lekelerle dolu bir bebek dünyaya getirmişti. Domuz pastırması da aynı şeye yol açabilirdi. Başını bir kömür çuvalına çarpan bir başka kadının çocuğuysa saçının bir yarısı, yalnızca bir yarısı siyah olarak doğmuştu. Daha korkuncu da vardı. 1600'lerde doktorlar Napoli'de bir kadının deniz canavarlarından korkması sonucunda tamamen pullarla kaplı, sadece balık yiyen ve balık kokan bir oğlan çocuğu doğurduğunu bildirmişti. Piskoposlar, aktörlük yapan kocasını, adamın üzerinde kostüm varken sahne arkasında baştan çıkaran bir kadının öğretici hikayesini anlatıyordu. Kadının kocası Mephistopheles rolündeydi, çocukları da toynaklı ve boynuzlu doğmuştu. Tek kollu bir dilenci tarafından korkutulan kadın da tek kollu bir çocuk doğurmuştu. Kalabalık sokaklarda tuvaletlerini yapmak için kilise avlularına giden kadınlar illa ki yatağını ıslatan çocuklar doğururdu. Karnınızda bir bebek varken önlüğünüzde şömine odunu taşırsanız, garip büyüklükte penise sahip bir çocuğunuz olurdu. Anne yansıması kayıtlarında yer alan hemen hemen tek mutlu örnek 1790'larda Paris'te yaşamış yurtsever bir kadınla ilgilidir. Bu kadının oğlunun göğsünde Frigya şapkası (üst bölümü aşağı sarkan sevimli bir şapka) biçiminde bir doğum lekesi vardır. Yeni Fransız Cumhuriyeti'nde bu şapkalar özgürlük sembolü sayıldığı için durumdan son derece memnun olan hükümet, kadına ömür boyu maaş bağlar.

Bu geleneklerin büyük bölümü dini inançlarla örtüşüyordu. İnsanlar ciddi doğum kusurlarını (tek gözlü olmak, kalbin kaburga kemiklerinin dışında olması, bedenin tamamen tüylerle kaplı olması) Kitabı Mukaddes'teki günah, gazap ve ilahi adaletle ilgili uyarılar olarak yorumluyordu. Bunun 1680'lerde İskoçya'da meydana gelmiş bir örneği, Bell adında zalim bir muhafızla ilgiliydi. Bell, dini muhalif olan iki kadını yakalamış, kıyıda iki direğe bağlayıp gelgit

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

dalgasının onları yutmasına izin vermişti. Bell kadınlarla dalga geçerek cinayetin üstüne bir de hakaret eklemiş, genç ve inatçı olanını kendi elleriyle boğduğunu söylemişti. Sonradan cinayetler sorulduğunda, Bell her zaman gülmüş, kadınların yengeçlerle iyi vakit geçirdiğini söyleyerek alay etmişti. Asıl alay konusu Bell olacaktı: Evlendikten sonra, bütün çocukları kollarının ön kısmını korkunç kıskaçlar biçiminde büken ciddi bir kusurla doğmuştu. Bu yengeç kıskaçları onların çocuklarına ve torunlarına da geçerek kalıtımla aktarılabilir olduğunu da göstermişti. Babanın yaptığı haksızlığın çocukları üçüncü, dördüncü kuşağa, hatta daha da sonraki kuşaklara kadar -1900'lere dek İskoçya'da tek tük vakalar görülmüştür- izlemiş olduğunu görmek için kutsal kitabı hatmetmek gerekmiyordu.

Anne yansımasının çevresel etkileri vurgulaması gibi, diğer kalıtım kuramlarının da güçlü, doğuştan gelen nitelikleri vardı. Bu kuramlardan biri olan önoluşumculuk [preformationism], ortaçağ simyacılarının homunkulüs (minyatür, hatta mikroskobik insan) yaratma arayışlarından ortaya çıktı. Homunkulüsler biyolojik felsefe taşlarıydı, bunlardan birini yaratmak simyacının tanrıların gücüne sahip olduğunu gösterirdi. (Sürecin kendisi bu kadar saygıdeğer değildi ama. Bir reçeteye göre sperm, at gübresi ve idrardan oluşan karışımı altı hafta boyunca bir balkabağının içinde fermente etmek gerekiyordu.) İlk bilim insanlarından bazıları 1600'lerin sonlarında homunkulüs fikrini çalarak her dişi yumurtasında bunlardan bir tane yaşaması gerektiğini tartışıyorlardı. Bu, cansız görünen koyu kıvamlı bir kütleden, nasıl olup da yaşayan ceninlerin meydana geldiği sorununu bir güzel çözüyordu. Önoluşumcu kurama göre böyle bir kendiliğinden oluşum zorunlu değildi: Homunkulüs bebekler gerçekten de önceden oluşmuştu, büyümek için sadece sperm gibi bir tetikleyiciye ihtiyaçları vardı. Bu fikirdeki tek sorun şuydu: Eleştirmenlerin de belirttiği gibi, sonsuz bir gerilemeye neden oluyordu, çünkü o zaman, bir kadının (matruşkalar gibi) gelecekteki tüm çocuklarını ve onların çocuklarını ve onların çocuklarının çocuklarını zorunlu olarak içinde taşıması gerekliydi. Gerçekten de, "ovizm" taraftarları

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

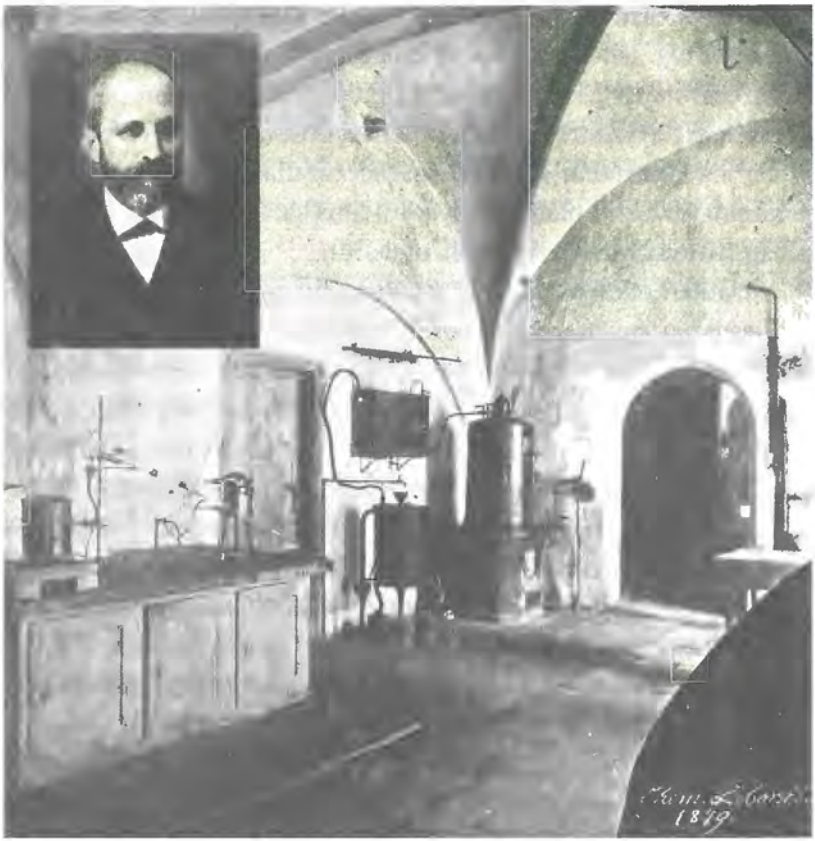
Tanrı'nın ilk gün (daha doğrusu Yaradılış'ın altıncı günü) bütün insan ırkını Havva'nın yumurtalıklarına tıktığı sonucuna varabiliyordu ancak. "Spermacı"ların durumu daha vahimdi, insanlığın tamamı Adem'in, Havva'nın yumurtalıklarından da küçük spermlerine tıkılmıştı. İlk mikroskopların ortaya çıkışından sonra bile birkaç spermacı kendi kendilerini kandırarak meni birikintilerinde batıp çıkan küçük insanlar görmüştü. Hem ovizm hem de spermacılık bir dereceye kadar inandırıcıydı çünkü ilk günahı açıklıyordu: Cennetten kovuldukları sırada hepimiz Adem'le Havva'nın içindeydik, dolayısıyla her birimiz aynı lekeyi taşıyoruz. Ama spermacılık teolojik ikilemleri de işe karıştırıyordu: Erkek her boşaldığında ortaya çıkan sonsuz sayıdaki vaftiz edilmemiş ruha ne oluyordu peki?

Bu kuramlar her ne kadar şiirselliğe ya da leziz bir müstehcenliğe sahip olsalar da Miescher döneminin biyologları bunlara kocakarı hikayeleri diyerek dudak büküyordu. Bu insanlar ipe sapa gelmez anekdotları ve belirsiz "yaşam güçleri"ni bilimin alanından çıkarıp kalıtım ve gelişimi kimya temeline oturtmak istiyordu.

Miescher'in ilk başlardaki niyeti, yaşamı gizemlerden arındırma akımına katılmak değildi. Gençliğinde, memleketi İsviçre'de aile mesleği olan hekimlik üzerine eğitim almıştı. Ama çocukluğunda tifo yüzünden işitme zorluğu çekmeye başlamıştı; stetoskop kullanamıyor ya da bir felçlinin sızlanmalarını işitemiyordu. Miescher'in tanınmış bir jinekolog olan babası bunun yerine araştırma alanında kariyer yapmasını önerdi. Böylece 1868'de genç Miescher, Almanya'nın Tübingen şehrinde biyokimyacı Felix Hoppe-Seyler tarafından yönetilen bir laboratuvara taşındı. Ana merkez etkileyici bir ortaçağ kalesiydi, ama Hoppe-Seyler'in laboratuvarı bodrum katındaki çamaşırhanedeydi. Bunun bitişiğindeki eski mutfağı da Miescher'e tahsis etti.

Hoppe-Seyler insanın kan hücrelerindeki kimyasalların bir listesini çıkarmak istiyordu. Alyuvarları incelemişti bile, bu nedenle akyuvarları incelemek üzere Miescher'i görevlendirdi. Bu, yeni asistanı açısından talihli bir karardı, çünkü alyuvarların aksine ak-

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



Friedrich Miescher (fotoğrafın içinde) DNA'yı, Almanya Tübingen'de bulunan bir kalenin yenilenmiş mutfağındaki bu laboratuvarda keşfetti. (Tübingen Üniversitesi Kütüphanesi)

yuvarlar çekirdek denen küçük bir iç kapsül içeriyordu. O zamanlar pek çok bilim insanı, bilinen bir işleve sahip olmayan çekirdeği görmezden gelerek, mantıklı bir biçimde sitoplazmaya, hücre hacminin büyük bölümünü oluşturan koyu sıvıya odaklanıyordu. Ancak bilinmeyen bir şeyi analiz etme fırsatı Miescher'in ilgisini çekiyordu.

Miescher'in çekirdeği incelemek için sabit bir alyuvar hücresi stokuna ihtiyacı vardı. Bu nedenle yöredeki bir hastaneye başvurdu. Söylentiye göre, hastane savaş alanında ürkütücü ampütasyon-

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

lar ve başka sakatlıklarla karşılaşan eski askerlere hizmet veriyordu. Buna rağmen klinikte kronik hastalar da vardı ve bir hademe iltihap çekmiş sargı bezlerini her gün toplayarak sararmış paçavraları Miescher'e teslim ediyordu. İltihap açık havada genellikle sümüksü bir maddeye dönüşüyor ve Miescher cerahat toplanmış bezleri tek tek koklayıp bozuk olanları atıyordu. Ama kalan bezlerdeki "taze" iltihap, alyuvar hücreleriyle dolu oluyordu.

İnsanları etkilemeye hevesli olduğu halde, gerçekte kendi yeteneklerinden kuşku duyan Miescher çok çalışarak herhangi bir eksikliği giderebilirmiş gibi kendini çekirdeği incelemeye adadı. Daha sonra bir meslektaşı onun bu durumunu "arkasından şeytan kovalıyormuş gibi," diye tanımlayacaktı. Miescher araştırmaları sırasında her türlü kimyasal maddeye maruz kaldı. Ama kendini işine bu kadar vermeseydi muhtemelen keşfini gerçekleştiremezdi; çekirdeğin içindeki anahtar maddenin kolayca bulunamayacağı ortaya çıkmıştı. Miescher hücre zarını eritmek için iltihabı önce ılık alkolle sonra domuz midesinden alınan asit özütüyle yıkıyordu. Bunun sonucunda geride yalnızca gri bir macun kalıyordu. Onun protein olduğunu varsaydı ve tanımlamak için birtakım testler yaptı. Ama macun, protein sindirimine direnç gösterdi ve bilinen diğer proteinler gibi tuzlu suda, kaynayan sirkede ya da seyreltilmiş hidroklorik asitte çözünmedi. Bu nedenle element analizi deneyerek, onu bileşenlerine ayrılana dek yakıp kömürleştirdi. Bulacağını umduğu elementleri, yani karbon, hidrojen, oksijen ve nitrojeni buldu, ama aynı zamanda proteinlerde bulunmayan bir elemente daha rastladı: yüzde üç oranında fosfor. Benzersiz bir şey bulduğuna ikna oldu ve maddeye "nüklein" adını verdi. Daha sonra bilim insanları buna deoksiribonükleik asit ya da DNA diyecekti.

Miescher çalışmasını bir yıl içinde bitirerek 1869 sonbaharında Hoppe Seyler'e göstermek için kraliyet çamaşırhanesine uğradı. Yaşça büyük bilimci sevinmek şöyle dursun, kaşlarını çatıp çekirdekte protein içermeyen özel bir madde olabileceğine yönelik kuşkularını ifade etti. Miescher bir hata yapmıştı kesin. Miescher iti-

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

raz ettiyse de Hoppe-Seyler yayımlamasına izin vermeden önce genç adamın deneylerini adım adım, bandaj bandaj tekrarlamakta ısrar etti. Doğal olarak Hoppe-Seyler'in lütfunun Miescher'in özgüvenine bir faydası olmadı (bir daha asla bu kadar çok çalışmadı). Hoppe-Seyler, iki yıllık emeğin Miescher'i haklı çıkarmasından sonra bile, Miescher'in makalesine ek olarak küçümseyici bir başyazı yazmakta diretti. Yazısında dolaylı olarak "iltihap konusundaki bilgilerimizi zenginleştirdiği" için Miescher'i övüyordu. Yine de Miescher 1871'de DNA'yı keşfeden ilk kişi kabul edildi.

Bazı paralel keşifler Miescher'in molekülü hakkında pek çok şeyi çabucak aydınlattı. Daha da önemlisi, Hoppe-Seyler'in Alman asıllı bir çırağı, çekirdeğin birden çok türde molekül içerdiğini saptadı. Bunların arasında fosfatlar ve şekerler (DNA'ya adını veren "deoksiriboz" şekerler) ile ayrıca günümüzde nükleik "bazlar" şeklinde adlandırılan dört halkalı kimyasallar –adenin, sitozin, guanin ve timin– bulunuyordu. Yine de bu parçaların birbirine nasıl uyduğunu kimse bilmiyordu ve bu karmaşa DNA'yı garip derecede heterojen ve anlaşılmaz kılıyordu.

(Bilim insanları bütün bu parçaların DNA'ya nasıl katkıda bulunduğunu artık biliyorlar. Molekül tirbuşon şeklinde bükülmüş merdiven görünümünde bir çift sarmal oluşturur. Merdivenin omurgası birbirini izleyen fosfatlar ve şekerlerin oluşturduğu ipliklerdir. Merdivenin en önemli kısmı olan basamaklar iki nükleik bazdan oluşur ve bu bazlar belirli biçimlerde eşleşir. Adenin [A] her zaman timin [T] ile, sitozin [C] her zaman guanin [G] ile bağlanır. [Bunu unutmamak için kıvrımlı harflerin, yani C ve G'nin birbiriyle, açılı harfler olan A ve T'nin de birbiriyle baz çifti oluşturduğunu akılda tutmak yeterlidir.])

Bu sırada DNA'nın ünü başka keşiflerle güçleniyordu. 1800'lerin sonlarında bilim insanları hücrelerin ikiye bölünürken kromozomlarını dikkatle paylaştıklarını belirlediler ve bu durum kromozomların bir şey için gerekli olduğunu yoksa hücrelerin bu zahmete katlanmayacağını düşündürüyordu. Bir başka bilim insanı gru-

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

bu, kromozomların ebeveynden çocuğa bir bütün olarak bölünmeden geçtiğini belirledi. Yine bir başka Alman kimyacı kromozomların çoğunlukla DNA'dan başka bir şey içermediğini keşfetti. Bu bulgu kümesindeki noktaları birleştirip büyük resmi görmek için geniş bir hayal gücüne ihtiyaç yoktu. Az sayıda bilim insanı DNA'nın kalıtımda doğrudan rol oynuyor olabileceğini fark etmişti. Nüklein insanların merakını cezbetmeye başlıyordu.

Açıkçası, nükleinin saygın bir araştırma konusu haline gelmesiyle Miescher'in şansı yaver gitmişti, başka türlü olsa kariyeri tıkanıp kalacaktı. Tübingen'deki görevinden sonra Basel'a taşındı, ama yeni enstitüsü ona kişisel bir laboratuvar vermeyi reddetti. Ortak odada bir köşede çalışacak, kimya analizlerini de eski bir koridorda yapacaktı. (Kale mutfağı aniden gözüne güzel görünmeye başlamıştı.) Yeni işi aynı zamanda öğretmenlik yapmasını da gerektiriyordu. Miescher mesafeli, neredeyse soğuk davranışlı biriydi ve insanların yanında kendini hiçbir zaman rahat hissetmemişti. Ders vermeye uğraştıysa da pedagojik anlamda tam bir felaket olduğu ortaya çıktı. Öğrencileri onun "güvensiz, huzursuz... dar görüşlü... anlaşılması zor ve kıpır kıpır" olduğunu anımsıyorlardı. Bilimin kahramanlarını hep heyecan verici kişilikler olarak hayal etmek isteriz, ama Miescher basit bir karizmadan bile yoksundu.

Korkunç bir öğretmen olduğu ortaya çıkan ve özgüveni daha da zayıflayan Miescher kendini tekrar araştırmaya verdi. Bir gözlemcinin tanımıyla "nahoş sıvıları inceleme fetişine" bağlı kalarak, DNA'ya duyduğu sadakati iltihaptan meniye yöneltti. Menideki spermler temelde nüklein başlıklı füzelerdi ve fazladan harici sitoplazma olmadan bol miktarda DNA sağlıyorlardı. Her sonbahar ve kış, üniversitesinin yakınlarında bulunan Ren nehrini dolduran somon sürüleri de Miescher'e rahatça ulaşabileceği bir sperm deposu sağlıyordu. Somonların testisleri yumurtlama mevsiminde tümör gibi büyüyerek normal boyutunun yirmi katına ulaşıyor, her birinin ağırlığı neredeyse dört yüz elli gramı aşıyordu. Miescher'in somon toplamak için çalışma odasının penceresinden bir olta sallaması ye-

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

terliydi. "Olgun" testisleri tülbentle sıkarak milyonlarca şaşkın küçük yüzücüyü ayırabiliyordu. Bu işin tek dezavantajı somon sperminin normale yakın herhangi bir sıcaklıkta hemen bozulmasıydı. Bu nedenle Miescher şafak sökmeden önceki erken saatlerin soğuğunda tezgahına geliyor, pencereleri açıyor ve çalışmaya başlamadan önce sıcaklığı 1,5°C'nin altına düşürüyordu. Kısıtlı bütçe nedeniyle, laboratuvardaki cam eşyaları kırıldığında, deneylerini bitirmek için bazen müşfik eşinin porselenlerini aşırmak zorunda kalıyordu.

Bu çalışmasından ve meslektaşlarının başka hücrelerle yaptığı çalışmalardan Miescher bütün hücre çekirdeklerinin DNA içerdiği sonucuna vardı. Hatta çeşitli büyüklük ve biçimlerdeki hücre çekirdeklerinin DNA taşıyıcılar olarak yeniden tanımlanmasını önerdi. Şöhret konusunda açgözlü olmamasına rağmen, bu Miescher için son zafer girişimi olarak görülebilirdi. DNA'nın nispeten önemsiz olduğu ortaya çıksa bile, en azından gizemli çekirdeğin ne yaptığını bulmuş olacaktı. Ama böyle olmadı. Miescher'in çekirdeğin tanımı konusunda büyük ölçüde haklı olduğunu artık biliyoruz, ancak diğer bilim insanları gerçekten de pek olgunlaşmamış olan bu önerisinin önünü kestiler, çünkü yeteri kadar kanıt yoktu. Bunu kabul etseler bile, Miescher'in kendisine yarayacak bir sonraki iddiasını, DNA'nın kalıtımı etkilediğini onaylayamazlardı. DNA'nın bunu nasıl gerçekleştirdiğine ilişkin Miescher'in hiçbir fikri olmaması durumu daha da kötüleştiriyordu. Kısmen, hayat için gereken parçaların tamamının yumurtada zaten mevcut olduğunu düşündüğünden (homunkulüs fikrinin yankıları burada fark ediliyor), dönemin pek çok bilim insanı gibi spermin yumurtalara bir şey aktardığından kuşkuluydu. Daha ziyade spermdeki nükleinin bir tür kimyasal defibrilatör görevi görerek yumurtaları dirilttiğini düşünüyordu. Ne yazık ki Miescher'in bu tür fikirleri incelemek ya da savunmak için yeterli zamanı yoktu. Hâlâ ders vermek zorundaydı ve İsviçre hükümeti, hapishaneler ve ilkokullardaki beslenme üzerine raporlar düzenleme gibi "faydasız ve sıkıcı" işleri önüne yığıp duruyordu. İsviçre kışlarında pencereleri açarak çalışmak da sağlığına zarar verdi ve tüber-

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

küloz oldu. En sonunda DNA üzerinde çalışmayı tamamen bıraktı.

Bu sırada diğer bilim insanlarının DNA hakkındaki kuşkuları zihinlerinde somut bir muhalefete dönüşmeye başlamıştı. Aleyhindeki en önemli kanıt, bilim insanlarının kromozomların, fosfat-şeker omurgaları ve A-C-G-T bazlarından daha fazlası olduğunu keşfetmesiydi. Kromozomlar aynı zamanda protein parçaları içeriyordu, bunlar da kimyasal kalıtımı açıklamak için daha kuvvetli adaylardı, çünkü proteinler amino asit adı verilen yirmi farklı altbirimden oluşuyordu. Bu altbirimlerden her biri kimyasal talimatları yazmak için bir harf görevini görebilirdi. Bu harfler arasında hayatın göz kamaştırıcı çeşitliliğini açıklayacak kadar fazla farklılık vardı. Onunla karşılaştırıldığında DNA'nın A, C, G ve T'si sıkıcı, basit ve sınırlı bir ifade gücüne sahip ilkel bir alfabe gibi kalıyordu. Sonuçta pek çok bilim insanı DNA'nın hücreler için bir fosfor deposundan başka bir şey olmadığına karar verdi.

Ne yazık ki Miescher bile DNA'nın yeterli alfabetik çeşitlilik içerdiğinden kuşku duymaya başladı. O da protein kalıtımıyla uğraşmaya başladı ve proteinlerin farklı açılarda moleküler kollar ve dallar uzatarak bilgi kodladığı –bir tür kimyasal semafor– bir kuram geliştirdi. Ancak spermin bilgiyi yumurtalara nasıl aktardığı hâlâ net değildi ve Miescher'in kafası daha da karıştı. Ömrünün son yıllarında DNA fikrine geri dönerek, kalıtımda bir rolü olabileceğini öne sürdü yeniden. Ancak artık zamanının çoğunu Alplerdeki tüberküloz sanatoryumlarında geçirmek zorundaydı ve çalışması çok ağır ilerliyordu. Herhangi bir şeyin temeline inmeye fırsat bulamadı ve 1895'te zatürreye yakalandıktan kısa bir süre sonra da hayatını kaybetti.

Daha sonraki çalışmalar, kromozomlar kalıtımı kontrol etse bile, asıl bilginin DNA'da değil kromozomlardaki proteinlerde bulunduğu inancını pekiştirerek Miescher'in teorisini zayıflatmaya devam etti. Miescher'in ölümünden sonra, kendisi de bir bilim insanı olan amcası, Miescher'in yazışmalarını ve makalelerini "toplu eserleri" şeklinde bir araya getirdi. Amcası kitaba yazdığı önsözde, "Miescher ve çalışmalarının önemi azalmayacak, tam tersine büyüyecek;

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

keşifleri ve düşünceleri verimli bir geleceğin tohumlarını oluşturacak." İyi niyetli sözlerdi, ama abartılı bir umut gibi görünüyor olmalıydı. Miescher'in ölümünden sonra çıkan kısa biyografilerde nüklein araştırmalarından pek bahsedilmiyordu. DNA'nın da Miescher gibi önemsiz olduğuna karar verilmişti.

Miescher öldüğünde en azından bilim alanında tanınıyordu. Gregor Mendel ise yaşadığı dönemde yalnızca skandallar aracılığıyla tanınırdı.

Kendisinin de itiraf ettiği gibi Mendel sadece dindar olduğundan değil, aynı zamanda üniversite eğitimi dahil bütün harcamaları karşılanacağı için Augustinci bir keşiş oldu. Bir köylü ailesinden gelen Mendel, okulu amcası kurmuş olduğu için ilkokula gidebilmiş, kız kardeşinin çeyizinin bir bölümünü feda etmesi sayesinde de liseye gidebilmişti. Kilise eğitim masrafını üstlenince, Mendel Viyana Üniversitesi'nde fen bilimleri okuyabildi. Doppler Etkisi'ni bulan Christian Doppler'dan deneysel tasarım dersi aldı. (Ancak Doppler, Mendel'in ilk başvurusunu reddetmişti, bunun nedeni belki de Mendel'in sınavlar sırasında sıklıkla sinir krizi geçirmesiydi.)

Mendel'in St. Thomas manastırındaki başrahibi, bilim ve istatistiğe olan ilgisini teşvik etti. Bu teşvikin sebebi kısmen ticariydi: Başrahip bilime dayanan çiftçilikle daha iyi koyun, meyve ağacı ve asma üretilebileceğini, böylece manastırın borçtan kurtulabileceğini düşünüyordu. Ancak Mendel'in başka ilgi alanlarının izini sürmek için de zamanı oldu ve yıllar içinde güneş lekelerinin çizelgesini çıkardı, fırtınaların izini sürdü, bir arı kovanını vızıldayan arılarla doldurdu (ancak ürettiği bir soy o kadar sinirli ve kindar çıktı ki, onları toptan yok etmek zorunda kaldı) ve Avusturya Meteoroloji Derneği'nin kurucularından biri oldu.

Miescher 1860'ların başlarında tıp fakültesinden ayrılıp araştırma alanına yönelmeden hemen önce Mendel de St. Thomas fidan-

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

lığında bezelyeler üzerinde gerçekleştirdiği aldatıcı derecede basit bazı deneylere başladı. Tatlarını seviyordu ve elinin altında bir bezelye stoku olmasını istiyordu, ama bezelyeleri seçmesinin nedeni deneyleri kolaylaştırmalarıydı. Bezelye tomurcuklarını ne arıların ne de rüzgarın tozlaştırmasına izin veriyordu; böylelikle Mendel hangi bitkilerin hangileriyle eşleştiğini kontrol edebiliyordu. Bezelye bitkilerinin ikili yapısını ve net doğasını da takdir ediyordu: Bitkilerin sapları ya uzundu ya da kısa, kabukları ya yeşildi ya da sarı, bezelyeler ya kırışıktı ya da düzgün, arası yoktu. Hatta Mendel'in çalışmaları sırasında ulaştığı ilk önemli sonuç, bazı ikili özelliklerin diğerlerine "baskın" olduğuydu. Örneğin saf döl yeşil tohumlu bitkileri, saf döl sarı tohumlu bitkilerle çaprazladığında yalnızca sarı bezelyeler elde edebiliyordu: Sarı baskındı. Ancak önemli olan, yeşil olma özelliğinin kaybolmamasıydı. Mendel ikinci kuşak sarı tohumlu bitkileri birbiriyle çaprazladığında birkaç kaçak yeşil bezelye ortaya çıkıyordu: Her üç baskın sarıya karşılık bir "çekinik" yeşil. Bu 3:1 oranı[2] diğer özellikler için de geçerliydi.

2- Mendel baskın (*A*=uzun boy) ve çekinik özelliklerle (*a*=kısa boy) çalıştı. Her bitki ya da hayvanda bütün genlerin iki kopyası bulunur, bu kopyalardan biri anneden biri babadan gelir. Bu nedenle Mendel *AA* bitkilerini *aa* bitkileriyle çaprazladığında ortaya çıkan döllerin hepsi *Aa*'ydı, yani hepsi uzundu (*A*, *a*'ya baskın olduğu için):

	A	A
a	Aa	Aa
a	Aa	Aa

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Mendel, bir *Aa* başka bir Aa ile çaprazladığında (yukarda, sağda) işler ilginçleşiyordu. Her bir *Aa*, *A* ya da *a*'yı aktarıyordu, bu nedenle yavrular için dört olasılık vardı: *AA*, *Aa*, *aA*, ve *aa*. İlk üçü yine uzundur, ama sonuncusu uzun ebeveynlerden geldiği halde kısa olacaktır. Bu nedenle oran 3:1'dir. Hemen netleştirelim; oran bitkilerde, hayvanlarda, vb. de geçerlidir, bezelyelere özel bir durum değildir.

Diğer standart Mendel oranı *Aa*, *aa* ile çiftleştiğinde ortaya çıkar. Bu durumda, çocukların yarısı *aa* olacak ve baskın özelliği göstermeyecektir. Diğer yarısıysa *Aa* olacak ve baskın özelliği gösterecektir.

	A	a
a	Aa	aa
a	Aa	aa

Bu 1:1 kalıbı, baskın A özelliğinin ender ya da bir mutasyon yoluyla kendiliğinden ortaya çıktığı soy ağaçlarında özellikle yaygındır. Çünkü her ender *Aa*, daha yaygın *aa* ile çiftleşmelidir.

Genel olarak 3:1 ve 1:1 oranları klasik genetikte tekrar tekrar karşımıza çıkar.

Eğer merak ediyorsanız, bilim insanları insanlardaki ilk çekinik geni 1902'de buldu. İdrarı siyaha çeviren bir bozukluğa yol açıyordu. Üç yıl sonra aşırı küt parmaklar için ilk baskın insan geni tespit edildi.

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

Bunun kadar önemli bir sonuç daha vardı. Mendel baskın ya da çekinik bir özelliğe sahip olmanın, başka bir özelliğin baskın ya da çekinik olmasını etkilemediğini buldu; her özellik birbirinden bağımsızdı. Örneğin uzun kısaya baskın olsa da, çekinik boy özelliği taşıyan –kısa– bitkinin baskın renkte –sarı– bezelyeleri olabilirdi. Ya da uzun bir bitkinin çekinik renkte –yeşil– bezelyeleri. Hatta incelediği yedi özellikten her biri, örneğin yuvarlak bezelyeye (baskın) karşılık buruşuk bezelye (çekinik) ya da mor tohuma (baskın) karşılık beyaz tohumlar (çekinik), diğer özelliklerden bağımsız olarak aktarılıyordu.

Farklı ve bağımsız özelliklere odaklanması, kalıtım taraftarı başka bahçıvanların başarısız olduğu noktada Mendel'in başarılı olmasını sağladı. Mendel bitkinin ebeveynine olan genel benzerliğinin tamamını açıklamaya çalışsaydı, çok fazla sayıda özelliği ele almak zorunda kalacaktı. O zaman bitkiler anneyle babanın kafa karıştırıcı bir kolajı gibi görünürdü. (Kendisi de bezelye yetiştiren ve onlarla deney yapan Charles Darwin'in kalıtımı anlayamamasının nedeni büyük ölçüde buydu.) Ama incelemesini her seferinde tek bir özellikle sınırlayan Mendel her özelliğin ayrı bir faktör tarafından kontrol edildiğini görebiliyordu. Mendel gen sözcüğünü hiç kullanmadı, ama bugün gen adını verdiğimiz belirli ve kalıtsal faktörleri tanımladı. Fizik alanında Newton'un elması neyse, biyoloji alanında da Mendel'in bezelyeleri oydu.

Niteliksel keşiflerinden başka Mendel genetiği somut, niceliksel bir temele de oturttu. Meteorolojinin istatistiği kullanma şekline, günlük barometre ve termometre okumalarının toplu iklim verisine çevrilmesine hayrandı. Üremeye de aynı şekilde yaklaşarak tekil bitkiler üzerinden genel kalıtım yasaları çıkardı. Aslında bir yüzyıldır bitmek bilmeyen söylentilere bakılırsa, Mendel bu noktada kendini kaptırarak kusursuz verilere duyduğu sevginin kendisini hileye itmesine izin verdi.

Bir madeni parayı bin kez atarsanız yaklaşık beş yüz kez yazı ve beş yüz kez tura gelir ancak tam tamına beş yüz tura ya da yazı gel-

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

me olasılığı düşüktür, çünkü her atış bağımsız ve rasgeledir. Benzer şekilde, rasgele sapmalar yüzünden deneysel veri her zaman kuramın öngördüğünden bir parça yukarda ya da aşağıda gezinir. Bu nedenle Mendel uzun ve kısa (ya da ölçtüğü başka özelliği taşıyan) bitkiler arasındaki 3:1 oranını, yalnızca yaklaşık olarak elde etmiş olmalıdır. Ancak Mendel binlerce bezelye bitkisi arasında neredeyse platonik kusursuzluktaki bir 3:1 oranı olduğunu iddia eder, bu da modern genetikçilerin kuşkuyla baktığı bir iddiadır. Daha sonradan bilgilerin doğruluğunu kontrol eden biri, Mendel'in (hesap defterlerinde ve meteorolojik deneylerinde sayısal doğruluk konusunda kılı kırk yaran Mendel'in) sonuçlarını dürüstçe elde etmiş olma olasılığının on binde birden daha az olduğunu hesapladı. Yıllar boyunca pek çok tarihçi Mendel'i savundu ya da verilerini farkında olmadan değiştirdiğini öne sürdü, çünkü o zamanlar veri kaydetme standartları farklıydı. (Hatta bir Mendel sempatizanı, üstelik elinde hiçbir kanıtı yokken, hevesli bir bahçıvan yardımcısı hikayesi uydurmuştu. Mendel'in istediği sayıları bilen bu yardımcı onu memnun etmek için bitkileri gizlice çöpe göndermişti.) Mendel'in orijinal laboratuvar notları ölümünden sonra yakıldığı için rakamlarla oynayıp oynamadığını kontrol edemiyoruz. Ancak dürüst olmak gerekirse, Mendel'in hile yapmış olma ihtimali, durumu sadece neredeyse daha da olağanüstü hale getirir: Bu durumda doğru cevabı –genetiğin altın oranı 3:1'i– gerçek bir kanıtı olmadan sezmiş demektir. Söylentinin konusu olan hileli veri, keşişin bir biçimde vahiy yoluyla bildiği şeyi başkalarının da görebilmesi için gerçek dünya deneylerinin aşırılıklarını derleyip toplama, verilerini daha ikna edici kılma yönteminden başka bir şey olmayabilir.

Yine de Mendel'in yaşadığı dönemde hiç kimse onun hile yaptığından kuşkulanmadı çünkü kimse ne yaptığına dikkat etmiyordu. 1865'te gerçekleşen bir konferansta bezelye kalıtımı üzerine bir makale okudu. Bir tarihçinin de belirttiği gibi "izleyiciler, kaldırabileceklerinden daha fazla matematikle karşılaşan bir kitlenin vereceği tepkiyi verdi: Tartışma olmadı, soru sorulmadı." Zahmet etmesi-

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

ne gerek yoktu, ama yine de Mendel bulgularını 1866'da yayımladı. Ve yine sessizlikle karşılaştı.

Mendel birkaç yıl daha çalışmaya devam etti, ama 1868'de manastır tarafından başrahip seçilince bilimsel itibarını perdahlama fırsatını büyük ölçüde yitirdi. Daha önce hiçbir şeyi yönetmemiş olan Mendel'in öğrenmesi gereken çok şey vardı ve St. Thomas'ı yönetmenin gündelik sıkıntısı, bahçecilikle uğraştığı boş zamanından fedakarlık etmesini gerektirdi. Dahası idareci olmanın avantajları, bol yemek ve purolar (Mendel günde yaklaşık yirmi puro içiyordu, o kadar tombullaşmıştı ki bazen nabzı dinlenme durumunda bile 120'nin üzerine çıkıyordu) onu ağırlaştırmış, seralar ve bahçelerden aldığı zevki azaltmıştı. Sonradan bir ziyaretçisi Başrahip Mendel'in kendisini bahçelerde yürüyüşe çıkardığını ve keyifle çiçekleri, olgun armutları gösterdiğini hatırlar, ama bahçedeki deneylerinden söz edilir edilmez Mendel adeta utanarak konuyu değiştirir. (Yalnızca uzun bezelye bitkileri yetiştirmeyi nasıl başardığı sorulduğunda Mendel tereddüt eder: "Yalnızca küçük bir hileyle, ama bunun anlatılamayacak kadar uzun bir hikayesi var.")

Mendel'in bilimsel kariyeri, özellikle kilise ve devletin ayrılması gibi politik meselelerle ilgili didişmelere giderek daha çok vakit ayırmaya başladığında iyice köreldi. (Bilimsel çalışmaları ele vermese de Mendel, Miescher'in soğukluğuyla taban tabana zıtlık gösteren ateşli bir ruh haline bürünebilirdi.) Diğer Katolik rahipleri arasında liberal politikaları destekleyen neredeyse tek rahip oydu, ama 1874'te Avusturya'yı yöneten liberaller onu aldatarak manastırların vergi muafiyetini iptal ettiler. Hükümet yıllık ödeme olarak manastıra biçilen değerin yüzde onuna denk gelen 730 gulden istiyordu. Aldatılmış ve şaşkına dönmüş olsa da Mendel bu miktarın bir kısmını ödedi, ama kalan parayı ödemeyi reddetti. Buna karşılık devlet St. Thomas'ın çiftlik arazisine el koydu. Hatta St. Thomas'ın içindeki değerli eşyalara el koyması için bir de görevli gönderdi. Mendel dini kıyafetleri içinde ön kapıda düşmanının karşısına dikildi ve cebindeki anahtarı almasını söyleyerek meydan okudu. Görevli, kili-

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

seden eli boş ayrıldı.

Ancak genel olarak Mendel yeni yasanın feshedilmesi için pek az ilerleme kaydedebildi. Hatta bir parça takıntılı bir ruh haline bürünüp kayıp gelirleri için faiz talep etti ve kilisenin vergilendirilmesiyle ilgili gizli noktalar üzerine yasa koyuculara uzun mektuplar yazdı. Bir avukat, Mendel'in "çevresinin düşmanlarla, hainlerle, entrikacılarla kuşatıldığını sanan kuşkucu biri" olduğunu söylüyordu içini çekerek. "Mendel olayı" sabık bilim insanını Viyana'da kötü bir şöhrete kavuşturdu. St. Thomas'taki halefini bu anlaşmazlığa son vermek ve manastırın itibarını korumak için Mendel'in belgelerinin yakılması gerektiğine de ikna etti aynı zamanda. Bezelye deneylerini açıklayan notlar da arada kaynayıp gitti.

Mendel 1884'te, kiliseyle devlet arasındaki anlaşmazlıktan kısa bir süre sonra öldü. Hemşiresi onu kanepesinde dimdik ve kaskatı oturur halde buldu. Böbrek ve kalp yetmezliğinden ölmüştü. Bunu biliyoruz çünkü Mendel canlı canlı gömülmekten korktuğu için, tedbir olarak bir otopsi talep etmişti. Mendel'in erken gömülmekten korkmasının bir tür kehanet olduğu ortaya çıktı. Ölümünden sonraki otuz beş yılda kalıtım üzerine artık klasikleşmiş makalesinden yalnızca on bir bilim insanı söz etmişti. Söz edenler de (çoğu tarımla ilgilenen bilim insanları) deneylerini kalıtım üzerine evrensel yasalar değil, bezelye üretimi üzerine çok da ilginç olmayan deneyler olarak görüyordu. Bilim insanları gerçekten de Mendel'in teorilerini zamanından önce gömmüştü.

Ancak tüm bu zaman boyunca biyologlar hücreler hakkında Mendel'in düşüncelerini destekleyen şeyler keşfettiklerini bilmiyorlardı. Daha da önemlisi, döllerde farklı özellik oranları buldular ve kromozomların kalıtsal bilgiyi, Mendel'in tanımladığı ayrı özellikler gibi, bağımsız paketler halinde aktardığını saptadılar. Bu nedenle 1900'lerde dipnotların izini süren üç biyolog, birbirlerinden haberleri olmadan bezelye makalesine rastlayıp bunun kendi çalışmalarını ne kadar yakından yansıttığını gördüklerinde rahibi yeniden diriltmeye karar verdiler.

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

Söylentilere göre Mendel bir meslektaşına ant içmişti: "Zamanım gelecek." Geldi de. 1900'den sonra "Mendelcilik" o kadar hızlı yayıldı ki, onu şişiren ideolojik coşkuyla birlikte biyolojinin en önde gelen teorisi olma konusunda Charles Darwin'in doğal seçilimine rakip olmaya başladı. Pek çok genetikçi, Darwin ve Mendel'i düpedüz uyumsuz görüyordu; Darwin'i Friedrich Miescher'in çok iyi bildiği o tarihsel belirsizliğe mahkum etme beklentisiyle ellerini ovuşturanlar bile vardı.

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

2

Darwin'in Ölümden Dönüşü

Genetikçiler Neden Doğal Seçilimi Yok Etmek İstedi?

NOBEL ÖDÜLÜ KAZANMIŞ BİRİ zamanını bunlarla geçirmemeliydi. 1933 sonlarında bilim dalında en büyük onuru kazanmasından kısa bir süre sonra Thomas Hunt Morgan, uzun zamandır asistanlığını yapan Calvin Bridges'den bir haber aldı. Bridges'in başı libidosu yüzünden yine dertteydi.

Bridges birkaç hafta önce ülkeyi boydan boya kat eden bir trende Harlemli bir "dolandırıcı kadın"la tanışmıştı. Kadın kısa süre içinde Bridges'i bir Hint prensesi olduğuna ikna etti, üstelik babası da zengin bir mihraceydi. Ne tesadüftür ki alt kıtada, tam da Bridges'in (ve Morgan'ın) çalıştığı alanda, meyve sineği genetiği üzerine araştırmalar yapan bir bilim enstitüsü açmıştı. Babası enstitünün başına geçecek birine ihtiyaç duyduğu için, kadın Bridges'e bu işi teklif etti. Gerçek bir Kazanova olan Bridges, kadınla muhtemelen her halükarda aşk yaşardı, ama iş teklifi onu hepten karşı konulmaz kılıyordu. Kendini kadına öyle kaptırmıştı ki meslektaşlarına Hindistan'da iş teklifleri yapmaya başladı. Ne zaman aleme gitseler, Majestelerinin faturayı olağanüstü şişirme alışkanlığını fark etmemiş görünüyordu. Hatta Bridges ortada yokken, sahte prenses kendisini Bayan Bridges olarak tanıtıyor ve her şeyi bu isme fatura ediyordu. Gerçek

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

ortaya çıktığında kadın, "kendisini ahlaksız amaçlarla eyalet sınırları dışına çıkardığı" için dava açmakla tehdit ederek ondan daha fazla para koparmaya çalıştı. Paniğe kapılan, endişe içindeki Bridges –yetişkin gibi davranmasına rağmen çocuksu bir adamdı– yardım için Morgan'a başvurdu.

Morgan hiç kuşkusuz diğer asistanı Alfred Sturtevant'a danıştı. Bridges gibi, Sturtevant da yıllarca Morgan'la çalışmış ve bu üçlü, genetik tarihindeki en önemli başarılara imza atmıştı. Sturtevant da Morgan da gizliden gizliye Bridges'in oynaşmalarına ve kaçamaklarına kaş çatardı, ama bu noktada sadakatleri her şeyden önde geliyordu. Morgan'ın nüfuzunu kullanması gerektiğine karar verdiler. Morgan kadını polise ihbar etmekle tehdit etti ve Bayan Prenses bir sonraki trenle ortadan kaybolana kadar işin peşini bırakmadı ve Morgan ortalık yatışana kadar Bridges'i sakladı.[3]

Morgan yıllar önce Bridges'i asistan olarak işe alırken, bir gün sıkı dost olacaklarını tahmin etmemiş olsa gerek. Kaldı ki Morgan hayatındaki pek çok şeyin bu şekilde sonuçlanacağını da beklemiyordu. Yıllarca adı bilinmeden emek verdikten sonra, nihayet genetik alanında güçlü bir isim haline gelmişti. Manhattan'da gülünç derecede dar bir alanda çalışırken, artık California'da geniş bir laboratuvarı yönetiyordu. Yıllar boyunca "sinek çocuklarına" bu kadar ilgi ve sevgi harcadıktan sonra, artık eski asistanlarının başkalarının fikrini çaldığı yönündeki suçlamalara karşı kendini savunuyordu. Her şey bir yana, bu kadar uzun süre boyunca büyük çaplı bilimsel kuramların aldatıcılığına karşı savaştıktan sonra biyoloji alanındaki en büyük iki kurama teslim olmuş, hatta onların geliştirilmesine yardım etmişti.

Genç Morgan yaşlı haliyle karşılaşsa, onu bu son sebep yüzünden pekala aşağılayabilirdi. Kariyerine bilim tarihinin ilginç bir döneminde, 1900'lerde Mendel'in genetiğiyle Darwin'in doğal seçilimi arasında hiç de medeni olmayan bir iç savaş patlak verdiğinde başla-

3- Bridges'in özel hayatının ayrıntıları, Robert Kohler'in yazdığı *Lords of the Fly* kitabında yer alır.

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

dı. İşler o kadar çirkinleşti ki, çoğu biyolog kuramlardan birinin yok edilmesi gerektiğini düşünüyordu. Bu savaşta Morgan, İsviçre rolü üstlenerek iki kuramı da reddetti. İkisinin de fazlasıyla yoruma dayalı olduğunu hissediyordu ve Morgan yorumlamaya karşı neredeyse tutucu denebilecek bir güvensizlik duyuyordu. Eğer bir kuramın kanıtını gözüyle görmüyorsa onu bilimden uzaklaştırmak istiyordu. Gerçekten de, bilimsel ilerlemeler çoğu zaman parlak bir kuramcının çıkıp vizyonunu kusursuz bir netlikle açıklamasını gerektiriyorken, aynı şeyin tersi de keçi inadı ve düşünüş tarzının bulanıklığıyla kötü bir şöhret kazanmış olan Morgan için geçerliydi – tam anlamıyla görünür kanıt dışındaki her şey kafasını karıştırıyordu.

Yine de bu kafa karışıklığı onu Darwincilerle Mendelcilerin birbirinden nefret ettiği Güllerin Savaşı sırasında takip edilebilecek kusursuz bir kılavuz haline getirdi. Morgan başta hem genetiğe hem de doğal seçilime eşit derecede güvensizlik duyuyordu, ama meyve sinekleri üzerindeki sabırlı deneyleri iki kuramın da eksik kalan kısımlarını aydınlattı. En sonunda, genetik ve evrimi modern biyolojinin geniş goblenine birlikte dokumayı başaran kişi –daha doğrusu, o ve yetenekli asistan ekibi– oldu.

Darwinciliğin gerilemesi –şimdilerde Darwincilik "tutulması" olarak bilinir– 1800'lerin sonlarında oldukça mantıklı nedenlere dayanarak başladı. Her şey bir yana, biyologlar Darwin'i evrimin gerçekleştiğini kanıtladığı için takdir ediyorlardı, ancak bir yandan da evrim mekanizmasını küçümsüyorlardı. Doğal seçilim, güçlünün hayatta kalması, Darwin'in savunduğu değişiklikleri meydana getirmek için ne yazık ki yetersizdi.

Eleştirmenler doğal seçilimin özellikle yalnızca yetersiz olanları ortadan kaldırdığı inancı üzerine kafa yoruyorlardı; bu, yeni ya da avantajlı özelliklerin nereden geldiğini açıklamıyordu. Nüktedan birinin söylediği gibi, doğal seçilim en güçlünün hayatta kalması-

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

nı açıklıyordu, *ortaya çıkışını* değil. Darwin'in doğal seçilimin azap verici bir yavaşlıkla, bireyler arasındaki küçük farklılıklar aracılığıyla işlediğinde ısrar etmesi meseleyi daha da karışık bir hale getiriyordu. Ondan başka hiç kimse küçük değişimlerin uzun vadede gerçek bir fark yaratabileceğine inanmıyor, ani sıçramalarla oluşan evrime inanıyorlardı. Darwin'in en önemli savunucularından Thomas Henry Huxley bile Darwin'i türlerin bazen sıçramalarla ilerlediğine ikna etmeye çalıştığını, "ancak Bay Darwin'in bundan hiç hoşlanmadığını" hatırlıyordu. Darwin düşüncesinden şaşmadı, sadece son derece küçük adımları kabul ediyordu.

Doğal seçilime karşı çıkan başka savlar, Darwin'in 1882'deki ölümünden sonra güç kazandı. İstatistikçilerin gösterdiği gibi, çoğu özellik türler için bir çan eğrisi oluşturuyordu: ⌒. Örneğin çoğu insan ortalama boydaydı, kısa boylu ya da uzun boylu insanların sayısı her iki tarafta düzenli bir biçimde azalıyordu. Hayvanlarda hız (ya da güç veya zeka) gibi özellikler de, ortalamayı oluşturan hayvanların sayısının daha fazla olduğu bir çan eğrisi oluşturuyordu. Elbette avcılar tarafından yakalanan hantal ve geri zekalı hayvanların doğal seçilim sayesinde ayıklanacağı belliydi. Ancak pek çok bilim insanı evrimin gerçekleşmesi için ortalamanın değişmesi gerektiğini savunuyordu; ortalamayı oluşturan canlılar daha hızlı, daha güçlü ya da daha zeki bir hale gelmeliydi. Aksi takdirde türler büyük ölçüde aynı kalırdı. Ancak en yavaşları öldürmek, kaçıp kurtulanları birdenbire daha hızlı yapmazdı; sonuçta kaçanlar yine vasat çocuklar doğurmaya devam ederdi. Dahası, çoğu bilim insanı az sayıdaki hızlı canlının daha yavaş olanlarla çiftleştiğinde hızlılık özelliğinin seyreleceğini ve ortaya daha fazla sıradan yaratık çıkacağını varsayıyordu. Bu mantığa göre türler ortalama özelliklerde takılıp kalıyordu ve doğal seçilimin dürtmesi onları geliştirmiyordu. O halde gerçek evrim –maymundan insana evrilme– sıçramalı olarak ilerlemeliydi.[4]

4- 1830'larda Darwin, kuzeni Francis Galton'ı tıp fakültesini bırakıp matematik okumaya ikna et-

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

Görünürdeki istatistiki sorunlar dışında Darwincilik aleyhine çalışan başka bir şey daha vardı: duygular. İnsanlar doğal seçilimden nefret ediyordu. Güçlülerin zayıfları ezdiği, merhametsiz bir ölüm söz konusuydu. Oyun yazarı George Bernard Shaw gibi entelektüeller Darwin'in kendilerine ihanet ettiğini bile düşünüyordu. Shaw, dini dogmalara sert bir darbe indirdiği için başta Darwin'e hayranlık duymuştu. Ama doğal seçilim hakkında daha fazla şey öğrendikçe, ondan nefret etmeye başlamıştı. Daha sonra yana ya-

---

mişti. Darwin'in sonraki destekçileri bu tavsiyeyi muhtemelen pek çok kez pişmanlıkla anmıştır. Çünkü Darwin'in itibarına en önemli zararı veren Galton'ın çan eğrileriyle ilgili istatiksel çalışması ve Galton'un bu çalışmaya dayanan amansız savları oldu.

A Guinea Pig's History of Biology kitabında da ayrıntılı şekilde anlatıldığı gibi, Galton oluşturduğu çan eğrilerinin kanıtlarını 1884 Londra Uluslararası Sağlık Fuarı'nda nevi şahsına münhasır yöntemler kullanarak toplamıştı. Fuar hem bilimsel bir girişim hem de sosyal bir etkinlikti. Müşteriler temizlik ve kanalizasyon konulu sergileri gezerken az alkollü nane şerbetlerini, alkollü pançlarını ve kımızlarını yudumlar, yani aslında felekten bir gün çalarlardı. Fuarda Galton da bir stand kurmuştu, yorulmak bilmeden, bazıları sarhoş olan dokuz bin İngiliz'in boyunu, görme ve işitme yeteneğini ölçtü. Aynı zamanda yumruk atma ve çeşitli aletleri sıkma gibi faaliyetleri içeren panayır oyunları aracılığıyla kas güçlerini de ölçtü. Bu iş Galton'ın tahmin ettiğinden çok daha zor oldu; aletlerin nasıl çalıştığını anlamayan hödükler sık sık sakarlık yapıyor, kimileri de güçlerini gösterip kızları etkilemek istiyordu. Gerçek bir panayır atmosferi vardı ama Galton fazla eğlenmedi; sonrasında panayıra gelenlerin "aptallığı ve dik kafalılığının dayanılmayacak kadar fazla" olduğunu söylemişti. Ama beklendiği gibi Galton insan özelliklerinin de çan eğrileri oluşturduğunu doğrulayacak kadar veri topladı. Bu bulgu sayesinde, evrimin nasıl ilerlediğini kendisinin kuzen Charles'tan daha iyi anladığı, küçük çeşitlenmeler ve küçük değişikliklerin aslında önemli rol oynamadığı konusundaki güvenini pekiştirdi.

Üstelik bu Galton'ın Darwin'e ilk köstek oluşu da değildi. *Türlerin Kökeni Üzerine*'yi yayımladığı günden beri Darwin kuramında bir şeyin eksik olduğunun farkındaydı. Doğal seçilim yoluyla evrim, canlıların olumlu özellikleri kalıtımla almasını gerektirir ama bunun nasıl olacağı konusunda (tanınmamış bir keşiş dışında) kimsenin bir fikri yoktu. Bu nedenle Darwin son yıllarını, bu süreci açıklamak için bir kuram oluşturmaya harcadı.

Pangenezis adını verdiği bu kuram, her organın, kol ve bacakların gemül denen mikroskopik sporlar pompaladığını varsayıyordu. Bunlar canlının içinde dolaşıyor, hem doğuştan özellikleri (doğası) hem de yaşamı boyunca edindiği özellikleri (çevresi, yetişmesi) hakkında bilgi taşıyordu. Bu gemüller bedenin erojen bölgeleri tarafından bir kenara koyuluyor, çiftleşme sırasında erkeğin spermini bırakmasıyla erkek ve kadın gemüllerinin iki su damlası gibi birbirine karışmasını sağlıyordu.

Aslında hatalı olsa da, pangenezis zekice bir kuramdı. Galton tavşanlardaki gemülleri aramak için zekice bir deney tasarladığında Darwin bu cesur girişimi yürekten destekledi, ama umutları kısa sürede yıkıldı. Galton, gemüllerin vücutta kanın içinde dolaşması gerektiğini düşünüyordu. Bu nedenle siyah, beyaz ve gri tavşanlar arasında kan nakli yapıp yavruları olduğunda birkaç alacalı melez elde etmeyi umdu. Ama yıllar süren çiftleşmelerden sonra tek bir alacalı tavşan bile ortaya çıkmadı. Bunun üzerine Galton gemüllerin var olmadığını öne süren bir makale yayımladı. Normalde babacan olan Darwin bu noktada küplere bindi. İki adam, bilimsel ve kişisel konularda yıllarca samimi bir biçimde mektuplaşmış, çoğu zaman da birbirlerinin fikirlerini övmüşlerdi. Bu defa Galton'a saldıran Darwin oldu, burnundan soluyarak, gemüllerin kanda dolaştığını hiçbir zaman iddia etmediğini söyledi, yani tavşanlar arasında kan nakli yapmak hiçbir şeyi kanıtlamıyordu.

Darwin hem iki yüzlüydü (Galton bütün bu deneyleri yaparken, Darwin kanın gemüller için iyi bir araç olmadığıyla ilgili hiçbir şey söylememişti) hem de kendini kandırıyordu. Galton, pangenezis ve gemüller teorisini gerçekten de tek hamlede yıkmıştı.

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

kıla "Anlamını bütünüyle kavradığınızda, yüreğiniz bir kum yığını gibi ufalanıp ezilir. Korkunç bir kaderciliği var, güzellik ve zekayı korkunç ve nefret uyandırıcı bir biçimde hiçe indirgiyor," diyecekti. Shaw bu yasalarla yönetilen doğanın "saçmalık uğruna verilen evrensel bir mücadele" olacağını söylüyordu.

1900'lerde Mendel'in üç koldan yeniden keşfi bilimsel bir alternatif ve kısa bir süre sonra da açık bir rakip olunca Darwincilik karşıtlarını harekete geçirdi. Mendel'in çalışması açlık ve ölümü değil, büyüme ve üremeyi vurguluyordu. Dahası Mendel'in bezelyeleri ani sıçramanın işaretlerini gösteriyordu: saplar kısa ya da uzun, bezelyeler sarı ya da yeşildi, arada hiçbir şey yoktu. 1902'ye gelindiğinde, İngiliz biyolog William Bateson bir doktorun insanlardaki bilinen ilk geni tanımlamasına yardım etmişti bile: Çocukların idrar rengini siyaha dönüştüren, endişe verici ancak hayati tehlikesi olmayan, alkaptonüri hastalığı geni. Kısa bir süre sonra Bateson, Mendelcilik yerine "genetik" terimini kullanmayı önerdi ve Avrupa'da Mendel'in sıkı bir taraftarı olarak yorulmaksızın rahibin çalışmalarını savundu; hatta sırf Mendel seviyor diye satranç oynayıp puro içmeye bile başladı. Bateson'ın ürkütücü fanatizmini destekleyen başkları da vardı; çünkü Darwincilik yeni yüzyılın ilerlemeci dünya görüşüne uymuyordu. 1904'e gelindiğinde, Alman bilim insanı Eberhard Dennert "Darwincilik ölüm döşeğinde, nezih bir cenaze töreni düzenleneceğinden emin olmak için hastanın dostlarına para göndermeye hazırlanıyoruz," diyerek kıs kıs gülebiliyordu. (Günümüz yaradılışçılarına uygun kaçacak duygular.) Elbette küçük bir azınlık da olsa, dünyadaki Dennert'ler ve Bateson'lara karşı Darwin'in aşamalı evrim vizyonunu hem de ateşli bir biçimde savunan biyologlar da vardı; bir tarihçinin yorumuyla, her iki taraf da "şaşılacak ölçüde çirkef"ti. Ancak bu bir avuç inatçı bilim insanı Darwincilik tutulmasında karanlığın giderek yoğunlaşmasını engelleyemiyordu

Mendel'in çalışmaları Darwin karşıtlarını harekete geçirdiyse de, onları tam anlamıyla birleştirmeyi hiçbir zaman başaramadı. 1900'lerin başlarında bilim insanları genler ve kromozomlarla ilgili,

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

bugün hala genetiğin temelini oluşturan birkaç önemli gerçek keşfetti: Genler bütün canlılarda bulunur, genler değişebilir ya da mutasyona uğrayabilir, hücrelerdeki kromozomlar çift olarak bulunur, her canlı anne ve babasından eşit sayıda kromozom alır. Ancak bu keşifleri birleştiren genel bir anlam bütünü yoktu. Tek tek piksellerin birleşimi anlaşılır bir resim oluşturmuyor, bunun yerine kafa karıştırıcı bir dizi bölük pörçük kuram ortaya çıkıyordu: "kromozom kuramı", "mutasyon kuramı", "gen kuramı" vb. Her biri kalıtımın dar bir boyutunu savunuyor ve günümüzde yalnızca kafa karıştırıcı görünen ayrımlar ortaya çıkarıyordu: Bazı bilim insanları (hata yaparak) genlerin kromozomlarda bulunmadığına inanıyorlardı; kimileri her kromozomun yalnızca bir gen taşıdığına, kimileri de kromozomların kalıtımda hiçbir rolü olmadığına inanıyordu. Bunu söyleyince geçmişi şimdinin bakış açısıyla yargılamış gibi olacağım ama birbiriyle örtüşen bu kuramları okumak günümüzde düpedüz sinir bozucu olabilir. *Çarkıfelek*'te soruyu bilemeyen sersem yarışmacıya bağırdığınız gibi bilim insanlarına, "Düşünsene yahu! Gözünün önünde duruyor!" diye haykırmak istersiniz. Ancak hiçbir derebeylik, rakibinin keşfini dikkate almıyor ve neredeyse Darwincilik aleyhine konuştukları kadar, birbirleriyle de didişiyorlardı.

Bu devrimciler ve karşı devrimciler Avrupa'da birbirine diş bilerken Darwin-genetik kavgasını en sonunda bitirecek olan bilim insanı adı sanı bilinmeden Amerika'da çalışıyordu. Darwincilere de genetikçilere de güvenmemesine rağmen –kuram hakkında boş boş konuşup duruyorlardı– Thomas Hunt Morgan, 1900'de Hollanda'da bir botanikçiyi ziyaret ettikten sonra kalıtıma merak salmıştı. Hugo de Vries o yıl Mendel'i yeniden keşfeden üçlüden biriydi, de Vries'in Avrupa'da Darwin'inkine rakip bir ünü vardı, bunun nedeni kısmen de Vries'in türlerin kökeniyle ilgili rakip bir kuram geliştirmiş olmasıydı. De Vriesçi mutasyon kuramı türlerin ender ama yoğun mutasyon dönemlerinden geçtiğini öne sürüyordu. Bu dönemde her iki ebeveyn de "sporlar" denen ve önemli ölçüde farklı özellikler taşıyan döller üretiyordu. De Vries, mutasyon kura-

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

mını Amsterdam yakınlarında bulunan terk edilmiş bir patates çiftliğinde bazı anormal akşam sefası bitkilerini gördükten sonra geliştirmişti. Bu sporların bazıları daha düz yapraklara, daha uzun saplara ya da daha çok sayıda taç yaprağa sahipti. Akşam sefası sporları eski normal akşam sefalarıyla çiftleşmiyor, onların üzerinden sıçrayıp yeni bir tür oluşturmuş görünüyorlardı. Darwin evrimde sıçramaları reddetmişti, çünkü bir spor ortaya çıktıktan sonra normal bireylerle çiftleşmek zorunda kalarak iyi niteliklerini seyreltecekti. De Vries'in mutasyon dönemi bu itirazı bir çırpıda ortadan kaldırıyordu: Pek çok spor bir anda ortaya çıkıyor ve yalnızca birbirleriyle çiftleşebiliyordu.

Akşam sefasıyla elde edilen sonuçlar Morgan'ın beynine kazınmıştı. De Vries'in mutasyonun nasıl ya da neden ortaya çıktığına dair hiçbir fikrinin olmaması önemli değildi. Morgan nihayet yeni türlerin ortaya çıkışını açıklayan bir kanıt bulmuştu, spekülasyon değil. New York'taki Columbia Üniversitesi'nde kadroya girdikten sonra, Morgan hayvanlardaki mutasyon dönemlerini araştırmaya karar verdi. Fare, kobay fareleri ve güvercinler üzerinde deneylere başladı, ancak ne kadar yavaş ürediklerini görünce bir meslektaşının önerisini dinleyip meyve sineklerini, bilimsel adıyla *Drosophila*'yı denedi.

Dönemin pek çok New Yorklusu gibi meyve sinekleri de New York'a yeni göç etmişti, 1870'lerde ilk muz meyvesiyle birlikte gelmişlerdi. Genellikle folyoya sarılan bu egzotik sarı meyveler tanesi on sentten satılmış, coşkulu kalabalıkların meyveyi çalmasını önlemek için muz ağaçlarının başında bekçiler nöbet tutmuştu. Ancak 1907'de muzlar da sinekler de New York'ta o kadar yaygınlaşmıştı ki, Morgan'ın asistanı bir muzu dilimleyip çürümesi için pencere pervazına bıraktığında araştırma için gereken koca bir meyve sineği sürüsünü yakalayabiliyordu.

Meyve sineklerinin Morgan'ın araştırması için biçilmiş kaftan olduğu ortaya çıktı. Hızlı ürüyorlar –her on iki günde bir yeni bir nesil– fıstıktan daha ucuz yiyeceklerle beslenebiliyorlardı. Aynı zamanda klostorofobik Manhattan dairesine de katlanabiliyorlar-

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

Thomas Hunt Morgan'ın Columbia Üniversitesi'ndeki dağınık pis sinek odası. İçerde süt şişelerinin içinde, çürük muzlarla beslenen yüzlerce sinek yaşıyordu. (The American Philosophical Society)

dı. Morgan'ın beş metreye yedi metrelik laboratuvarında –"sinek odası," 613 Schermerhorn Hall Columbia– sekiz masa bulunuyordu. Ama bin adet meyve sineği bir litrelik süt şişesinde mutlu mesut yaşıyordu. Morgan'ın rafları kısa sürede asistanlarının öğrenci kafeteryası ve bina girişlerinden "ödünç aldığı" düzinelerce şişeyle dolmuştu.

Morgan sinek odasının ortasındaki masaya yerleşti. Çekmecelerinde gezinen hamamböcekleri çürümüş meyveleri yiyordu ve odada hiç susmayan bir vızıltı vardı, ama Morgan bütün bunların ortasında istifini bozmadan oturuyor, bir kuyumcu merceğiyle bakarak de Vries'in bahsettiği mutantları bulmak için şişeleri inceliyordu. Bir şişeden ilginç bir örnek çıkmazsa Morgan bazen onları başparmağıyla eziyor, iç organlarını laboratuvarda herhangi bir yere, çoğu kez de laboratuvar defterlerine bulaştırıyordu. Genel temizlik açısından

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

talihsiz bir durumdu, ancak Morgan'ın pek çok sineği ezmesi gerekti: *Drosophila*'nin durmadan üremesine rağmen Morgan spor izine rastlamadı.

Bu sırada Morgan'ın şansı başka bir alanda yaver gitti. 1909 sonbaharında akademik izne çıkan bir meslektaşının yerini aldı ve Columbia kariyerindeki tek giriş dersini verdi. Bir gözlemciye göre, o yarıyıl içinde "en büyük keşfini" iki parlak asistanını bularak yapmıştı. Alfred Sturtevant, Morgan'ın dersini Columbia'da Latince ve Yunanca dersi veren erkek kardeşinden duymuştu. Sturtevant yalnızca ikinci sınıf öğrencisiydi, ancak atlarda donların kalıtımıyla ilgili bağımsız makalesiyle Morgan'ı etkilemişti. (Morgan, Kentuckyliydi. Babası ve amcası İç Savaş sırasında federasyon saflarında Morgan'ın Akıncıları denen bir çeteye önderlik etmiş ünlü at hırsızlarıydı. Morgan konfederasyon geçmişini küçümserdi ama atları tanırdı.) Sturtevant o andan itibaren Morgan'ın altın çocuğu oldu ve en sonunda sinek odasında gıpta edilen bir masa kazandı. Sturtevant kültürlü bir hava edinmeye çalışıyor, çok edebiyat okuyor ve zorlu İngiliz bulmacaları çözüyordu. Gerçi sinek odasının pisliği içinde bir keresinde çekmecesinden mumyalaşmış bir fare leşi çıkmıştı. Sturtevant'ın bilim insanı olarak tek kusuru, kırmızı-yeşil renk körü olmasıydı. Ailesinin Alabama'daki meyve çiftliğinde çoğunlukla atlara bakmıştı çünkü yeşil dallardaki kırmızı çilekleri seçmekte zorlandığı için hasat zamanı faydası olmadığı anlaşılmıştı.

Diğer üniversite öğrencisi Calvin Bridges, Sturtevant'ın bozuk gözlerini ve sıkıcılığını telafi ediyordu. Morgan başlarda yetim olan Bridges'e acıdığı için ona süt şişelerini temizleme işini vermişti. Ama Bridges çıplak gözle, üstelik kirli cam şişelerin içindeki ilginç sinekleri fark ettiğinde Morgan onu araştırmacı olarak işe aldı. Bu Bridges'in hayatı boyunca sahip olduğu tek iş oldu neredeyse. Kabarık saçlı, duygusal ve yakışıklı bir adam olan Bridges, terim icat edilmeden çok öncesinde serbest aşkın bir uygulamacısıydı. En sonunda karısını ve çocuklarını terk etti, vasektomi oldu ve Manhattan'daki bekar evinde kaçak içki üretmeye başladı. Meslektaşlarının eşleri

Calvin Bridges (solda) ve Thomas Hunt Morgan'ın nadir fotoğraflarından biri. Morgan fotoğrafının çekilmesinden o kadar nefret ederdi ki, fotoğrafını çekmek isteyen bir asistanı sinek laboratuvarının bürosuna bir fotoğraf makinesi saklayıp, uzaktan bir ip düzeneğiyle fotoğrafını çekmek zorunda kalmıştı. (Ulusal Tıp Kütüphanesi'nin izniyle)

dahil, etek giyen her varlığa asılmaya ya da düpedüz ilişki teklif etmeye girişti. Masum çekiciliğiyle pek çok kadını baştan çıkardı, ama sinek odasının efsane haline gelmesinden sonra bile üniversiteler Bridges'i değersiz bir asistandan başka bir konumda kabul edip de isimlerini lekelemek istemedi.

Bridges ve Sturtevant ile tanışması, o zamana kadar bütün deneyleri başarısızlıkla sonuçlanmış olan Morgan'ın moralini düzeltmiş olmalıydı. Doğal bir mutant bulmayı başaramayan Morgan, sinekleri aşırı sıcağa ve soğuğa maruz bırakmış, bulması pek de kolay olmayan genital bölgelerine asitler, bazlar, tuzlar ve diğer potansiyel mutajenler enjekte etmişti. Yine bir sonuç elde edememişti. Ocak 1910'da vazgeçmek üzereyken en sonunda toraksında (orta boğum) garip bir üç dişli mızrak deseni bulunan bir sinek görmüştü. De Vries'in süper sineği değildi bu, ama yine de bir şeydi. Mart'ta iki mutant daha ortaya çıktı. Birisinin kanatlarının yanında sanki "kıllı koltukaltları" gibi görünen pürtüklü benleri vardı. Bir diğerinin de bedeni normal kehribar rengi yerine zeytin rengindeydi. O zamana kadarki en etkileyici mutant Mayıs 1910'da ortaya çıktı: (kırmızı değil) beyaz gözlü bir sinek.

Bir ilerleme kaydettiği hevesiyle Morgan –belki de bu bir mutasyon dönemiydi– uzun ve sıkıcı bir çalışmayla beyaz gözlüleri bir kenara ayırdı. Süt şişesinin kapağını açtı, şişenin ağzına ters duran başka bir şişe dayadı ve beyaz gözlüleri yukarı çekmek için tepeden ışık tuttu. Elbette yüz kadar kırmızı gözlü sinek de yukarı çıkan beyaz gözlülerin arasına karıştı. Bu nedenle Morgan hemen iki şişenin de kapağını kapatıp yeni bir şişe kullanarak bu işlemi birçok kez tekrarlayarak, beyaz gözlülerin kaçmaması için dua edip her seferinde sineklerin sayısını azalttı. En sonunda sineği ayırmayı başardığında da kırmızı gözlü dişilerle çiftleştirdi. Sonra ikisinden elde ettiği melez nesli çeşitli yollarla kendi içinde çiftleştirdi. Sonuçlar karmaşıktı, ama bir sonuç Morgan'ı özellikle heyecanlandırdı: Bazı kırmızı gözlü melezleri birbiriyle çiftleştirdikten sonra, yeni döller arasında kırmızı gözlülerin beyaz gözlülere oranı 3:1 oluyordu.

Morgan geçen yıl, yani 1909'da, Danimarkalı botanikçi Wilhelm Johannsen'in Columbia'da düzenlenen Mendel oranları konferansını dinlemişti. Johannsen bu etkinliği fırsat bilerek kalıtım için önerilen birimi, *gen* terimini tanıttı. Johannsen ve diğerleri, genlerin kullanışlı icatlar olduğunu, bir şeyi açıklamak için kullanılan bir terim olduğunu açıkça itiraf ediyorlardı. Ancak genlerin biyokimyasal ayrıntıları konusundaki cahilliklerine rağmen, gen kavramının kalıtımı inceleme konusundaki yararı yadsınamazdı (günümüz psikologların beyni ayrıntısıyla anlamadan öfori ya da depresyonu araştırabilmeleri gibi). Morgan konuşmayı fazla spekülatif bulmuştu, ama deney sonuçlarında elde ettiği 3:1 oranı, Mendel'e duyduğu önyargıyı derhal azalttı.

Morgan yüz seksen derecelik bir dönüş yapmıştı, ama bu henüz bir başlangıçtı. Göz rengi deneyinde elde ettiği oranlar onu gen kuramının saçmalık olmadığına ikna etmişti. Ama genler nerede bulunuyordu? Belki kromozomlarda, ama meyve sineklerinde kalıtım yoluyla geçen yüzlerce özellik bulunmasına karşın yalnızca dört kromozom vardı. Her özelliğe bir kromozom düştüğü varsayılırsa özellikleri karşılamaya yetecek kadar kromozom yoktu. Morgan kromo-

zom kuramı denen şeyle ilgili tartışmalara sürüklenmek istemiyordu, ama keşfettiği şey ona başka seçenek bırakmadı: Beyaz gözlü sinekleri inceleyip bütün mutantların erkek olduğunu fark etti. Bilim insanları meyve sineklerinde cinsiyetin kromozomlar tarafından belirlendiğini biliyorlardı (memelilerdeki gibi, sineklerde de dişilerde iki, erkeklerdeyse bir tane X kromozomu bulunur). Yani beyaz göz geni de bu kromozoma bağlıydı, bu durumda kromozom iki özellik birden taşıyordu. Sinek çocuklar yalnızca erkeklerde bulunan başka genler de keşfetti: kısa kanatlar ve sarı gövde gibi. Sonuç kaçınılmazdı: Tek kromozom üzerinde birden fazla genin bir arada bulunduğunu kanıtlamışlardı.[5] Morgan'ın bunu istemeye istemeye kanıtlamış olsa da kromozom kuramını savunmaya başladı.

Bu tip eski inançları yıkmak Morgan'da alışkanlık haline geldi; bu hem en hayranlık verici hem de en çıldırtıcı özelliğiydi. Sinek odasında kuramsal tartışmaları teşvik etmesine rağmen Morgan yeni kuramları ucuz ve basit buluyordu; laboratuvarda çapraz sorguya çekilmedikçe pek az değerleri vardı. Bilim insanlarının kuramları bir kılavuz olarak kullandıklarını, neyin gerekli neyin gereksiz olduğuna karar vermek, sonuçlarını düzenlemek ve zihin bulanıklığına engel olmak için onlardan yararlandıklarını kavramamış gibiydi. Bridges ve Sturtevant gibi lisans öğrencileri bile, özellikle de sinek odasına sonradan katılan ve parlak zekasına rağmen aynı oranda da sinir bozucu olan öğrenci Hermann Muller, genler ve kalıtım üzerine yaptıkları pek çok tartışmada Morgan yüzünden saç baş yolacak hale geldi. Birisi onu köşeye sıkıştırıp hatalı olduğuna ikna ettiğinde Morgan'ın hiç utanma belirtisi göstermeden eski fikirlerini bırakıp yenileri hemen benimsemesi de bir o kadar çileden çıkarıcıydı.

5- Bunun gibi cinsiyete bağlı çekinik özellikler dişilerden ziyade erkeklerde ortaya çıkar. Bunun basit bir nedeni vardır. X'lerinden birinde ender rastlanan beyaz göz geni bulunan bir XX dişisi, diğer X'inde neredeyse kesinlikle kırmızı göz genini taşıyacaktır. Kırmızı, beyaza baskın olduğu için de gözleri beyaz olmayacaktır. Ama bir XY erkeğinin X'inde beyaz göz geni varsa bunun yedeği yoktur, mutlaka beyaz gözlü olacaktır. Genetikçiler tek bir çekinik versiyon taşıyan dişilere "taşıyıcı" derler, bu dişiler çekinik geni erkek çocuklarının yarısına geçirirler. İnsanlarda hemofili, Sturtevant'ın kırmızı-yeşil renk körlüğü gibi özellikler cinsiyete bağlıdır.

Morgan için bu yarı intihal fazla önemli değildi. Herkes aynı hedef doğrultusunda çalışıyordu (*öyle değil mi,* arkadaşlar?); hem zaten yalnızca deneyler önem taşıyordu. Ayrıca Morgan'ın hakkını da vermek gerek; bu yüz seksen derece dönüşler, çoğu Avrupalı bilim insanının yardımcılarıyla olan küçümser ilişkilerinin aksine Morgan'ın asistanlarını dinlediğini gösteriyordu. Bu nedenle Bridges ve Sturtevant her zaman Morgan'a olan bağlılıklarını açıkça dile getirdi. Ancak ziyaretçilerin bazen asistanlar arasında kardeşçe bir rekabet veya gizliden gizliye bir içerleme sezdiği de olurdu. Morgan arkadan iş çevirmeyi ya da çıkarcı davranmayı amaçlamıyordu, sadece fikirlere bu kadar önem verilmesini anlayamıyordu.

Yine de, nefret ettiği fikirler Morgan'a pusu kurup duruyordu. Çünkü birleşik gen-kromozom kuramı ortaya çıkışından kısa bir süre sonra az kalsın yerle bir oluyordu ve yalnızca radikal bir fikir tarafından kurtarılabilirdi. Morgan tek bir kromozom üzerinde çok sayıda genin kümelendiğini saptamıştı. Başka bilim insanlarının çalışmalarından, ebeveynin çocuklarına kromozomları tam olarak aktardığını biliyordu. Bu nedenle tek bir kromozom üzerindeki bütün genetik özellikler birlikte aktarılmalı, her zaman bağlantılı olmalıydı. Farazi bir örnek vermek gerekirse, eğer bir kromozomdaki gen kümesi yeşil tüyler, tırtıklı kanatlar ve kalın antenlerden oluşuyorsa, bu özelliklerden birini taşıyan her sinek diğer ikisine se sahip olmalıydı. Bu tür kümelenmiş özellikler sineklerde gerçekten de bulunuyordu, ancak korktukları başına geldi: Morgan ve ekibi belli bağlantılı özelliklerin bazen bağımsız olabileceğini keşfetti. Nasıl oluyorsa, daima bir arada bulunması gereken yeşil tüy ve tırtıklı kanatlar farklı sineklerde ayrı ayrı da ortaya çıkabiliyordu. Bağımsızlık fazla yaygın değildi, bağlı özellikler her seferinde yüzde iki ya da yüzde dört oranında ayrılabiliyorlardı, ama o kadar kalıcıydılar ki Morgan kırk yılın başında hayal gücünü kullanmamış olsa bütün kuramı çürütebilirlerdi.

Morgan sperm ve yumurtanın nasıl oluştuğunu incelemek için mikroskop kullanan Belçikalı bir biyolog-rahibin makalesini okuduğunu hatırladı. Tekrar tekrar karşımıza çıkacağı üzere, biyoloji-

nin ana bulgularından biri bütün kromozomların çift halinde olduğudur; bu çiftler birbirine neredeyse eştir. (İnsanda yirmi üç çift halinde düzenlenmiş kırk altı adet kromozom bulunur). Yumurta ve sperm oluşurken, birbirine neredeyse eş kromozomların hepsi ana hücrenin ortasında sıralanır. Bölünme sırasında ikizlerden biri bir tarafa, diğeri öbür tarafa çekilir ve iki ayrı hücre doğar.

Ancak biyolog-rahip, bölünmeden hemen önce eş kromozomların bazen etkileşime girdiğini, uçlarını birbirine doladığını fark etmişti. Nedenini bilmiyordu. Morgan bu sarılma sırasında uçların kırıldığını ve yer değiştirdiğini önerdi. Bu, bağlantılı özelliklerin bazen birbirinden ayrılışını da açıklıyordu. Kromozom iki gen arasında bir yerde kırılıp onları da yerinden oynatmıştı. Hızını alamayan Morgan tahminlerine devam etti. Her seferinde yüzde dört oranında ayrılan özellikler, muhtemelen her defasında yüzde iki oranında ayrılan özelliklere göre birbirinden daha uzakta bir yerdeydi, çünkü ilk çift arasındaki fazladan mesafe bu bölümdeki kırılma ihtimalini artıracaktı.

Morgan'ın parlak tahmini doğru çıktı. Bridges ve Sturtevant'ın da kendi sezgilerini eklemesiyle birlikte sinek çocuklar, Morgan'ın ekibini tarihi açıdan bu denli önemli kılan yeni bir kalıtım modelini tasarlamaya başladılar. Bu model bütün özelliklerin genler tarafından kontrol edildiğini söylüyordu; bu genler kromozomlarda sabit noktalarda duruyor ve bir kolyedeki inciler gibi diziliyordu. Canlılar her ebeveynden her kromozumun bir kopyasını aldıklarından, genetik özellikler kromozomlarla ebeveynden çocuğa geçiyordu. Krosover (ve mutasyon) kromozomları bir parça değiştiriyor, bu da her canlının benzersiz olmasına yardımcı oluyordu. Yine de kromozomlar çoğunlukla bozulmadan kalıyor, bu da özelliklerin aile içinde devam etmesini açıklıyordu. Kalıtımın nasıl işlediğine dair ilk genel açıklama ortaya çıkmıştı bile.

Gerçekte dünyanın dört bir yanındaki bilim insanlarının çeşitli bölümlerini keşfettiği bu kuramın pek azı Morgan'ın laboratuvarından çıkmıştı. Ama birbiriyle belli belirsiz ilişkili bu görüşleri en so-

nunda Morgan'ın ekibi birleştirmiş, sinekler de kuvvetli bir deneysel kanıt sunmuştu. Morgan'ın rafında duran on bin vızıldayan mutant arasında hiçbir dişi yokken, eşey kromozumu bağlantısını kimse inkar edemezdi.

Elbette Morgan bu kuramları birleştirdiği için övülüyordu, fakat onları Darwinci doğal seçilimle uzlaştırmak için hiçbir şey yapmamıştı. Bu uzlaştırma yine sinek odasındaki çalışmalar sonucunda ortaya çıktı, ama Morgan bu fikri de yine asistanlarından "ödünç almıştı". Üstelik bu kez asistanlar arasında durumu Bridges ve Sturtevant kadar uysallıkla kabul etmeyen biri de vardı.

Hermann Muller sinek odasına 1910'larda gidip gelmeye başlamıştı. Yaşlı annesine baktığı için düzensiz bir hayatı vardı. Otel ve bankalarda hizmetli olarak çalışıyor, geceleri göçmenlere İngilizce dersi veriyor, bir işten diğerine gidip gelirken metroda sandviçle karnını doyuruyordu. Her nasılsa Muller bu arada Greenwich Village'da yaşayan yazar Theodore Dreiser'la arkadaş olacak, sosyalist politikaya girecek ve üç yüz yirmi kilometre uzaktaki Cornell Üniversitesi'ne gidip gelerek yüksek lisans yapacak vakti bulmuştu. Ama ne kadar yorgun olursa olsun, Miller tek boş günü olan perşembeleri Morgan ve sinek çocuklara uğruyor ve genetikle ilgili fikir tartışmasına giriyordu. Entelektüel açıdan hazırcevap Muller bu toplantılarda başrol oynuyordu. 1912'de Cornell'den mezun olduktan sonra Morgan ona sinek odasında bir yer verdi. Morgan Muller'e maaş vermeyi reddettiği için Muller'in programı aynı sıkışıklıkta devam etti. Kısa bir süre sonra sinirsel bir çöküntü geçirdi.

Muller'in sinek odasındaki konumundan kaynaklanan öfkesi onyıllar boyunca dinmedi. Morgan'ın bir burjuva olan Sturtevant'ı açıkça kayırmasına ve muz hazırlamak gibi angarya işleri işçi sınıfından gelen Bridges'e yüklemesine öfkeliydi. Bridges ve Sturtevant, Muller'in fikirleri üzerine deney yapmak için para alırken, o cep harçlığı için beş ilçe arasında mekik dokuyordu. Morgan'ın sinek odasını kulüp odası gibi kullanmasına ve bazen Muller'in arkadaşlarını binanın alt katında çalıştırmasına kızıyordu. Her şey-

den önemlisi de, onun katkılarına Morgan'ın ilgisiz kalmasına öfkeleniyordu. Bunun nedeni kısmen Muller'in kendi akıl ettiği zekice deneyleri yürütme konunda yavaş olmasıydı, çünkü Morgan en çok bu konuya değer veriyordu. Gerçekten de Muller, Morgan'dan daha kötü bir akıl hocası bulamazdı. Bütün sosyalist eğilimlerine rağmen Muller kendi entelektüel mülkiyetine epey bağlanıyordu; ayrıca sinek odasındaki özgür ve komünal yapının yeteneğini hem sömürdüğünü hem de görmezden geldiğini hissediyordu. Üstelik Muller'in da Bay Sempati olduğu söylenemezdi. Kaba eleştirileriyle Morgan, Bridges ve Sturtevant'ı rahatsız ediyor ve neredeyse saf mantık dışında her şeyden alınıyordu. Doğal seçilim yoluyla evrimi biyolojinin temeli sayan Muller, Morgan'ın bu fikri umursamazca reddetmesine de özellikle sinirleniyordu.

Sebep olduğu kişilik çatışmalarına rağmen Muller sinek grubunu daha önemli çalışmalara yöneltti. Hatta 1911'den sonra ortaya çıkmakta olan kalıtım kuramına Morgan'ın pek az katkısı olurken Muller, Bridges ve Sturtevant art arda önemli keşifler yapmaya devam ettiler. Ne yazık ki şimdi kimin ne bulduğunu ayırabilmek kolay değil; üstelik bunun tek sebebinin sürekli fikir değiş tokuşu olduğunu da söyleyemeyiz. Morgan ve Muller çoğu zaman fikirlerini düzensizce karalıyorlardı. Morgan belki de daracık laboratuvarda yer açmak zorunda kaldığı için dolabını beş yılda bir temizliyordu. Muller belgelerini saklıyordu ama kendisine düşman etmeyi başardığı bir başka meslektaşı, Muller yurtdışında çalışırken onun dosyalarını attı. Bridges kalp sorunları yüzünden 1938'de ölünce, Morgan (Mendel'in birlikte çalıştığı rahipler gibi) onun dosyalarını yok etti. Bridges'in iflah olmaz bir kadın avcısı olduğu anlaşılmıştı; Morgan ayrıntılı bir zina kataloğu bulunca, bu kağıtları yakıp genetik alanında çalışan herkesi korumanın tedbirli olacağını düşündü.

Ama tarihçiler bazı şeyleri belli kişilere atfederler. Hangi özellik kümelerinin birlikte alındığını saptamaya bütün sinek çocuklar yardımcı oldu. Daha da önemlisi sineklerde dört farklı (tam olarak kromozom çiftleriyle aynı sayıda) kümenin var olduğunu keşfettiler.

Kromozom kuramına büyük bir destekti bu, çünkü her kromozomda birden çok genin bulunduğunu gösteriyordu.

Gen ve kromozom bağlantısı kavramını Sturtevant geliştirdi. Morgan yüzde iki oranında ayrılan genlerin, yüzde dört oranında ayrılan genlere kıyasla birbirlerine daha yakın olduğunu tahmin etmişti. Bir gece Sturtevant düşünürken bu yüzdeleri gerçek mesafelere çevirebileceğini fark etti. Özellikle yüzde iki oranında ayrılan genler birbirlerine diğer çiftten iki kat daha yakın konumlanmalıydı, aynı mantık diğer yüzde bağlantıları için de geçerliydi. O gece üniversite ödevini yapmayan on dokuz yaşındaki Sturtevant, güneş doğduğunda bir kromozomun ilk haritasını kabataslak çıkarmıştı. Haritayı gördüğünde "resmen heyecandan sıçrayan" Muller, sonra da onu geliştirmenin yollarını göstermeye başlayacaktı.

Bridges "ayrılmamayı" keşfetti. Bu durum, kromozomların krosover sırasında kollarını büktükten sonra birbirlerinden ayrılmakta başarısız olmasıdır. (Sonuçta ortaya çıkan genetik malzeme fazlalığı Down sendromu gibi bozukluklara yol açar.) Bireysel keşiflerin dışında, doğuştan tamirci olan Bridges sinek odasını fabrikaya çevirdi. Bridges şişeleri sırayla çevirerek sinekleri ayırmaktansa üzerlerine az miktarda eter sıkarak onları sersemletecek bir fısfıs icat etti. Kuyumcu mercekleri yerine dürbün mikroskoplar koydu; sinekleri daha kolay görüp daha rahat hareket ettirebilmek için porselen tabaklarla ince uçlu fırçalar dağıttı. Çürük muzları kaldırıp yerine besleyici şeker pekmezi ve mısır unu bulamacı koydu. Soğukta cansızlaşan sineklerin yaz kış üreyebilmesi için iklim kontrollü dolaplar yaptı. Hatta sinek leşlerinden medeni biçimde kurtulabilmek için bir sinek morgu bile yaptı. Morgan bu katkıları her zaman takdir etmiyordu; morga rağmen sinekleri kondukları yerde ezmeye devam etti. Ama Bridges mutantlara nadiren rastlandığını biliyordu; ve bir kez ortaya çıktıklarında, Bridges'in kurduğu biyolojik fabrika sayesinde her biri serpilip milyonlarca yavru üretebiliyordu.[6]

6- Sinek odasını anlatan çok sayıda kitap vardır. Ama tam bir tarihçe için Jim Endersby'nin *A Guinea Pig's History of Biology* adlı eserini inceleyin. Bu, benim en sevdiğim kitaplardan biridir. En-

Muller sezgileri ve fikirleriyle katkıda bulunuyordu; görünürdeki çelişkileri çözüyor, bel vermiş kuramları sağlam mantıkla destekliyordu. Boğazı kuruyana kadar Morgan'la tartışmak zorunda kalsa da, yaşça büyük bilim insanının en sonunda genler, mutasyonlar ve doğal seçilimin nasıl bir arada işlediğini görmesini sağladı. Muller'in (ve başkalarının) özetlediği gibi: Genler canlılara özellikler verir, dolayısıyla genlerdeki mutasyonlar özellikleri değiştirir, canlıların farklı renge, boya, hıza vb. sahip olmasını sağlar. Ancak de Vries'in düşündüğünün tersine mutasyonlar spor ve yeni bir tür üreten büyük şeyler değil, çoğunlukla canlılarda küçük değişiklikler yapan şeylerdi. Doğal seçilim, bu canlılar arasında daha iyi uyum sağlayanların hayatta kalmasını ve daha sık üremesini sağlıyordu. Krosover devreye giriyor, genleri kromozomlar arasında kararak genlerin yeni versiyonlarını bir araya getiriyor ve doğal seçilime, üzerinde çalışabileceği daha fazla çeşitlilik sunuyordu. (Krosover o kadar önemlidir ki, bugün bazı bilim insanları kromozomlar asgari sayıda krosover yapmadan sperm ve yumurtanın oluşmayacağını düşünür.)

Muller aynı zamanda bilim insanlarının genlerin yapabileceği şeyler konusundaki fikirlerini genişletmeye de yardım etti. En önemlisi de Mendel'in incelediği türdeki özelliklerin (tek genin kontrol ettiği ikili özellikler) hikayenin tamamını oluşturmadığını öne sürmesiydi. Pek çok önemli özellik birden çok, hatta düzinelerce gen tarafından kontrol ediliyordu. Bu nedenle bu özellikler canlının tam olarak hangi geni aldığına dayanan tonlamalar gösterecekti. Belirli genler, ince geçişler oluşturan kreşendo ve dekreşendolar gibi diğer genlerin sesini yükseltip kısabilir. Ancak genlerin ayrı ve iri parçacıklı olması nedeniyle, yararlı bir mutasyon kuşaklar arasında seyrelmeyecektir. Gen bütün ve bozulmamış kalır, böylece üstün ebeveyn ikinci dereceden tiplerle çiftleştiği halde geni yine de çocuklarına aktarabilir.

---

dersby, Darwin'in gemüllerle maceralarına, Barbara McClintock'a (bkz. 5. Bölüm) ve diğer ilginç hikayelere de değinir.

Muller'e göre Darwincilik ve Mendelcilik birbirlerini güzelce destekliyordu. Muller en sonunda Morgan'ı buna ikna etti ve Morgan Darwinci oldu. Bir başka Morgan dönekliği diyerek buna kolayca tebessüm edilebilir elbette. Yine de Morgan sonraki yazılarında genetiğin doğal seçilimden daha önemli olduğunu vurgulamayı sürdürecekti. Ancak Morgan'ın onayı daha geniş anlamda önemliydi. O sırada biyolojiye tumturaklı kuramlar hakimdi (buna Darwin'inki de dahildir) ve Morgan'ın her zaman somut kanıtlar talep etmesi alanın sağlam temeller üzerinde kalmasını sağlamıştı. Bu nedenle biyologlar Thomas Hunt Morgan'ı bile ikna edebilen bir kuramın boş olmadığını biliyorlardı. Dahası Muller bile Morgan'ın kişisel etkisini kabul etmişti. "Unutmamalıyız," diye itiraz etmişti Muller bir keresinde. "Morgan'ın yol gösterici kişiliği kendi örneğini, yani yorulmaz çalışkanlığını, dikkat ve itinasını, neşesini, cesaretini başkalarına da aşıladı." En sonunda Muller'in zekice saldırılarının yapamadığını Morgan'ın cana yakınlığı yaptı. Genetikçileri Darwin'e olan önyargılarını gözden geçirmeye, Darwin'le Mendel'in ve doğal seçilimle genetiğin sentezlenmesi önerisini ciddiye almaya ikna etti.

Gerçekten de, 1920'lerde çok sayıda bilim insanı Morgan'ın ekibinin çalışmalarını devam ettirdi; mütevazı meyve sineği tüm dünyadaki laboratuvarlara yayıldı. Meyve sineği kısa sürede genetiğin standart hayvanı haline geldi ve dünyanın her yerindeki bilim insanlarının keşiflerini birbirine denk terimlerle karşılaştırmasına olanak sağladı. 1930'lar ve 40'larda bu çalışmaları temel alan matematik eğilimli biyologlar mutasyonların laboratuvar dışında, doğal popülasyonlarda nasıl yayıldığını araştırmaya başladı. Bilim insanları bir genin bazı canlılara ufacık bir hayatta kalma avantajı vermesinin bile, bu desteğin yeterince uzun süre etkileşimde kalması halinde türü yeni yönlere iteceğini gösterdiler. Dahası çoğu değişiklik de Darwin'in ısrarla söylediği gibi küçük adımlarla gerçekleşecekti. Sinek çocukların araştırması en sonunda Mendel'le Darwin arasında nasıl bağlantı kurulacağını göstermişti; sonraki biyologlar da bu fikri Öklid teoremi kadar sağlam hale getirdi. Darwin bir zaman-

lar matematiği ne kadar "iğrenç" bulduğundan sızlanmış, basit ölçümler dışında her konuda bocaladığını söylemişti. Oysa matematik Darwin'in kuramını destekledi ve itibarının bir daha asla gölgelenmemesini garantiledi.[7] Böylece 1900'lerin başlarındaki Darwincilik tutulmasının bir karanlık ve karışıklık dönemi olduğu, ama en sonunda geçip gittiği anlaşıldı.

Bilimsel kazançların ötesinde, meyve sineklerinin dünyaya dağılması bir başka mirasa esin kaynağı oldu; bu miras Morgan'ın "neşesinin" doğrudan sonucuydu. Genetiğin genelinde çoğu genin adı çirkin kısaltmalardır ve bütün dünyada belki de altı kişinin anladığı uzun garip sözcüklerin yerine kullanılırlar. Bu nedenle diyelim ki *alox12b* genini tartışırken uzun adını (arachidonate 12-lipoxygenase, 12R type) [araşidonat 12-lipoksijenaz, 12R tip] kullanmanın bir anlamı yoktur çünkü bence bu, durumu netleştirmekten çok kafa karıştırır. (Bundan böyle herkesi baş ağrısından kurtarmak için sadece gen kısaltmalarını kullanacağım ve başka bir şeye tekabül etmiyorlarmış gibi davranacağım.) Gen adlarının korkutucu karmaşıklığının tersine kromozom adları insanı afallatacak kadar banaldir. Gezegenler adlarını tanrılardan, kimyasal elementlerse mitlerden, büyük kahramanlardan ve büyük şehirlerden alırlar. Kromozom adlarına sarf edilen yaratıcılık ayakkabı numaralarına sarf edilenle aynıdır. En uzun olana Kromozom 1, ikinci en uzun olana Kromozom 2, vesaire vesaire vesaire. İnsanın yirmi birinci kromozomu aslında yirmi ikinci kromozomdan kısadır, ama bilim insanları bunu buluncaya kadar Kromozom 21 meşhur olmuştu bile, çünkü bu kromozomdan fazladan bir tane olması Down sendromuna yol açıyordu. Elbette bu kadar sıkıcı adları varken onlar için kavga edip isimlerini değiştirme zahmetine girmenin anlamı yoktu.

7- Bir tarihçi bir keresinde zekice bir yorumda bulunmuş ve "Darwin'i okumak Shakespeare ya da Kitabı Mukaddes'i okumaya benzer; belirli pasajlara odaklandığınızda, arzu edilen her bakış açısına destek bulmak mümkündür," demişti. Bu nedenle, Darwin alıntılarından kapsamlı sonuçlara varırken dikkatli olmak gerekir. Bununla birlikte Darwin'in matematiğe olan antipatisi muhtemelen gerçektir, temel denklemlerin bile onu uğraştırdığı söylenir. Ama tarihin cilvesine bakın ki, tıpkı de Vries gibi, Darwin de akşam sefası üzerinde deney yapıp döllerin özelliklerinde net bir 3:1 oranı bulmuştu. Elbette bunu Mendel'le ilişkilendirmezdi ama oranların önemli olabileceğini de muhtemelen anlayamamıştı.

Neyse ki meyve sineğiyle çalışan bilim insanları büyük bir istisnaydı. Morgan'ın ekibi her zaman makul derecede açıklayıcı adlar seçmişti: *Speck* [benek], *beaded* [boncuklu], *rudimentary* [güdük], *white* [beyaz] ve *abnormal* [anormal]. Bu gelenek bugün de devam eder, meyve sineği genlerinin ismi çoğunlukla bilimsel jargondan kaçınır, hatta komikliğe sığınır. Bazı meyve sineği genlerinin adları şöyledir: *groucho, smurf* [şirinler], *fear of intimacy* [yakınlık korkusu], *lost in space* [uzayın derinliklerinde], *smellblind* [koku körü], *faint sausage* [ince sosis], *tribble*[8] ve *tiggywinkle*[9]. *Armadillo* geni mutasyona uğrayınca meyve sinekleri zırhlı bir dış iskelete sahip olur. *Turnip* [şalgam] geni sinekleri aptallaştırır. *Tudor* erkekleri çocuksuz bırakır (8. Henry'e olduğu gibi). *Kleopatra* geni *asp* geniyle etkileşime girdiğinde sinekleri öldürebilir. *Cheap date* [çakırkeyif], bir parça alkole maruz kalan sinekleri sarhoş edebilir. Meyve sineğinin cinsel yaşamı da özellikle zekice adlara ilham verir. *Barbie ve Ken* mutantlarının üreme organları yoktur. Erkek *coitus interruptus* [dışarı boşalma] mutantlarının cinsel ilişki süresi yalnızca on dakikadır (normal sineklerde bu süre yirmi dakikadır); *stuck* [kilitlenmiş] mutantlarsa çiftleşmeden sonra fiziksel olarak ayrılamazlar. Dişilere gelince *dissatisfaction* [tatminsiz] mutantlar hiç çiftleşmezler, bütün enerjilerini taliplerini uzaklaştırmak için kanatlarını çırpmaya harcarlar. Neyse ki adlardaki bu mizah, zaman zaman genetiğin başka alanlarında da nükteḍanlıkların ortaya çıkmasına esin kaynağı oldu. *Scaramanga*, yani memelilerde fazladan bir meme ucu oluşmasına sebep olan gen, adını çok sayıda göğüs ucu bulunan James Bond filmindeki kötü adamdan alır. Balıklarda kan hücrelerini dolaşımdan kaldıran gen, Drakula efsanesinin tarihsel esin kaynağı Vlad the Impaler'a [Kazıklı Voyvoda] yapılan bir göndermeyle *vlad tepes* adını aldı. Farelerdeki "POK eritroid miyeloid ontojenik" faktörünün *pokemon* şeklinde kısaltılma-

8- *Uzay Yolu* dizisindeki çoğalan tüytoplar. -çn
9- Beatrix Potter'ın yarattığı bir karakter olan kirpinin adı Bayan Tiggy-winkle'dır. -çn

sı neredeyse mahkemelik oluyordu, çünkü *pokemon* geni (şimdilerde ne yazık ki *zbtb7* adıyla biliniyor) kanserin yayılmasına neden oluyordu ve Pokémon medya imparatorluğunun avukatları sevimli cep canavarlarının tümörlerle ilişkilendirilmesini istememişti. Ama en başarılı ve en garip gen adı alanında birincilik ödülünü kazanan un kurdundaki *medea* genidir, Bu gen, adını Yunan mitolojisinde öz çocuklarını öldüren annenin isminden alır. *Medea* hem zehir hem de kendisinin panzehiri olmak gibi ilginç bir özelliğe sahip bir proteini şifreler. Bu nedenle bir anne bu gene sahipse ve onu fetüse geçirmezse annenin bedeni fetüsü yok eder; dişinin bu konuda yapabileceği hiçbir şey yoktur. Fetüste bu gen varsa panzehiri yaratır ve yaşar. (*Medea* "bencil gen faktörüdür;" canlının bütünlüğünün bozulması anlamına gelecek olsa bile, her şeyden önce kendi çoğalmasını talep eder.) Korkunç olmasının ötesinde bu isim, Columbia meyve sineklerindeki geleneğe yakışır bir addır. *Medea* üzerinde gerçekleştirilen (ve çok başarılı bir böcek ilacı meydana çıkarabilecek) en önemli klinik araştırma, bilim insanlarının bu geni daha fazla araştırma amacıyla *Drosophilia*'ya aktarmasından sonra ortaya çıkmıştır.

Ancak bu sevimli adlar ortaya çıkmadan, meyve sinekleri dünyadaki genetik laboratuvarlarına yerleşmeden çok daha önce, Columbia'daki orijinal sinek grubu dağılmıştı. Morgan 1928'de California Institute of Technology'ye geçti; Bridges ve Sturtevant'ı da Pasadena'daki yeni lojmanına götürdü. Beş yıl sonra Morgan Nobel ödülü kazanan ilk genetikçi oldu. Bir tarihçinin söylediği gibi, "çürütmek için yola çıktığı genetik ilkelerini kurduğu için" ödüle layık görülmüştü. Nobel komitesinin ödülü en fazla üç kişinin paylaşabileceği yönünde keyfi bir kuralı vardı. Bu nedenle ödülün aslında Bridges, Sturtevant ve Muller arasında paylaştırılması gerekirken, komite ödülü yalnızca Morgan'a verdi. Bazı tarihçiler Sturtevant'ın kendi Nobel'ini kazanacak kadar önemli çalışmaları olduğunu söyler, ancak Morgan'a olan sadakati ve fikirleri kendine mal etme konusundaki isteksizliği Nobel şansını azaltmıştır. Belki de bunu iç-

ten içe bilen Morgan, Nobel'den gelen para ödülünü Sturtevant ve Bridges'le paylaşarak çocuklarının üniversite eğitimleri için fon oluşturdu. Muller'le hiçbir şey paylaşmadı.

Muller'se o sırada Columbia'dan Texas'a gitmişti. 1915'te Rice Üniversitesi'nde (biyoloji bölümünün başkanlığını, Darwin'in yorulmak bilmez savunucusunun torunu Julian Huxley yapıyordu) profesörlüğe başladı ve sonunda Texas Üniversitesi'ne girdi. Rice'taki işine Morgan'ın sıcak tavsiyesi sayesinde girmişti, ama Muller, Texas grubu ve Morgan'ın New York grubu arasındaki rekabeti etkin biçimde teşvik etti. Texas grubu ne zaman önemli bir ilerleme kaydetse, bunu "sayı vuruşu" ilan edip böbürleniyordu. Önemli buluşlardan biri, biyolog Theophilus Painter'ın meyve sineğinin tükürük bezlerinde bulunan[10] ve görsel olarak incelenebilecek büyüklükteki ilk kromozomları keşfetmesiydi. Bu, bilim insanlarının genlerin fiziksel temelini incelemesini sağlayacaktı. Ancak Painter'ın çalışması ne kadar önemli olursa olsun, Muller 1927'de sineklere radyasyon vermenin mutasyon oranlarını yüz elli kat artırdığını keşfederek altın yumurtayı bulmuş oldu. Bu yalnızca sağlık alanında faydalı olmamıştı, bilim insanları mutasyonların kendiliğinden ortaya çıkmasını beklemek zorunda değildi artık. Seri olarak mutasyon üretebilirlerdi. Bu keşif Muller'e hak ettiği (ve hak ettiğini bildiği) bilimsel saygınlığı kazandırdı.

Ancak Muller, Painter ve diğer meslektaşlarıyla atışmalara ve ardından gürültülü kavgalara girmekten kaçamadı; Texas'tan soğumuştu, Texas da ondan. Yerel gazeteler onu siyasi bölücü olarak dışladı ve sonradan FBI'a dönüşecek olan kurum tarafından gözaltına alındı. Bunun üstüne evliliği de bozuldu ve 1932'de bir gece eşi kaybolduğunu bildirdi. Daha sonra bir grup meslektaşı Muller'i ormanda çamur içinde üstü başı darmadağınık vaziyette buldu. Gece yağmurunun altında sırılsıklam olmuştu ve kendini öldürmek için içti-

10- *Drosophila*, pupa dönemindeyken kendini yapışkan bir salyayla sarar. Mümkün olduğu kadar çok salya üreten geni harekete geçirmek için de tükürük bezi hücreleri durmadan kromozomlarını iki katına çıkarır, bunun sonucunda da devasa boyutta "kabarık kromozomlar" oluşturur.

ği uyku haplarından dolayı zihni bulanıktı.

Tükenmiş ve aşağılanmış Muller Texas'tan ayrılarak Avrupa'ya gitti. Burada totaliter ülkeleri gezerek küçük bir Forrest Gump turu yaptı. Naziler enstitüsünü yakıp yıkana kadar Almanya'da genetik araştırmalarını sürdürdü. Sovyetler Birliği'ne kaçtı ve öjeni (bilim yoluyla üstün bireyler üretme girişimi) hakkında Joseph Stalin'e bir seminer verdi. Stalin'i etkilemeyi başaramayan Muller apar topar oradan da ayrıldı. "Gerici bir burjuva döneği" olarak damgalanmamak için İspanya İç Savaşı'nda komünistlerin safına katılarak bir kan bankasında çalıştı. Onun tarafı kaybetti ve faşizm dönemi başladı

Bir kez daha hayal kırıklığına uğrayan Muller 1940'ta ABD'ye, Indiana'ya geri döndü. California'da, daha sonra Repository for Germinal Choice [Tohum Seçimi Deposu] adını alacak olan "dâhi sperm bankası"nın kurulmasına yardım etti. 1946'da radyasyonun genetik mutasyonlara yol açtığını bularak kendine ait Nobel ödülünü kazandığında kariyerinin zirvesine ulaşmış oldu. Hiç kuşku yok ki, ödül komitesi Muller'i 1933'te dışarıda bırakmalarını telafi etmek istemişti. Kazanmasının bir nedeni daha vardı: Hiroşima ve Nagazaki'ye atılan ve Japonya üzerine nükleer radyasyon yağdıran atom bombaları, çalışmasını korkunç bir biçimde güncel kılmıştı. Sinek çocukların Columbia'daki çalışması genlerin varlığını kanıtlamıştı, ama bilim insanları şimdi bu genlerin nasıl çalıştığını ya da bombanın ölümcül ışığı altında nasıl çalışmadığını öğrenmek zorundaydı.

3

DNA'nın Cilveleri

Doğa DNA'yı Nasıl Okur
ya da Yanlış Okur?

1945'İN 6 AĞUSTOS GÜNÜ yirminci yüzyılın belki de en şanssız adamı için oldukça şanslı başlamıştı. Tsutomu Yamaguchi, Hiroshima'daki Mitsubishi genel merkezinin yakınlarında otobüsten indiğinde *inkan*'ını, yani Japon memurların kırmızı mürekkebe batırıp belgelere damga basmak için kullandıkları mührü unutmuş olduğunu fark etti. Bu gecikme canını sıkmıştı çünkü pansiyonuna dönmek için uzun bir yol gitmesi gerekiyordu, ama o gün hiçbir şey keyfini bozamazdı. Mitsubishi için beş bin tonluk bir tanker gemisi tasarımını tamamlamıştı ve ertesi gün, yani 7 Ağustos'ta şirket onu Japonya'nın güneybatısındaki evine, yeni doğan oğlunu ve karısını görmeye gönderecekti. Savaş hayatını altüst etmişti ama 7 Ağustos'ta her şey normale dönecekti.

Yamaguchi pansiyon kapısında ayakkabılarını çıkarırken yaşlı ev sahipleri onu yakalayıp çaya çağırdı. Bu yalnız insanları kolay kolay reddedemezdi, ama bu beklenmedik oyalanma onu daha da geciktirdi. Ayakkabılarını tekrar giyip elinde *inkan*'ıyla hemen bir tramvaya atladı, işyerinin yakınlarında indi ve bir patates tarlasının yanından yürürken çok yukarısında bir düşman bombardıman uçağının vızıltısını duydu. Uçağın göbeğinden aşağı düşen noktayı seçe-

biliyordu. Saat sekizi çeyrek geçiyordu.

Hayatta kalanların çoğu o günkü garip gecikmeyi hatırlar. Normal bir bomba aynı anda hem ışık hem de ses çıkarırdı, oysa bu bomba yavaşça alevlenip sessizce büyüdü, sıcaklığı sessizce arttı. Yamaguchi merkeze yakın olduğu için patlamayı uzun süre beklemesi gerekmedi. Hava saldırılarında kullanılacak taktikler konusunda eğitimliydi; hemen kendini yere atıp gözlerini kapadı, başparmaklarıyla kulaklarını tıkadı. Işık banyosundan yarım saniye sonra bir gümbürtü, ardından da şok dalgası geldi. Bir saniye sonra Yamaguchi her nasılsa karnını *aşağıdan* tırmalayan bir fırtına hissetti. Havaya fırlamıştı, kısa bir uçuşun ardından yere düştü, bayılmıştı

Belki bir saniye, belki de bir saat sonra kendine geldiğinde kent karanlıktı. Mantar bulutu tonlarca toprak ve kül emmişti, yakınlardaki solmuş patates yapraklarının üzerinde küçük alev halkaları tütüyordu. Derisi de yanıyormuş gibiydi. Çayını içtikten sonra gömleğinin kollarını sıvamıştı, şimdiyse kolları güneşte ciddi derecede yanmış gibi hissediyordu. Ayağa kalkıp patates tarlası boyunca sendeleyerek ilerledi, dinlenmek için birkaç metrede bir duruyordu. Ayaklarını sürüyerek yanmış, kanayan ve iç organları açığa çıkmış kurbanların yanından geçti. Tuhaf bir biçimde Mitsubushi'ye gitmek zorunda hissetti kendini. Orasında burasında küçük yangınların olduğu bir moloz yığını ve iş arkadaşlarının cansız bedenlerini buldu; geç kaldığı için şanslıydı. Saatler geçerken gezinmeye devam etti. Kırık borulardan su içti, acil yardım merkezinde bir parça bisküvi yiyerek kustu. O geceyi sahildeki ters dönmüş bir teknenin altında geçirdi. Büyük beyaz parlaklığa maruz kalan sol kolu kararmıştı.

Tüm bu zaman boyunca yanmış derisinin altında Yamaguchi'nin DNA'sı daha da ciddi hasarlarla uğraşıyordu. Hiroşima'ya atılan nükleer bomba başka radyoaktivitelerin yanı sıra gama ışınları denen yüksek enerjili x-ışınları da yaydı. Çoğu radyoaktivite gibi bu ışınlar da DNA'yı ayırıp seçerek hasar verirler, DNA ve yakınındaki su moleküllerini yumruklayıp elektronları aparkat yemiş dişler gibi uçururlar. Elektronların aniden kaybedilmesi serbest radikaller

oluşturur, bunlar kimyasal bağları kemiren yüksek derecede reaktif atomlardır. DNA'yı kıran ve bazen kromozomları parçalara ayıran bir kimyasal reaksiyon başlar.

1940'ların ortalarında bilim insanları DNA kırılmasının ya da bozulmasının hücrelerde nasıl bu kadar büyük tahribat yaratabildiğini kavramaya başlamıştı. Önce New York'taki bilim insanları genlerin DNA'dan oluştuğuna dair güçlü kanıtlar buldu. Bu, sürüp giden protein kalıtımı inancını altüst etti. Ama ikinci bir araştırma, DNA ve proteinler arasında yine de özel bir ilişki olduğunu açığa çıkardı. Proteinleri DNA *yapıyordu* ve her DNA bir proteinin tarifini saklıyordu. Bir başka deyişle, genlerin işi protein yapmaktı. Genler bedendeki özellikleri bu şekilde yaratıyordu.

Bu iki görüş radyoaktivitenin zararlarını açıklıyordu. DNA'nın kırılması genlerin bozulmasına yol açar, genlerin bozulması protein üretimini durdurur, protein üretiminin durması hücreleri öldürür. Bilim insanları bütün bunları hemen anlamadı, kritik önem taşıyan "bir gen/bir protein" makalesi de Hiroşima'dan yalnızca günler önce yayımlanmıştı; ama yine de nükleer silah düşüncesi karşısında korkuyla sinecek kadar şey biliyorlardı. 1946'da Nobel Ödülü'nü kazanan Hermann Muller *New York Times*'a verdiği bir röportajda, atom bombasından kurtulanlar için "bundan 1000 yıl sonraki sonuçları tahmin edebilseler...hayatta kaldıkları için kendilerini şanslı saymayabilirlerdi," diye bir kehanette bulunmuştu.

Muller'in karamsarlığına rağmen Yamaguchi, ailesi için yaşamak istiyordu, hem de çok. Savaşa karşı karmaşık hisleri vardı: başta karşı çıkmış, başladığında desteklemiş, sonra Japonya tökezlemeye başlayınca adanın karısına ve oğluna zarar verebilecek düşmanlar tarafından istila edilebileceğinden (böyle bir durumda onlara aşırı dozda uyku ilacı vermeyi düşünüyordu) korktuğu için tekrar muhalif olmuştu. Hiroşima'dan sonraki saatler boyunca onlara geri dönmek için yanıp tutuşmuştu, bu nedenle şehri terk eden trenler olduğu söylentisini duyunca gücünü toplayıp bir tren bulmaya karar verdi.

Hiroşima bir adalar topluğudur. Yani tren istasyonuna ulaşmak için Yamaguchi'nin bir nehirden geçmesi gerekiyordu. Bütün köprüler ya yanmış ya da yıkılmıştı; bu nedenle nehri tıkayan, mahşer gününden kalma bir "ceset köprüsünü" geçmeye koyuldu, erimiş bacaklar ve suratların üzerinden yavaş yavaş ilerledi. Ama köprünün aşılmaz bir yerine gelince geri dönmek zorunda kaldı. Nehrin yukarısında, tek bir çelik kirişi sağlam kalmış on beş metre uzunluğunda bir tren köprüsü buldu. Yukarı tırmanıp çelik ipi aştı ve aşağı indi. İstasyondaki kalabalığın arasından sıyrılıp bir tren koltuğuna yığıldı. Mucize eseri tren hemen hareket etti; kurtulmuştu. Tren bütün gece yol alacaktı; en sonunda evine, Nagazaki'ye gidiyordu.

Hiroşima'da görevli bir fizikçi, gama ışınlarının Yamaguchi'nin DNA'sı üzerindeki işini saniyenin milyarda birinin milyonda birinde tamamladığını söyleyebilirdi. Bir kimyacı için serbest radikallerin DNA'yı çiğnemesi en ilginç bölümdü ve saniyenin binde birinde sona ererdi. Bir hücre biyoloğu, hücrelerin hasarlı DNA'yı nasıl onardığını incelemek için belki birkaç saat beklemek zorunda kalabilirdi. Bir doktor, radyasyon hastalığı teşhisini (baş ağrısı, kusma, iç kanama, deri döküntüsü, kan hücresi sayısında azalma) bir hafta içinde koyabilirdi. Ancak en büyük sabrı genetikçilerin göstermesi gerekti. Sağ kalanlardaki genetik hasar yıllarca, hatta onyıllarca ortaya çıkmadı. Ürkütücü bir tesadüf sonucu, sanki bu olay ortaya DNA tahribatı hakkında uzun süre devam eden bir röportaj çıkarmış gibi, bilim insanları genlerin tam olarak nasıl çalıştığını ve bozulduğunu tam da bu onyıl içinde buldu.

Geçmişe bakıldığında çok belirgin görünüyor olabilir, ancak 1940'larda DNA ve proteinler üzerine gerçekleştirilen deneyler, DNA'nın genetiğin en büyük öznesi olduğu konusunda yalnızca birkaç bilim insanını ikna etti. Viroloğlar Alfred Hershey ve Martha Chase 1952'de daha iyi bir kanıt ortaya çıkardı. Virüslerin kendi ge-

netik materyallerini hücrelere enjekte ederek onları ele geçirdiğini biliyorlardı. İnceledikleri virüsler yalnızca protein ve DNA'dan oluştuğu için, genler ya proteindi ya da DNA. İkili, hangisi olduğunu virüsleri hem radyoaktif sülfür hem de radyoaktif fosforla işaretleyip hücrelerin üzerine salarak saptadı. Proteinler fosfor içermez, ancak sülfür içerirler; bu nedenle eğer genler proteinse, enfekte sonrasında hücrelerde radyoaktif sülfür bulunması gerekir. Ancak Hershey ve Chase enfekte hücreleri ayırdıklarında geriye yalnızca radyoaktif fosfor kaldı: Sadece DNA enjekte edilmişti.

Hershey ve Chase sonuçları Nisan 1952'de yayımladılar ve makalelerini şu ikna edici uyarıyla sonlandırdılar: "Sunulan deneylere dayanarak daha fazla kimyasal sonuç çıkarılmamalıdır." Evet, tabii. Dünyada hâlâ protein kalıtımı araştırmakta olan bilim insanları araştırmalarını çöpe atıp DNA ile ilgilenmeye başladı. DNA'nın yapısını anlamaya yönelik amansız bir yarış başladı ve yalnızca bir yıl sonra, Nisan 1953'te İngiltere'deki Cambridge Üniversitesi'nde görev yapan iki kılıksız bilim insanı, Francis Crick ve James Watson (Herman Muller'in eski öğrencisi) "çift sarmal" terimini bir efsaneye dönüştürdüler.

Watson ve Crick'in çift sarmalında, iki uzun mu uzun DNA ipliği birbirine sağ sarmal şeklinde dolanır. (Sağ başparmağınızı yukarı kaldırın; DNA parmağınızın etrafında saat yönünün tersinde yukarı doğru bükülür.) Her iplik iki iskeletten oluşuyor ve bu iskeletler, bulmacanın parçaları gibi birbirine oturan ve eşleşen bazlar (köşeli A ve T; kavisli C ve G) tarafından bir arada tutuluyordu. Watson ve Crick'in kavradığı en önemli şey şuydu: A–T ve C–G bazlarının birbirini tümleyecek şekilde eşleşmesi sayesinde, bir DNA ipliği diğerini kopyalamak için şablon görevini görebiliyordu. Böylece bir taraf CCGAGAT olduğunda, öbür taraf GGCTCTA olacaktır. Bu o kadar kolay bir sistemdir ki, hücreler bir saniye içinde binlerce DNA bazını kopyalayabilir.

Ancak ne kadar pohpohlanmış olsa da çift sarmal, DNA genlerinin nasıl protein ürettiği konusunda hiçbir bilgi vermiyordu, ama

en önemli kısım da buydu. Bu süreci anlamak için bilim insanları DNA'nın kimyasal kuzeni RNA'yı incelemek zorunda kaldı. DNA'ya benzer olsa da, RNA tek iplikten oluşur ve ipliklerine T yerine U (urasil) harfini koyar. Biyokimyacılar RNA'ya odaklanıyordu çünkü hücreler ne zaman protein yapımına başlasa, RNA yoğunluğu beni keşfet dercesine aniden yükseliyordu. Ama RNA'yı hücrede bulmaya çalıştıklarında, nesli tükenmekte olan bir kuş kadar ürkek olduğu anladılar ve kaybolmadan önce onu yalnızca bir an görebildiler. Neler olup bittiğini, hücrelerin DNA harflerini RNA talimatlarına ve RNA talimatlarını proteinlere tam olarak nasıl dönüştürdüğünü anlamaları için yıllarca ve sabırla deney yapmaları gerekti.

Hücreler önce DNA'yı RNA olarak kopyalar. Bu süreç, tek bir DNA ipliğinin şablon görevi görmesi yoluyla DNA'nın kopyalanmasına benzer. Bu nedenle CCGAGT olan DNA dizisi, GGCUCA (T'nin yerini U alır) RNA dizisi olur. Bir kez oluştuktan sonra, RNA dizisi çekirdeğin sınırlarından çıkar ve ribozom denen özel protein-yapıcı araçlara gider. Mesajı bir yerden başka yere taşıdığı için de mesajcı RNA adını alır.

Protein yapımı, diğer adıyla translasyon, ribozomlarda başlar. Mesajcı RNA geldiğinde, ribozom onu ucuna yakın bir yerden yakalar ve dizinin üç harfini, yani üçlüyü açığa çıkarır. Yukarıda incelediğimiz örnekte açığa çıkan harf grubu GGC olacaktır. Bu noktada, taşıyıcı RNA denen ikinci bir tip RNA yaklaşır. Taşıyıcı RNA'ların her biri iki ana bölümden oluşur: Arkasından gelen bir amino asit (aktaracağı kargo) ve pruvasına yapışmış bir üçlü RNA dizisi. Çeşitli taşıyıcı RNA'lar mesajcı RNA'nın açıktaki üçlüsüne kenetlenmeye çalışabilir, ancak yalnızca tümleyici bazlara sahip olanlar yapışacaktır. Yani GGC üçlüsüne sadece CCG üçlüsüne sahip bir taşıyıcı RNA bağlanabilir. Bağlandığında da ribozom amino asit yükünü boşaltır.

Bu noktada taşıyıcı RNA ayrılır, mesajcı RNA üç noktayı aşağı kaydırır ve işlem tekrar eder. Farklı bir üçlü açığa çıkar ve farklı amino asit taşıyan başka bir taşıyıcı RNA ona kenetlenir. Bu da iki numaralı amino asidi yerine oturtur. Pek çok yinelemenin ardından

bu işlem sonunda bir amino asit zinciri, yani bir protein oluşur. Her RNA üçlüsü tek bir amino asidin eklenmesine yol açtığı için bu bilgi DNA'dan RNA'ya ve oradan da proteine kusursuz bir biçimde aktarılmalıdır. Bu işlem yeryüzündeki bütün canlılarda gerçekleşir. Aynı DNA'yı kobay farelerine, kurbağalara, lalelere, mayaya, ABD kongresi üyelerine ya da başka neye enjekte ederseniz edin benzer amino asit zincirleri elde edersiniz. Francis Crick'in 1958 yılında DNA → RNA → protein sürecini moleküler biyolojinin "merkezi dogması" seviyesine yükseltmiş olması şaşırtıcı değildir.[11]

Ancak Crick'in dogması protein yapımıyla ilgili her şeyi açıklamaz. Öncelikle, dört DNA harfiyle 64 farklı üçlü ortaya çıkması mümkündür (4 x 4 x 4 = 64). Oysa bütün bu üçlüler bedenlerimizde yalnızca yirmi amino asidi kodlar. Peki neden?

Fizikçi George Gamow, RNA Kravat Kulübü'nü 1954'te kısmen bu soruyu cevaplamak için kurdu. Bir fizikçinin ek iş olarak biyoloji alanında çalışması kulağa garip gelebilir (gündüzleri Gamow radyoaktivite ve büyük patlama teorisini araştırıyordu) ama Richard Feynman gibi başka maceraperest fizikçiler de kulübe katıldı. RNA yalnızca entelektüel bir meydan okuma sunmuyordu, aynı zamanda pek çok fizikçi nükleer bomba yapımında oynadıkları rol yüzünden dehşete düşmüştü. Fizikçiler hayatı yok edenler, biyologlarsa hayatı onaranlar olarak görülüyordu. Toplam yirmi dört fizikçi ve biyolog

---

11- Merkezi Dogma, asaletli ismine rağmen karışık bir geçmişe sahiptir. Önceleri, Crick'in dogmadan kastı DNA, RNA'yı *yapar*; RNA da *proteinleri üretir* gibi genel bir şeydi. Daha sonra bunu daha ayrıntılı biçimde, "bilgilerin" nasıl DNA'dan RNA'ya, oradan da proteinlere geçtiğini anlatarak açıkladı. Ama bu ikinci açıklama, bütün bilim insanları tarafından benimsenmedi. Eski zamanların dini dogmaları gibi bu dogma da bazı inananlar arasında rasyonel düşünmeyi engeller hale geldi. "Dogma" sözcüğü sorgulanamaz gerçekliğe işaret eder; sonraları Crick'in de kahkahalar eşliğinde kabul ettiği gibi, bu durumu "dogma" olarak tanımladığı sırada kavramın ne anlama geldiğini bilmiyordu. Ancak başka bilim insanları kiliseyi önemsiyordu, bu yüzden de çürütülemeyeceği iddia edilen bu dogma, yaygınlaştıkça insanların kafasında daha değersiz bir şeye dönüştü. Sanki *DNA yalnızca RNA üretmeye, RNA da sadece protein yapmaya yarar* diyordu. Bazı ders kitapları bugün bile Merkezi Dogmayı böyle tanımlar. Ne yazık ki, yanlış tarif edilen bu dogma, gerçeği ciddi biçimde çarpıtır. DNA ve RNA'nın protein üretmekten çok daha önemli işlere yaradığının aslında bilinen bir gerçek olduğunu unutturur.

Aslında temel protein üretimi için mesajcı RNA (mRNA), taşıyıcı RNA (tRNA) ve ribozomal RNA (rRNA) ve daha pek çok düzenleyici RNA çeşidi gerekir. RNA'nın farklı işlevlerini öğrenmek, son harflerini bildiğiniz bir kelimeyi çözmeye çalıştığınız bir bulmaca çözmeye benzer, alfabenin bütün harflerini sırayla denersiniz. aRNA, bRNA, cRNA, dRNA, hatta qRNA ve zRNA kavramlarının bile kullanıldığına şahit oldum.

S RNA deseni işlemeli yeşil yün karavatlarını takmış RNA Kravat Kulübü üyeleri. Soldan sağa Francis Crick, Alexander Rich, Leslie E. Orgel, James Watson. (Alexander Rich'in izniyle)

Kravat Kulübü'ne katıldı: her amino asit karşılığında bir kişi ve her DNA bazı karşılığında dört onursal asker. Watson ve Crick de (Watson kulübün resmi "İyimseri", Crick de "Kötümseri" olarak) kulüpte yer aldı. Üyelerin taktığı, Los Angeles'taki bir erkek giyim mağazasına yaptırılan dört dolarlık ısmarlama yeşil yün kravatın üzerinde sırmadan bir RNA ipliği deseni işlenmişti. Kulübün mektup kağıtları ve zarflarında "Ya başar, ya öl, ya da hiç deneme" yazıyordu.

Ortak entelektüel gücüne rağmen kulüp tarihsel olarak biraz gülünç konuma düştü. Fazla karmaşık meseleler fizikçileri her zaman çeker; fizikçi üyelerin bazıları da (fizikte doktora derecesine sahip olan Crick dahil) DNA → RNA → protein sürecinin ne kadar basit olduğunu fark edemeden kendilerini DNA ve RNA üzerinde çalışmaya verdiler. Özellikle de DNA'nın talimatlarını nasıl sakladığına odaklandılar. Önceleri nedense DNA'nın talimatlarını karmaşık bir şifre içinde, biyolojik bir kriptogramda saklaması gerektiğine karar verdiler. Erkek çocuklarından oluşan bir kulübü şifreli me-

sajlardan daha fazla heyecanlandırabilecek bir şey olamazdı; Gamow, Crick ve diğerleri çerez paketlerinden çıkan şifre çözücü yüzükler bulmuş on yaşındaki çocukların heyecanıyla şifreyi kırmaya koyuldular. Çok geçmeden masalarına oturup harıl harıl bir şeyler yazıp çizmeye, sayfaları biriktirmeye ve hayal güçlerini deneyler aracılığıyla serbest bırakmaya başladılar. Will Shortz'u[12] gülümsetecek kadar zeki çözümler tasarladılar: "elmas şifreler", "üçgen şifreler", "virgül şifreler" ve unutulup giden daha birçoğu. NSA [Ulusal Güvenlik Dairesi] kullanımına hazır şifreler, ters mesajlı şifreler, yerleşik hata düzeltme mekanizmaları olan şifreler, örtüşen üçlüleri kullanarak saklama yoğunluğunu artıran şifreler... RNA'cılar özellikle denk anagramlar kullanan şifrelere (CAG=ACG=GCA vb.) bayılıyorlardı. Bu yaklaşım popülerdi, çünkü bütün kombinatoryal fazlalıkları elediklerinde benzersiz üçlülerin sayısı tamı tamına yirmi oluyordu. Bir başka deyişle, yirmi ile altmış dört arasındaki bağlantıyı, doğanın yirmi amino asit kullanmak *zorunda olmasının* bir nedenini keşfetmiş gibi görünüyorlardı.

Gerçekte bu fazlasıyla sayısaldı. Katı biyokimyasal gerçekler kısa bir süre sonra şifre kırıcıların gururunu kırdı ve DNA'nın on dokuz ya da yirmi bir değil de, yirmi amino asit kodlamasının altında derin bir neden olmadığını kanıtladı. Belirli bir üçlünün belirli bir amino asit gerektirmesinin ardında da (bazılarının umduğu gibi) derin bir neden yoktu. Bütün sistem rastlantısaldı; bir şey milyarlarca yıl önce hücrelerde donup kalmış ve artık değiştirilemeyecek kadar yerleşmişti. Bu, biyolojinin QWERTY klavyesiydi. Üstelik RNA, süslü anagramlar ya da hata düzeltme algoritmaları kullanmıyor, depolama alanını azamiye çıkarmaya da çalışmıyordu. Aslında şifremizdeki bolluk müsriflik derecesindedir: İki, dört hatta altı RNA üçlüsü aynı amino asidi temsil edebilir.[13] Sonradan doğanın şifresini Kravat

12- Amerikalı bulmaca yaratıcısı. -çn

13- Netleştirmek gerekirse, her üçlü bir amino asidi temsil eder ancak bunun tersi doğru değildir, çünkü bazı amino asitler birden fazla üçlüyle temsil edilebilir. Örneğin GGG yalnızca glisin olabilir. Ama GGU, GGC ve GGA da glisin kodlar, fazlalık da burada devreye girer çünkü dördüne birden ihtiyacımız yoktur.

Kulübü'nün bulduğu en iyi şifrelerle kıyaslayan birkaç biyokriptolog sonuçlar karşısında sinirlendiklerini itiraf etmiştir. Evrim, Kravat Kulübü kadar zeki çıkmamıştır.

Ancak hayal kırıklıkları kısa sürede unutulup gitti. DNA/RNA kodunun çözülmesiyle birlikte bilim insanları en sonunda genetiğin iki ayrı gerçekliğini teşkil eden bilgi niteliğindeki genle kimyasal niteliğindeki geni biraraya getirdi ve böylelikle Miescher'le Mendel'i ilk kez birbirine bağlamış oldu. Aslında DNA şifremizin kaba saba olması bazı açılardan daha iyi oldu. Süslü şifrelerin güzel özellikleri vardır, ancak şifrenin karmaşıklığı artıkça kırılma ya da tekleme olasılığı da artar ve ne kadar basit olursa olsun şifremiz tek bir şeyi çok iyi yapar: Mutasyonların zararını azaltarak yaşamı devam ettirir. Ağustos 1945'te Tsutoma Yamaguchi ve çok sayıda insanın güvenmek zorunda olduğu yetenek de buydu işte.

Hasta ve yarı baygın Yamaguchi, 8 Ağustos'ta erken saatlerde Nagazaki'ye ulaştı ve eve doğru sendeledi. (Ailesi onun kaybolduğunu varsaymıştı, karısını hayalet olmadığına ikna etmek için ona ayaklarını göstermek zorunda kaldı çünkü geleneğe göre Japon hayaletlerinin ayakları yoktur.) Yamaguchi o gün zaman zaman kendinden geçerek dinlendi, ancak ertesi gün Nagazaki'deki Mitsibushi merkezinde hazır bulunmasını bildiren emre uydu.

Kolları ve yüzü bandajlı bir halde sabah on bire birkaç dakika kala işyerine gelerek diğer çalışanlara nükleer silahın boyutunu anlatmaya çabaladı. Ancak anlattıklarından kuşku duyan patronu hikayenin uydurma olduğunu düşündü ve onu sindirmek için araya girdi. "Sen bir mühendissin," diye kükredi. "Hesapla. Bir bomba nasıl olur da... koca bir kenti yerle bir eder?" O ünlü son sözler. Sözlerini bitirirken oda beyaz bir ışıkla doldu. Sıcaklık yüzünden cildi karıncalanan Yamaguchi gemi mühendisliği odasında yere düştü ve zemine çarptı.

Daha sonra şöyle hatırlayacaktı: "Mantar bulutunun beni Hiroşima'dan oraya dek izlediğini düşündüm."

Hiroşima'da seksen bin, Nagazaki'de ise yetmiş bin kişi hayatını kaybetti. Kanıtlara göre hayatta kalan yüz binlerce atom bombası kurbanı arasından yaklaşık yüz elli kişi bombaların patladığı günlerde iki kentin de yakınlarındaydı; ancak her iki patlama anında iki buçuk kilometre çapındaki yoğun radyasyon çemberinde bulunan yalnızca bir avuç insan vardı. Bu iki bombaya da maruz kalan *nijyuu hibakusha*'ların en taş yüreklileri bile ağlatacak cinsten hikayeleri vardı. (Birisi köstebek gibi kazarak Hiroşima'daki evinin enkazına girmiş, karısının kararmış kemiklerini çıkartarak Nagazaki'deki ailesinin yanına götürmek üzere bir el yıkama tasında toplamıştı. Kolunun altında tasla yorgun argın Nagazaki'deki ailenin yanına giderken sabah havası aniden durgunlaşıp gökyüzü bir kez daha bembeyaz olmuştu.) Ama bildirilen bütün çifte kurbanların arasında Japon hükümeti sadece tek bir *nijyuu hibakusha*'yı resmi olarak tanıdı: Tsutomu Yamaguchi.

Nagazaki'deki patlamadan kısa bir süre sonra sarsılmış patronunun ve büro arkadaşlarının yanından ayrılan Yamaguchi yakınlardaki bir tepede bulunan gözcü kulesine tırmandı. Kirli bir bulut tabakasının altında, bombanın kentte açtığı çukurun ve kendi evinin üzerinde tüten dumanları izledi. Katranlı radyoaktif yağmur yağmaya başladığında güç bela tepeden aşağı indi. En kötü ihtimalden korkuyordu. Ama karısı Hisako ve küçük oğlu Katsutoshi'yi bir sığınakta sağ olarak buldu. Onları görmenin heyecanı dindiğinde Yamaguchi kendini eskisinden de kötü hissediyordu. Hatta sonraki hafta sığınakta yattı ve Eyüp gibi acı çekti. Saçları döküldü. Kan çıbanları patladı. Sürekli kustu. Tekrar yanan derisi pul pul döküldü ve altından "balina eti" gibi kıpkırmızı bir deri çıktı; acıdan kıvranıyordu. Üstelik Yamaguchi ve diğerlerinin bu aylarda çektiği korkunç acılara rağmen, genetikçiler mutasyonların yüzeye çıkmasıyla birlikte uzun vadede ortaya çıkacak acının da aynı derecede kötü olacağından korkuyordu.

Bilim insanları o sırada mutasyonlar hakkında yarım yüzyıldır bilgi sahibiydi; ancak bu mutasyonların içeriğini tam olarak ortaya koyan yalnızca Kravat Kulübü ve diğerlerinin DNA → RNA → protein süreci üzerindeki çalışmaları oldu. Çoğu mutasyon DNA replikasyonu sırasında bir harfin yerine rasgele başka bir harfin geçmesiyle meydana gelen yazım hatalarından oluşur: Örneğin CAG, CCG haline gelebilir. "Sessiz" mutasyonlar DNA şifresinin gereksiz bolluğu yüzünden bir etki yaratmaz: Öncesinde ve sonrasındaki üçlüler aynı amino asidi belirlediği için bunun etkisi *asıl* yerine *asil* yazmak gibidir. Ancak CAG ve CCG farklı amino asitler yapıyorsa "yanlış anlamlı" bir mutasyon meydana gelir ve bu hata proteinin biçimini değiştirip onu kullanılmaz hale getirebilir.

Daha da kötüsü "anlamsız" mutasyonlardır. Protein sentezi sırasında hücreler RNA'yı amino aside çevirmeye devam edecektir, ta ki işlemi sona erdirecek olan üç tane "dur" üçlüsünden birine (örneğin UGA) rastlayana kadar. Anlamsız bir mutasyon normal bir üçlüyü yanlışlıkla bu dur işaretlerinden birine çevirir, bu da proteini erkenden kesip genel biçimini bozar. (Mutasyonlar dur işaretlerinin de işlevini bozabilir, bu durumda protein uzamaya devam eder.) Mutasyonların en kötüsü "Çerçeve kayması" mutasyonlarıdır ve bunlar yazılım hatalarıyla ilgili değildir. Burada bir baz kaybolur ya da fazladan bir baz araya sıkışır. Hücreler RNA'yı art arda üçlü gruplar halinde okuduğu için aradaki bir fazlalık ya da eksiklik yalnızca o üçlü grubu değil, ardından sıralanan bütün üçlüleri bozacaktır. Sonuçta çığ gibi büyüyen bir felaket meydana gelir.

Hücreler genellikle basit yazılım hatalarını hemen düzeltir, ancak bir şey ters gidecek olursa (ki gider) DNA'daki hata kalıcı hale gelebilir. Aslında bugün yaşayan her insan ebeveyninde bulunmayan düzinelerce mutasyonla doğmuştur. Her genimizden iki kopya olmasa ve birindeki aksaklığı diğeri gidermese bu mutasyonların birkaçı muhtemelen öldürücü olurdu. Yine de bütün canlı organizmalar yaşlandıkça mutasyon biriktirmeye devam eder. Özellikle de yüksek sıcaklıklarda yaşayan daha küçük canlılar zarar görür: Mo-

leküler düzeyde, sıcaklık kuvvetli bir harekettir. Ne kadar çok moleküler hareketlilik olursa kopyalanması sırasında DNA'ya o kadar çok şey müdahale edecektir. Neyse ki memeliler nispeten daha iridir ve sabit bir vücut ısısını korurlar. Ancak biz de başka mutasyonların kurbanı oluruz. DNA'da ne zaman iki TT arka arkaya belirse güneşin ultraviyole ışınları onları garip bir açıda birleştirir, bu da DNA'yı değiştirir. Bu kazalar hücreleri derhal öldürebilir ya da sadece rahatsız eder. Neredeyse bütün hayvanlarda (ve bitkilerde) T-T değişimlerini düzeltecek özel tamirci enzimler bulunur, ama memeliler bunları evrim sırasında kaybettiği için güneşte yanarlar.

Kendiliğinden oluşan mutasyonların yanı sıra mutajen denen bazı dış etkenler de DNA'ya hasar verebilir ve radyoaktiviteden daha zararlı mutajenlerin sayısı çok azdır. Yine radyoaktif gama ışınları, DNA'nın fosfat ve şekerden oluşan belkemiğini ayrıştıran serbest radikallerin oluşmasına yol açar. Bilim insanları artık çift sarmalın sadece bir ipliğinin kopması halinde hücrelerin bu hasarı kolayca, çoğu zaman bir saat içinde onarabileceğini biliyorlar. Hücrelerde kopmuş DNA'yı kırpacak moleküler makaslar bulunur ve enzimleri sağlam iplik boyunca izleyip her noktada tümleyici A, C, G ya da T'yi ekleyebilirler. Onarım süreci basit, hızlı ve kesindir.

Ancak nadir olmasına karşın çift zincir kırıkları daha korkunç sorunlara yol açar. Pek çok çift zincir kırılması aceleyle ampüte edilmiş uzuvlara benzer, iki uçtan da tek zincirli DNA parçaları lime lime sarkar. Hücrelerde neredeyse birbirinin eşi iki kromozom bulunur ve eğer birinde çift zincir kırılması varsa, hücreler lime lime olmuş iplikleri diğer kromozomla (sağlam olması umuduyla) karşılaştırıp onarım yapabilirler. Ama bu süreç zahmetlidir ve eğer hücreler geniş bir alana yayılmış, hızlı onarım gerektiren bir hasar algılarlarsa çoğu zaman iki bazın sıralandığı her yerde (diğerleri yoksa bile) iki sarkık yeri çabucak birleştirecek ve eksik harfleri hızla dolduracaktır. Burada, yanlış tahminler çok korkulan çerçeve kayması mutasyonuna neden olabilir ve pek çok yanlış tahmin de olur. Çift zincir kırılmasını onaran hücreler DNA kopyalayan hücrelere göre

aşağı yukarı üç bin kat daha sık hata yaparlar.

Daha da kötüsü, radyoaktivite DNA öbeklerini silebilir. Merdivenin üst basamaklarındaki canlılar çok sayıda DNA sarımını küçücük bir çekirdekte saklamak zorundadır, insanlarda iki buçuk santimin binde birinden daha az bir alana on bir buçuk metrelik bir uzunluk sığar. Bu yoğun sıkışma sonucunda DNA çoğu kez eğri büğrü bir telefon kordonuna benzer. İplik kendi üzerinden geçer ya da pek çok kez kendi üstüne katlanır. Gama ışınları DNA'yı bu kesişme noktalarından birinin yakınından kırparsa birbirine yakın çok sayıda serbest uç olacaktır. Hücreler orijinal ipliklerin nasıl dizildiğini bilmezler (hücrelerin belleği yoktur) ve bu felaketi onarma acelesiyle bazen ayrı olması gereken iplikleri birleştirirler. Bu, aradaki DNA'yı kesip çıkarır ve siler.

Peki bu mutasyonlardan sonra ne olur? DNA hasarının yükü altında ezilen hücreler belanın kokusunu alabilirler, ve işlev bozukluklarıyla yaşamaktansa kendilerini öldürürler. Bu fedakarlık, bedeni bir parça sıkıntıdan kurtarabilir, ama aynı anda çok sayıda hücrenin ölmesiyle organ sistemleri tamamen devre dışı kalabilir. Yoğun yanıklarla birleşen organ iflasları Japonya'da pek çok ölüme sebep olmuştu, hemen ölmeyen kurbanlarsa muhtemelen hemen ölmüş olmayı dilemişti. Sağ kalanlar, insanların tırnaklarının düştüğünü anımsar. Sokaklarda normal insan boyutunda "kömürleşmiş oyuncak bebeklere" benzeyen ceset yığınlarını anımsarlar. Birisi, yanmış bir bebeği baş aşağı tutarak tahta bacakları üzerinde yürümeye çalışan bir adamı hatırlar. Bir başkasıysa, göğüsleri "nar gibi patlamış" çıplak bir kadını.

Nagazaki'deki sığınakta geçen azap günleri sırasında ateşler içinde yanan, yarı sağır, saçları dökülmüş Yamaguchi de ailesinin özenli bakımı olmasa az kalsın ölü listesine eklenecekti. Bazı yaralarına yıllarca pansuman yapılması gerekecekti. Ama sonuçta bu Eyüp azabını Samson'un deneyimine dönüştürdü. Yaralarının çoğu iyileşti, gücü yerine geldi ve saçları yeniden çıktı. Tekrar çalışmaya başladı: ilk önce Mitsubishi'de, sonra da öğretmen olarak.

Ancak Yamaguchi sapasağlam kurtulmuş değildi, artık çok daha sinsi ve daha sabırlı bir tehditle karşı karşıyaydı çünkü radyoaktivite hücreleri hemen öldürmese bile kansere yol açabilecek mutasyonlara yol açabilir. Bu bağlantı mantıksız görünebilir çünkü mutasyonlar genel olarak hücrelere zarar verir, tümör hücreleriyse endişe verici bir hızda büyür ve bölünür. Gerçekte bütün sağlıklı hücreler, motorlardaki regülatörlerin işlevini gören genlere sahiptir; bu genler motor devrini düşürür, hücre metabolizmalarını kontrol altında tutar. Eğer bir mutasyon bir regülatörü çalışmaz hale getirirse hücre kendini öldürecek kadar hasarlı olduğunu algılamayabilir, ama başka genler, özellikle bir hücrenin ne sıklıkta bölündüğünü kontrol eden genler de hasar görürse, hücre en sonunda kaynakları yutmaya ve komşularını boğmaya başlar.

Hiroşima ve Nagazaki'den kurtulanların çoğu normal bir insanın bir yılda aldığı fon radyasyonunun yüz katını bir anda emmişti. Hayatta kalanlar patlamanın merkezine ne kadar yakınsa DNA'larında o kadar çok silinme ve mutasyon ortaya çıkmıştı. Tahmin edileceği gibi hızlı bölünen hücreler DNA hasarını daha çabuk yayarlar ve Japonya'da lösemi vakalarında ani bir artış görüldü. Bu kanser türünde akyuvarlar normalin üzerinde çoğalır. Lösemi salgını on yıl içinde geriledi, ancak zamanla başka kanser vakalarında, mide, bağırsak, yumurtalık, akciğer, mesane, tiroid, göğüs kanserlerinde artış görüldü.

Yetişkinler için işler kötüydü, ancak anne karnındaki bebekler çok daha korunmasızdı: Rahimdeki herhangi bir mutasyon ya da silinme, onların hücrelerinde tekrar tekrar çoğalıyordu. Dört haftadan küçük pek çok ceninin yaşamı düşükle son buldu. 1945 sonları ve 1946 başlarında, hayatta kalanlar arasında da küçük kafatası ve beyin malformasyonları gibi doğuştan gelen kusurlar ortaya çıktı. (Engelliler arasında ölçülen en yüksek IQ 68'di.) 1940'ların sonuna gelindiğindeyse, Japonya'daki iki yüz elli bin *hibakusha*'nın çoğu çocuk sahibi olmaya ve radyasyona maruz kalmış DNA'larını bu çocuklara aktarmaya başladı.

Radyasyon uzmanları *hibakusha*'ların çocuk sahibi olmalarının akıllıca olup olmadığı konusunda pek az tavsiyede bulunabilirler. Yüksek oranlarda karaciğer, göğüs ya da kan kanseri görülmesine rağmen ebeveynlerin kanserli DNA'ları çocuklara aktarılmayacaktır, çünkü çocuklar yalnızca sperm ve yumurtadaki DNA'yı alırlar. Elbette sperm ya da yumurta DNA'sı da mutasyon geçirebilir, belki de korkunç bir biçimde. Ama hiç kimse Hiroshima benzeri radyasyonun insanlar üzerindeki zararını ölçmemişti. Bu nedenle bilim insanları varsayımlarla çalışmak zorundaydı. Geleneklere karşı çıkmasıyla tanınan, hidrojen bombasının babası fizikçi Edward Teller (aynı zamanda RNA kulübü üyesiydi) az miktarda radyasyonun insanlığa yararı bile olabileceğini (bildiğimiz kadarıyla mutasyonlar genoma bilgi ekliyordu) söylüyordu. Onun kadar pervasız olmayan bilim insanlarının bile, hayal ürünü canavarlar ve iki başlı bebekler beklemediği açıktı. Hermann Muller, *New York Times*'a Japonya'daki gelecek kuşakların talihsizliği hakkında kehanette bulunmuştu, ama ideolojik açıdan Teller'e karşı oluşu yorumlarına renk katmış olabilirdi. (2011'de Muller ve bir meslektaşının birbirlerine yazdığı, artık gizliliği kalkmış mektupları inceleyen bir toksikolog, onları hem düşük dozda radyasyonun DNA'ya tehdit oluşturması konusunda hükümete yalan söylemekle hem de kendilerini korumak amacıyla verileri ve sonraki araştırmaları yönlendirmekle suçladı. Bazı tarihçiler bu yoruma karşı çıkarlar.) Muller yüksek dozda radyasyon konusunda bile önceki korkunç öngörülerinden döndü ve onları bir ölçüde yumuşattı. Çoğu mutasyon zararlı olsa da, sonuçta onların çekinik olacağını düşünüyordu. Hem annenin hem de babanın aynı genlerinin kusurlu olması uzak bir olasılıktı. Bu nedenle, en azından hayatta kalanların çocukları arasında muhtemelen annenin sağlıklı genleri, babada gizlenen kusurları maskeleyecekti ya da annedeki kusurlar babadaki sağlıklılar tarafından örtülecekti.

Yine de kimse kesin olarak bilmiyordu, onyıllar boyunca Hiroşima ve Nagazaki'de her doğum belirsizliğin gölgesi altında gerçekleşti ve anne baba olmanın getirdiği normal endişeleri artırdı. Bu sı-

kıntılar Yamaguchi ve karısı Hisako için iki misli olmalıydı. Uzun vadeli teşhis ne olursa olsun, 1950'lerin başlarında ikisi de başka çocuklar isteyecek kadar gücünü kuvvetini toplamıştı. İlk kız çocukları Naoko görünürde sağlıklı doğduğu için başta Muller'in düşüncesini destekler gibiydi. İkinci kız çocukları Toshiko da sağlıklıydı. Ancak sağlıklı doğmalarına rağmen Yamaguchilerin iki kızı da gençlik ve yetişkinliklerinde hastalıklarla boğuştu. İki kez bombalanmış babaları ve bir kez bombalanmış annelerinden genetik açıdan hasarlı bir bağışıklık sistemi aldıklarından kuşkulanılır.

Yine de genel olarak Japonya'da *hibakusha*'ların çocukları arasında uzun süre boyunca korkulan kanser ve doğuştan kusurlar salgını asla gerçek olmadı. Aslında hiçbir büyük ölçekli araştırma, bu çocukların herhangi bir hastalığa yakalanma oranlarının yüksek olduğuna ya da yüksek oranda mutasyon taşıdıklarına dair kayda değer bir kanıt bulmadı. Naoko ve Toshiko pekala genetik kusurları almış olabilir; bunu göz ardı etmek imkansızdır, sezgisel ve duygusal anlamda kulağa doğru gelir. Ama en azından vakaların büyük çoğunluğunda genetik serpinti bir sonraki kuşağı etkilemedi.[14]

14- Tarihte kitlelerin radyasyona maruz kaldığı birkaç olay daha vardır, en ünlüsü de günümüz Ukrayna'sında bulunan Çernobil nükleer santralindeki kazadır. 1986'da meydana gelen Çernobil reaktöründeki erime yüzünden, insanlar Hiroşima ve Nagazaki'dekinden farklı tipte radyoaktiviteye maruz kaldı: bu sefer daha az gama ışını ve daha çok sezyum, stronsiyum ve iyodinin radyoaktif versiyonları vardı. Bunlar vücudu ele geçirebilir ve kısa sürede DNA üzerinde birikebilirdi. Sovyet yetkilileri kaza mahallindeki mahsulün hasat edilmesine, ineklerin radyasyona maruz kalmış otları yemesine ve sonra insanların kontamine süt ve ürünleri yemesine izin vererek sorunu pekiştirdi. Çernobil bölgesinde yedi bin tiroid kanseri vakası bildirilmiştir ve tıbbi yetkililer önümüzdeki on-yirmi yıl boyunca, on altı bin fazladan kanser vakası ve kanser seviyelerinde binde bir artış öngörür.

Hiroşima ve Nagazaki'nin aksine Çernobil kurbanlarının çocuklarının, özellikle de Çernobil yakınlarındaki erkeklerin çocuklarının DNA'sında mutasyonlar artmıştır. Bu bulgular tartışmalıdır, ancak doz düzeyleri ve maruz kalma biçimleri göz önüne alındığında (Çernobil her iki atom bombasından yüz kat daha fazla radyoaktivite salmıştır) doğru olmaları mümkündür. Bu mutasyonların Çernobil bebekleri arasında uzun vadeli sağlık sorunlarına dönüşüp dönüşmeyeceği henüz belli değil. (Eksik bir kıyaslama olmakla birlikte, Çernobil sonrasında üreyen bazı bitki ve kuşlar yüksek mutasyon oranları sergiler, ama bu nedenle fazla sıkıntı çektikleri gözlenmez.)

Ne yazık ki Japonya, 2011 yılının ilkbaharında Fukuşima Daiçi nükleer santralindeki kaza nedeniyle radyoaktif serpintinin uzun vadeli etkilerini görmek için bir kez daha yurttaşlarını izlemek zorunda. Hükümetin ilk raporları (ki bazılarına itiraz edilmiştir) hasarın Çernobil'de radyasyona maruz kalan alanın onda biriyle sınırlı kaldığını gösterdi, çünkü Çernobil'de radyoaktif elementler havaya karışırken, Japonya'da radyasyon toprak ve su tarafından emildi. Aynı zamanda, Fukuşima yakınlarında en çok kirlenen gıda ve suya Japonya altı gün içinde müdahale etti. Sonuç olarak tıp uzmanları Japonya'da kanserden kaynaklanan ölümlerin buna bağlı olarak düşük seviyede olacağını düşünüyor. Deprem ve tsunamide ölen yirmi bin kişiye karşılık önümüzdeki on yirmi yılda, bin kadar fazladan ölüm daha.

Radyasyona doğrudan maruz kalan insanların büyük çoğunluğu bile bilim insanlarının beklediğinden daha dirençli çıktı. Yamaguchi'nin küçük oğlu Katsutoshi, Nagazaki'den sonra elli yıl daha yaşayıp elli sekiz yaşında kanserden öldü. Hisako daha da uzun süre yaşayarak seksen sekiz yaşında karaciğer ve böbrek kanserinden öldü. Nagazaki'deki plütonyum bombası muhtemelen her iki kanserin de sebebiydi, ama o yaştayken her ikisinin de bombayla ilgili olmayan sebeplerden dolayı kanser olma olasılığı da vardı. Yamaguchi'ye gelince, 1945'te Hiroshima ve Nagazaki'de iki kez radyasyona maruz kalmasından sonra altmış beş yıl daha yaşadı ve 2010 yılında mide kanserinden hayatını kaybetti.

Hiç kimse Yamaguchi'yi diğerlerinden ayıran şeyin ne olduğunu kesin olarak söyleyemez. Başkaları radyoaktif serpintiden ölürken, onun iki kez bombanın radyasyonuna maruz kalıp sonra bu kadar uzun yaşamasının nedeni kesin olarak bilinemez. Yamaguchi hiçbir zaman genetik testten geçmedi (en azından kapsamlı bir testten) ve geçmiş olsa bile tıp bilimi karar vermek için yeterli bilgiye sahip olmayabilirdi. Yine de isabetli tahminlerde bulunabiliriz. Birinci tahmin, hücrelerinin DNA'yı, hem tek zincir hem de ölümcül çift zincir kırılmalarını onarma konusunda şahane bir iş çıkardığı olacaktır. Hatta daha hızlı ve etkili çalışan daha üstün onarıcı proteinlere ya da özellikle birlikte iyi çalışan belirli onarıcı gen kombinasyonlarına sahip olması da muhtemeldir. Bazı mutasyonlardan kaçması zor olmakla birlikte, bu mutasyonların onun hücrelerindeki ana devreleri etkisiz kılmadığını da tahmin edebiliriz. Belki mutasyonlar DNA'nın protein kodlamayan bölümlerinde gerçekleşmişti ya da belki mutasyonların çoğu "sessiz" mutasyondu; DNA üçlüleri değişmiş, ama amino asitler fazlalık yüzünden değişmemişti. (Eğer durum buysa, kravat kulübünü hüsrana uğratan kaba DNA–RNA kodu onu kurtarmıştı.) Son olarak da, Yamaguchi'nin DNA'da bulunan ve olası tümörleri kontrol altında tutan genetik düzenleyicilerinde hayatının son yıllarına kadar ciddi bir hasar meydana gelmediği açıktır. Bu etkenlerin herhangi biri ya da hepsi onun hayatını kurtarmış olabilir.

Ya da belki (bu da oldukça büyük bir ihtimaldir) biyolojik olarak o kadar da özel biri değildi. Belki başka pek çok kişi de onun kadar uzun süre yaşardı. Bu konuda da ufak bir umut olduğunu söylemeye cüret edeceğim. Şimdiye kadar kullanılmış silahların en ölümcülü, on binlerce insanı bir anda öldüren, insanların biyolojik özlerine, DNA'sına saldırıp onu bozan silahlar bile bir milleti yok edemedi. Bir sonraki kuşağı da zehirleyemedi: Atom bombasından kurtulanların çocuklarının binlercesi bugün hayatta ve sağlıklı. Üç milyar yıldan uzun bir süre kozmik ışınlara ve güneş radyasyonuna maruz kalıp çeşit çeşit DNA hasarına katlanmanın ardından doğa kendi önlemlerini, DNA'nın bütünlüğünü koruma ve onarma yöntemlerini geliştirmiştir. Bu, yalnızca mesajları önce RNA'ya kopyalanıp sonra proteine çevrilen dogmatik DNA değil, daha karmaşık dilsel ve matematiksel örüntüleri bilim insanları tarafından daha yeni yeni keşfedilmeye başlayan DNA da dahil olmak üzere, DNA'nın bütünüdür.[15]

15- Yamaguchi'nin eksiksiz hikayesinin yanı sıra, Robert Trumbull'un *Nine Who Survived Hiroshima and Nagasaki* kitabında sekiz ilginç hikaye daha okuyabilirsiniz. Kitabı ne kadar tavsiye etsem azdır.

Muller ve (Thomas Hunt Morgan dahil) genetiğin başlangıcındaki diğer oyuncularla ilgili ayrıntılı bilgi için Muller'in eski öğrencisi Elof Axel Carlson'ın kapsamlı çalışması *Mendel's Legacy*'yi inceleyin.

Fizik, kimya ve radyoaktif partiküllerin DNA'ya verdiği hasarın biyolojisi için bkz. *Radiobiology for the Radiologist*, Eric J. Hall ve Amato J. Giaccia. Hiroşima ve Nagazaki bombaları özel bir bölümde ele alınır.

Son olarak, genetik şifreyi çözme girişimlerinin eğlenceli bir özetini *American* Scientist'in Ocak-Şubat 1998 sayısında yer alan Brian Hayes'in "The Invention of the Genetic Code" makalesinde bulabilirsiniz.

4

DNA Partisyonu

DNA Ne Tür Bilgiler Saklar?

KASITLI YAPILMAMIŞ OLSA DA *Alice Harikalar Diyarı*'nda geçen bir kelime oyunu son yıllarda DNA ile uyumlu bir tını geliştirdi. *Alice*'in yazarı Lewis Carroll gerçekte Oxford Üniversitesi'nde Charles Lutwidge Dodgson adıyla matematik dersleri veriyordu. *Alice*'teki ünlü bir satırda (en azından meraklıları arasında ünlü) Yalancı Kaplumbağa "aritmetiğin çeşitli dalları: hoplama, zıbarma, dönme, burkulma" hakkında sayıklar. Ancak hayal kırıklığı yaratan bu ifadeden sonra Yalancı Kaplumbağa garip bir şey söyler. Okul günlerinde okuma yazma değil de "dönme ve burkulma" üzerine çalıştığını söyler. Bu da muhtemelen başka bir bayat espriydi, ancak buradaki "burkulma" terimi, matematikten anlayan ve DNA üzerine çalışan bazı bilim insanlarının ilgisini çekti.

Bilim insanları uzun ve aktif bir molekül olan DNA'nın dolanarak korkunç bir arapsaçına dönüşebileceğini biliyorlardı. Bilim insanlarının anlayamadığı şey, bu düğümün neden hücrelerimizi boğmadığıydı. Son yıllarda biyologlar bu sorunun cevabını bulmak için matematiğin fazla bilinmeyen dallarından biri olan düğüm kuramına başvurdu. Denizciler ve terziler düğümlerin pratik yönünü bin yıllarca önce keşfetmişti. Keltler ve Budistler gibi birbirine son derece uzak dini geleneklerse belirli düğümleri kutsal sayar, ama dü-

Lewis Carroll'un Yalancı Kaplumbağası okulda "dönme ve burkulmayı" çalışmaktan şikayetçiydi, bu şikayeti modern DNA araştırmalarında yankılanır. (John Tanniel)

ğümlerin sistematik araştırması ancak on dokuzuncu yüzyılın sonlarında, Carroll/Dodgson'ın Viktorya dönemi İngiltere'sinde başladı. Lord Kelvin adıyla da tanınan matematik bilgini William Thompson, periyodik tablo üzerindeki elementlerin aslında farklı biçimlerdeki mikroskobik düğümler olduğunu önerdi. Kelvin bu atomik düğümleri kapalı döngü olarak tanımladı. (Kısmen ayakkabı bağcıklarına benzeyen serbest uçlu düğümler, "dolanmalar" dır). Thompson ipliklerin birbirinin üstünden ve altından geçtiği benzersiz şemayı, "benzersiz" bir düğüm olarak tarif etmişti. Eğer bir düğüm üzerindeki döngüleri kaydırıp alt-üst geçiş yerlerini başka bir düğüme benzetmek için zorlayabilirseniz, aslında ikisi de aynı düğüm ola-

caktır. Kelvin düğümlerin benzersiz biçimlerinin her kimyasal elementteki benzersiz özelliklere yol açtığını öneriyordu. Atom fizikçileri kısa bir süre sonra bu zekice kuramın yanlış olduğunu kanıtladı, ama İskoç fizikçi P. G. Tait benzersiz düğümlerden oluşan bir tablo yapmak üzere Kelvin'den esinlenmişti ve düğüm kuramı da bağımsız olarak buradan gelişti.

Düğüm kuramı ilk zamanlarında çoğunlukla kedi beşiği oynayıp elde edilen sonuçların çetelesini tutmaktan ibaretti. Düğüm kuramcıları, "O" adı verilen ya da acemilerin halka dediği en sıradan düğümü biraz da ukalalık yaparak "unknot" olarak tanımladı. Başka benzersiz düğümleri de üst-alt geçiş sayısına göre sınıflandırdılar. Temmuz 2003'e gelene dek, üst-alt geçiş sayısı yirmi ikiyi bulana kadar 6.217.553.258 farklı düğüm tanımlandı, aşağı yukarı yeryüzündeki her insan başına bir düğüm. Bu sırada bazı düğüm kuramcıları basit bir nüfus sayımı yapmakla kalmayıp bir düğümü başka bir düğüme dönüştürmenin yollarını bulmuşlardı. Genellikle alt-üst geçiş yerinde ipi kesmek ve üstteki ipi aşağı geçirip kesilmiş uçları birleştirmekten ibaret olan bu işlem, düğümleri bazen daha karmaşık hale getirse de çoğu zaman basitleştiriyordu. Alanında söz sahibi matematikçiler tarafından araştırılsa da düğüm kuramı her zaman oyuncu yönünü korudu. America's Cup[16] heveslileri dışında hiç kimse düğüm kuramının bir yerde uygulanacağını hayal etmemişti; ta ki bilim insanları 1976'da düğümlü DNA'yı keşfedene kadar.

DNA'da düğümler ve dolanmalar birkaç nedenle oluşur: uzunluğu, sürekli hareket halinde olması ve dar alanda bulunması. Bilim insanları bir kutuya uzun ince bir ip koyup kutuyu sarsarak hareketli bir çekirdek içindeki DNA'nın etkili bir simülasyonunu yaptılar. İpin uçlarının halkalar arasından yılan gibi geçmekte epey becerikli olduğu anlaşıldı ve saniyeler içinde, on bir geçiş sayısına ulaşan şaşırtıcı derecede karmaşık düğümler ortaya çıktı. (Kulaklıklarınızı çantanıza düşürdüğünüz olmuşsa bu sonucu tahmin etmişsinizdir.) Bu tür

16- Yat yarışı. -çn

düğümler öldürücü olabilir çünkü DNA'yı kopyalayan ve transkripsiyonu yapan hücresel mekanizmanın çalışmak için düz bir yola ihtiyacı vardır, oysa düğümler bu yolu bozarlar. Ne yazık ki DNA kopyalanması ve transkripsiyonu ölümcül düğümler, hatta kördüğümler yaratabilir. DNA'nın kopyalanması için iki ipliğin çözülmesi gerekir ama sıkı sıkı örülmüş saç nasıl kolayca açılmazsa, birbirine dolanmış sarmal ipler de birbirinden öyle kolay ayrılamaz. Dahası hücreler DNA'yı kopyalamaya başladıklarında bazen arkada sallanan uzun yapışkan iplikler de birbirine dolanır. İplikler güçlü bir çekişten sonra çözülmezse hücreler intihar eder; sonuç bu kadar yıkıcıdır.

Düğümler haricinde, DNA kendini çeşitli topolojik açmazlar içinde de bulabilir. İplikler bir zincirin birbirine kenetlenmiş halkaları gibi birbirine kaynayabilir. Bir bezin kıvrılması ya da insanın kolundaki etin bükülmesi gibi, bu ipler de azap verecek kadar sıkı burulabilirler. Herhangi bir çıngıraklı yılanınkinden daha sıkı halkalar halinde kıvrılabilirler. Bu son şekil, bizi Lewis Carroll ve Yalancı Kaplumbağa'ya geri götürür. Düğüm kuramcıları biraz da hayal güçlerini kullanarak, sanki ipler ya da DNA acıyla kıvrılmış gibi bu halkalara "burkulma" adını verirler. O halde Yalancı Kaplumbağa, son yıllardaki birkaç dedikoduya göre, "dönme ve burkulma" derken kurnazca düğüm teorisine gönderme yapıyor olabilir miydi?

Kelvin ve Tait düğüm kuramını araştırmaya başladıklarında Lewis Carroll saygın bir üniversitede çalışıyordu. Carroll ikisinin çalışmalarına rastlamış ve bu oyunlu matematik ilgisini çekmiş olabilirdi. Üstelik Carroll, *A Tangled Tale* adını verdiği kitabında da her bölüme "düğüm" adını verip bir matematik problemi sundu. Bu nedenle düğüm temasını hikayelerine kattığı kesindir. Yine de oyunbozanlık yapıp Yalancı Kaplumbağa'nın düğüm kuramını bilmediğini düşündürecek sağlam nedenler olduğunu söyleyelim. Carroll, *Alice*'i 1865 yılında, Kelvin'in periyodik tablodaki düğüm görüşünü, en azından resmen ileri sürmesinden iki yıl önce yayımladı. Dahası *burkulma* terimi düğüm kuramında gayrı resmi olarak kullanılıyor olabilirdi, ancak teknik bir terim olarak ilk kez 1970'lerde or-

taya çıkmıştı. Bu nedenle Yalancı Kaplumbağa'nın hoplama, zıbarma, dönme, burkulmanın ötesine geçmiş olması pek mümkün görünmez.

Carroll bu satırlardaki kelime oyununu bilerek yapmamış olabilir ama bu durum bugün onun keyfini çıkaramayacağımız anlamına gelmez. Büyük edebiyat sonraki kuşaklara yeni şeyler söyledikçe büyük kalır ve bir düğümdeki döngüler, Carroll'un hikayesindeki konturlar ve kıvrımlarla oldukça hoş bir paralellik gösterir. Dahası Carroll yaşasa, matematiğin bu garip dalının gerçek dünyayı istila etmiş ve biyolojimizi kavramada can alıcı bir görev üstlenmiş olmasından muhtemelen büyük keyif alırdı.

Burulmalar, burkulmalar ve düğümlerin farklı kombinasyonları DNA'nın neredeyse sınırsız kez bükülmesini garantiler. DNA'mızı bu işkenceden topoizomeraz denen ve matematikten anlayan proteinler kurtarır. Bu proteinlerin her biri düğüm kuramının bir iki teoremini kavrar ve DNA'daki gerilmeyi rahatlatmak için kullanır. Bazı topoizomerazlar DNA zincirlerini çözer. Diğer tipleri, bir DNA ipliğine çentik atıp burulma ve burkulmaları önlemek için diğer ipliğe dolar. Bazıları ipliklerin birbiri üzerinden geçtiği yerde DNA'yı keser, üstteki ipliği alttakinin altından geçirir, onları tekrar birleştirir ve düğümü çözer. Her topoizomeraz DNA'mızı her yıl sayısız kez Torquemeda[17] tarzı işkenceden kurtarır. Bu çalışkan matematikçiler olmadan hayatta kalamazdık. Lord Kelvin'in bükümlü atomlarından çıkıp kendi başına yolunu bulan düğüm kuramı, şimdi tekrar DNA'daki milyarlarca yıllık moleküler kökenlerine geri dönmüştür.

Düğüm kuramı DNA araştırmaları sırasında ortaya çıkan tek beklenmedik matematik değildir. Bilim insanları DNA'yı araştırmak için Venn diyagramlarını, Heisenberg belirsizlik ilkesini kullandı-

17- Tomás De Torquemada, 1420-98 yılları arasında yaşamış, zalimliği ile ünlü engizisyon rahibi. – çn

lar. DNA'nın mimarisi, Partenon tapınağı gibi klasik yapılarda bulunan en ve boy arasındaki "altın oran"ın izlerini taşır. Geometri meraklıları DNA'yı Möbius şeritleri şeklinde büktüler ve beş Platonik cisim inşa ettiler. Günümüzde, hücre biyologları uzun bir ipe benzeyen DNA'nın, çekirdeğin içine sığmak için bile tekrar tekrar katlanmak zorunda olduğunu biliyorlar. DNA bu katlanma sırasında, iç içe döngülerin olduğu fraktal bir desen, hangi ölçekten bakarsanız bakın (nano-, mikro- ya da milimetre) ayırt etmenin neredeyse imkansız olacağı bir şekil halini alır. 2011'de ise Japon bilim insanları A, C, G ve T kombinasyonlarına sayı ve harfler atayabilmek için Kravat Kulübü tarafından oluşturulanlara benzer bir kod kullandı, sonra da "$E=mc^2$ 1905!" kodunu sıradan toprak bakterisinin DNA'sına yerleştirdi.

DNA'nın, matematiğin Zipf yasası denen ve ilk kez bir dilbilimci tarafından bulunmuş olan tuhaf bir alanıyla da yakın ilişkisi bulunur. George Kingsley Zipf Alman asıllıydı, ailesi Almanya'da biracılık yapmıştı. En sonunda Harvard Üniversitesi'nde Almanca profesörü oldu. Dillere duyduğu sevgiye rağmen Zipf kitap sahibi olmaya inanmıyordu; meslektaşlarının aksine Boston'ın dışında, içerisinde bir üzüm bağı bulunan üç dönümlük bir çiftlikte domuzlar ve tavuklarla yaşıyor, aralık ayı geldiğinde de ailenin Noel ağacını kesiyordu. Ancak mizaç olarak çiftçiliğe uygun değildi; gecelerini kitaplardan dillerin istatistiksel özelliklerini okuyarak geçirdiği için sabahları uyanamıyordu.

Bir meslektaşı Zipf'i "yapraklarını saymak için gülleri parçalayan" biri olarak tanımlamıştı ve Zipf edebiyata da aynı muameleyi yapıyordu. Genç bir bilim insanıyken James Joyce'un *Ulysees*'ini eline almış ve kitaptan anladığı şey, onun 29.899 farklı sözcük, toplamdaysa 260.430 sözcük içerdiği olmuştu. Zipf daha sonra *Beowulf*, Homeros, Çince metinler ve Romalı oyun yazarı Plautus'un tüm eserlerini incelemeye geçti. Her eserdeki sözcükleri sayarak Zipf yasasını buldu. Zipf yasasına göre, bir dilde en çok görülen sözcük ikinci en çok görülen sözcükten aşağı yukarı iki kat, en sık rastlanan

üçüncü sözcükten hemen hemen üç kat, yüzüncü sözcükten yüz kat vs. daha fazla kullanılır. İngilizcedeki *the* toplam sözcüklerin yüzde yedisini oluşturur, *of* bunun yarısını ve *and* ise üçte birini teşkil eder, *grawlix* ya da *bodustrophedon* gibi bilinmeyen sözcüklere kadar bu böyle gider. Bu dağılımlar Sanskritçe, Etrüksçe ya da çivi yazısı için olduğu kadar modern Hintçe, İspanyolca ya da Rusça için de geçerlidir. (Zipf aynı kuralı Sears Roebuck'un postayla sipariş kataloglarındaki fiyatlarda bile buldu.) İnsanlar yeni bir dil uydursalar bile Zipf yasasına benzer bir şey ortaya çıkar.

Zipf 1950'de öldükten sonra bilim insanları bu yasanın kanıtlarına çok çeşitli yerlerde rastladılar. Müzikte (bu konuya daha sonra geleceğiz), nüfus yoğunluğuna göre kent sıralamalarında, gelir dağılımlarında, soyu tükenen türlerde, deprem büyüklüklerinde, resimlerde, çizgi romanlarda farklı renklerin kullanılma oranlarında ve daha birçok yerde. Her seferinde her sınıflandırmadaki en büyük ya da en sık görünen öğe, ikinci büyük ya da sık rastlanan öğenin iki katıydı, üçüncü büyük ya da sık görünenin üç misliydi vb. Belki de kaçınılmaz bir biçimde, kuramın aniden popülerlik kazanması güçlü bir tepkiye yol açtı, özellikle de Zipf yasasının herhangi bir anlamı olup olmadığını[18] sorgulayan dilbilimciler arasında. Yine de pek çok bilim insanı Zipf yasasını savunur, çünkü insana doğruymuş gibi gelir; sözcüklerin sıklığı rasgele değil gibidir ve dilleri deneysel olarak da oldukça doğru biçimlerde açıklar. DNA'nın "dilini" bile.

Elbette DNA'nın Zipf yasasına uygun olduğu ilk bakışta aşikar değildir, en azından Batı dillerini konuşanlar için. Çoğu dilin tersine, DNA'da sözcükleri birbirinden ayıracak belirgin boşluklar yok-

---

18- Zipf, yasasının insan zihniyle ilgili evrensel bir şeyi ortaya çıkardığına inanıyordu: tembellik. Konuşurken meramımızı anlatmak için mümkün olduğu kadar az enerji harcamak istediğimizi öne sürüyordu. Bu nedenle *kötü* gibi yaygın olarak kullanılan, kısa ve hemen akla gelen sözcükleri kullanıyorduk. Her korkak, serseri, aşağılık, piç, bok beyinli, züppeyi, "kötü" olarak nitelendirmemizi engelleyen başka insanların tembelliğidir, çünkü sözcüğün her olası anlamını zihinsel olarak incelemek istemezler. Derhal kesinlik isterler. Bu miskinlik mücadelesi, işin büyük bölümünün sık kullanılan sözcüklerle halledildiği dillerle sonuçlanır ama kahrolası okurları memnun etmek için arada sırada daha ender kullanılan, tanımlayıcı sözcüklerin de kullanılması gerekir.

tur. Dur durak olmadan devam eden harf dizileri, daha ziyade aralığın, duraklamanın ya da herhangi bir noktalama işaretinin olmadığı eski metinlere benzer. Amino asitleri kodlayan A-C-G-T üçlülerinin "sözcük" görevini gördüğünü düşünebilirsiniz, ancak ayrı ayrı görülme sıklıkları Zipf yasasına uygun görünmez. Bilim insanları Zipf'i bulmak için bunun yerine üçlü gruplara bakmak zorunda kaldı ve yardım için beklenmedik bir kaynağa başvurdu: Çin arama motorları. Çincede bitişik semboller birbirine bağlanarak birleşik kelimeler oluşturur. Bu nedenle, Çince bir metin ABCD diye okunuyorsa arama motorları anlamlı yığınlar bulmak için kayan bir "pencere" kullanabilirler: önce AB, BC ve CD, sonra ABC ve BCD. Kayan pencere kullanmanın DNA'da anlamlı yığınlar bulmak için iyi bir strateji olduğu anlaşıldı. DNA kimi ölçütlere göre, yaklaşık on iki bazlık gruplar halinde değerlendirildiğinde bir dili andırıyor ve Zipf yasasına uygun görünüyordu. O halde genel olarak DNA'daki en anlamlı birim üçlü değil, birlikte iş gören dört üçlü olabilir; buna da dodekahedron deseni denir.

DNA'nın *ifadesi* denebilecek olan protein translasyonu da Zipf yasasına uyar. Sık kullanılan sözcüklere benzer biçimde, birkaç gen her hücrede tekrar tekrar ifade edilirken, çoğu gen dönüştürme sırasında pek az ortaya çıkar. Yüzyıllar boyunca genler bu sık görünen proteinlere giderek daha fazla güvenmeyi öğrenmiştir; genel olarak, en yaygın protein kendisinden sonra en çok görünenden sırasıyla iki, üç ve dört misli daha sık ortaya çıkar. Elbette pek çok bilim insanı burunlarından soluyarak bu Zipf rakamlarının bir anlamı olmadığını söyler. Ancak DNA'nın yalnızca dile benzemekle kalmadığını, gerçekten de dil gibi iş gördüğünü kabul etmenin zamanı geldiğini söyleyenler de vardır.

Üstelik bu basit bir dil değildir: DNA, Zipf yasasına uygun müzikal özelliklere de sahiptir. Bir müzikal eserin anahtarı verildiğinde, örneğin sol majör, belirli notalar diğerlerinden daha sık belirecektir. Hatta Zipf bir keresinde Mozart, Chopin, Irving Berlin ve Jerome Kern eserlerindeki yaygın notaları araştırmış ve dağılımın Zipf

yasasına uyduğunu bulmuştu. Daha sonra araştırmacılar bu bulguları Rossini'den Ramones'a dek uzanan başka janrlarda da doğruladılar; tını, ses yüksekliği ve notaların uzunluğunda da Zipf dağılımına rastladılar.

DNA, Zipf yasasına uyma eğilimi gösteriyorsa, o da bir tür müzik bestesi gibi mi düzenlenmişti? Aslında müzisyenler bir beyin kimyasalı olan serotonindeki A-C-G-T dizisini, A [la], C [do], G [sol] ve E [mi] notalarına DNA'nın harflerini vererek kısa, basit şarkılara çevirmişlerdir. Başka müzisyenler, en sık ortaya çıkan amino asitlere armonik notalar vererek DNA melodileri besteledi̇ler ve bunun daha karmaşık ve ahenkli sesler oluşturduğunu keşfettiler. Bahsedilen ikinci yöntem, DNA'nın yalnızca "notalardan" oluşan değişmez bir dizi olmadığını destekler; aynı müzik gibi. DNA aynı zamanda motif ve temalarla, belirli dizilerin hangi sıklıkta göründüğü ve birlikte ne kadar iyi çalıştıklarıyla da tanımlanır. Bir biyolog, insanların müzikteki kısa parçaların nasıl "bir araya geldiğini" seçen hassas kulakları olduğu için, genetik parçaların nasıl birleştiğini inceleme açısından müziğin doğal bir araç olduğunu bile öne sürdü.

İki bilim insanı DNA'yı müziğe çevirmek yerine süreci tersine çevirip Chopin'in bir noktürnündeki notaları DNA'ya çevirdi ve RNA polimeraz geninin bir bölümüyle "çarpıcı benzerlik" taşıyan bir dizi keşfetti. Canlılarda bulunan evrensel bir protein olan bu polimeraz DNA'dan RNA'yı oluşturur. Daha yakından bakıldığında noktürnün yaşam döngüsünü şifrelediği anlaşılır. Şöyle düşünün: Polimeraz DNA'yı kullanarak RNA'yı oluşturur. RNA da buna karşılık, karmaşık proteinleri yapar. Bu proteinler de Chopin gibi insanları oluşturur. Chopin'se armonik müzikler besteler ve müzik, DNA'yı polimeraz üretecek şekilde şifreleyerek döngüyü tamamlar. (Müzikoloji ontolojiyi özetler.)

O halde bu buluş bir rastlantı mıdır? Bütünüyle değil. Bazı bilim insanları, DNA'da ilk kez ortaya çıkan genlerin herhangi bir kromozom parçası üzerinde rasgele belirmediğini öne sürerler. Daha ziyade, yinelenen kısa parçalar halinde, tekrar tekrar kopyalanan bir ya

da iki düzine DNA bazı şeklinde ortaya çıkmaya başladılar. Bu parçalar bir bestecinin üzerinde ince ayar yaptığı (mutasyona uğrattığı) bir müzikal tema gibi iş görür ve orijinal parçanın hoş çeşitlemelerini yaratır. O halde bu anlamıyla, genlerde en başından beri yerleşik bir melodi bulunur.

Uzun zaman boyunca insanlar doğadaki daha derin ve daha görkemli temalarla müzik arasında ilişki kurmak istemiştir. Eski Yunan'dan Kepler'e kadar, astronomlar gezegenlerin gök kubbedeki seyirleri sırasında yürek burkan güzellikte bir *musica universalis*, Yaradılışa övgüler düzen bir ilahi yarattıklarına inanıyorlardı. Görünüşe bakılırsa evrensel müzik gerçekten var ve bize düşündüğümüzden de yakın; DNA'mızın içinde.

Genetikçiler ve dilbilimciler arasında Zipf yasası dışında daha derin bağlar da bulunur. Mendel bile daha yaşlı ve şişman olduğu günlerde, amatörce de olsa, dilbilimle uğraştı. Alman soyadlarındaki son eklerin (*-mann* ve *-bauer* gibi) başka adlarla nasıl melezleştiğine ve kendilerini her kuşakta nasıl yeniden ürettiklerine dair kesin bir matematik yasası çıkarma girişimi de oldu. (Kulağa tanıdık geliyor.) Hem günümüz genetikçileri, dilbilim çalışmalarından aşırdıkları terimler olmadan kendi çalışmaları hakkında konuşamıyorlar bile. DNA'da eşanlamlı sözcükler, çeviriler, noktalamalar, önekler ve sonekler vardır. Yanlış anlamlı mutasyonlar (amino asitlerin yer değiştirmesi) ve anlamsız mutasyonlar (durdurucu kodonların engellenmesi) temelde basit yazım hatalarıdır; çerçeve kayması mutasyonlarıysa (üçlülerin okunmasındaki yanlışlıklar) eski moda dizgi hatalarıdır. Genetiğin amino asitten oluşan "sözcükleri" ve söz öbeklerini birleştirerek hücrelerin okuyabileceği protein "cümleleri" haline getirme kurallarını kapsayan bir grameri ve sözdizimi bile vardır.

Daha belirgin bir biçimde söylemek gerekirse, genetiğin grameri

ve söz dizimi tarafından oluşturulan kurallar, bir amino asit zincirinin hücre tarafından işlevsel bir proteinin içerisine nasıl sığdırılması gerektiğini söyler. (Proteinlerin iş görebilmesi için derli toplu biçimlerde paketlenmesi gerekir, biçimleri yanlışsa genellikle işlevsiz olurlar.) Sözdizimi ve gramer açısından doğru biçimde paketlenme DNA dilinde iletişim kurmanın hayati bir parçasıdır. Ancak iletişim için doğru sözdizimi ve gramerden fazlası gerekir; bir protein cümlesi hücre için de bir *anlam* ifade etmelidir. Tuhaf ama protein cümleleri sözdizimi ya da gramer açısından kusursuz olabilseler de biyolojik olarak bir anlam taşımıyor olabilirler. Bunun ne anlama geldiğini çözmek için dilbilimci Noam Chomsky'nin bir zamanlar söylediği bir şeye göz atılabilir. Chomsky insan konuşmasında sözdizimi ve anlamın birbirinden bağımsız olduğunu göstermeye çalışıyordu. Verdiği örnek şuydu: "Renksiz yeşil fikirler kızgınca uyuyorlar." Chomsky hakkındaki düşünceniz ne olursa olsun bu cümle, söylediği en dikkate değer şeydi. Gerçek bir anlamı yoktur. Yine de gerçek sözcükler içerdiği, sözdizimi ve grameri doğru olduğu için aşağı yukarı takip edebiliriz. Tam olarak anlamdan yoksun değildir.

Aynı şekilde DNA mutasyonlarıyla rasgele amino asit sözcükleri ya da cümleleri meydana gelebilir; hücreler ortaya çıkan bu zinciri fizik ve kimyaya dayanan mükemmel bir sözdizimi kullanıp otomatik olarak katlayacaktır. Ama herhangi bir sözcük değişimi bütün cümlenin biçimini ve anlamını değiştirebilir, sonuçların hâlâ anlamlı olup olmayacağı da buna göre değişir. Bazen yeni protein cümlesinde bir dil sürçmesi, küçük bir kural hatası meydana gelir; hücrenin birazcık çalışmayla üstesinden gelebileceği önemsiz bir hatadır bu. Bazen, çerçeve kayması mutasyonu gibi bir değişim, sözcüğü çizgi roman kahramanlarının küfür ederken kullandığı "#$%^&@!" gibi ifadelere çevirecek kadar tahrif edebilir. Hücre acı çeker ve ölür. Ancak hücre arada sırada yanlış anlam ya da anlamsızlık dolu bir protein cümlesi okur... ama üzerine düşündükten sonra bu bir biçimde anlamlı gelir. Bu ender görülen cinsten yararlı bir mutasyon-

dur ve böyle şanslı anlarda evrim bir milim ilerler.[19]

DNA ve dil arasındaki paralellikler, bilim insanlarının edebi metinlerle genomik "metinleri" aynı araçlarla analiz edebilmesini sağlar. Bu araçlar özellikle yazarı ya da biyolojik kökeni kuşkulu metinleri analiz etmede umut verici görünür. Edebiyat tartışmalarında uzmanlar geleneksel olarak, kökenleri bilinen bir metni diğeriyle karşılaştırarak tarz ve üslubunun benzer olup olmadığına karar verirlerdi. Bazen bilim insanları da bir metinde kullanılan sözcükleri sınıflandırır ve sayardı. Bu iki yaklaşım da tamamen doyurucu değildir. İlki fazlasıyla özneldir, ikincisiyse fazlasıyla kısır. DNA söz konusu olduğunda tartışmalı genomları karşılaştırırken, genellikle birkaç düzine anahtar gen birbiriyle eşleştirilir ve küçük farklılıklar aranır. Ama bu yöntem, farklılığın çok fazla olduğu türlerde işe yaramaz, çünkü o kadar çok farklılık vardır ki hangilerinin önemli olduğu belli olmaz. Aynı zamanda bu yöntem yalnızca genlere odaklandığı için genlerin dışında kalan düzenleyici DNA dizilerini de görmezden gelir.

2009 yılında California Üniversitesi, Berkeley'deki bilim insanları bu sorunları çözmek için, "pencereleri" bir metindeki harf dizileri boyunca kaydırarak benzerlikler ve şablonlar arayan bir yazılım geliştirdiler. Yazılımı test etmek amacıyla memelilerin genomlarını ve *Peter Pan*, Mormon Kitabı ve Platon'un *Devlet*'i gibi düzinelerce kitabın metnini analiz ettiler. Test aşamalarında, aynı yazılımın DNA'yı farklı memeli cinslerine göre sınıflandırabildiğini ve kitapları da edebi türlerine göre hatasız bir biçimde düzenleyebildiğini keşfettiler. Yeniden tartışmalı metinlere dönen bilim insanları, Shakespeare uzmanlarının kavgacı dünyasını araştırdılar. Yazı-

19- Genetik dil ve insan dili arasındaki kıyaslama kimilerine bulanık ya da gerçek olamayacak kadar sevimli gelebilir. Kıyaslamalar bir yere kadar ilerletilebilir ama bu reddetmenin dilin yalnızca insanların çıkarabileceği sesler olduğuna yönelik kısmen bencilce düşünceden kaynaklandığını düşünüyorum. Dil bizden daha geniş bir kavramdır: Her iletişimi yöneten kurallardır. Hücreler de insanlar gibi çevrelerinden geri bildirim alırlar ve bunun karşılığında ne "söyleyeceklerini" ayarlarlar. Bunu hava basıncı dalgalarıyla (ses) değil de moleküllerle yapmaları bizde önyargı yaratmamalı. Bunu kabul eden bazı yeni hücresel biyoloji ders kitapları, Chomsky'nin dillerin altında yatan yapıyla ilgili kuramlarını da içeriklerine eklemiştir.

lım, Shakespeare'e ait olup olmadığı son derece tartışmalı bir oyun olan *İki Soylu Akraba*'nın gerçekten de şaire ait olduğu sonucuna vardı, ama bir başka tartışmalı eser sayılan *Pericles*'i yazan o değildi. Berkeley ekibi daha sonra en eski ve (bize) en yabancı canlı türlerinin, yani virüs ve arkebakterilerin genomlarını inceledi. Bunlar ve diğer mikroplar arasındaki yeni bağları açığa çıkaran bu analizler, sınıflandırma için yeni öneriler de getirdi. Çok büyük miktarda veri söz konusu olduğundan genom analizi yoğun geçebiliyordu; bu yüzden virüs-arkebakteri analizi yılda üç yüz yirmi bilgisayarı tekeline almıştı. Yine de genom analizi, yalnızca birkaç genin ayrıntılı karşılaştırmasını yapabilen bilim insanlarının bunun ötesine geçerek, herhangi bir türün tüm doğal tarihinin okunabilmesini sağladı.

Ancak genomun eksiksiz tarihini okumak başka metinleri okumaktan daha büyük beceri ister. DNA'yı okumak hem soldan sağa hem de sağdan sola okumayı gerektirir. Aksi takdirde bilim insanları çok önemli palindromları (baştan ve sondan okunuşu aynı sözcük, cümle) ve semordnilapları (harfleri tersten yazıldığında başka bir sözcük oluşturan sözcük, cümle) gözden kaçırır.

Dünyanın bilinen en eski palindromlarından biri, Pompei ve başka yerlerin duvarlarına kazınmış aşağıdan yukarıya ve yanlamasına aynı okunan bir karedir.

S-A-T-O-R
A-R-E-P-O
T-E-N-E-T
O-P-E-R-A
R-O-T-A-S

Yalnızca iki bin yaşındaki *sator...rotas*[20], DNA'da bulunan gerçekten kadim palindromlara göre genç sayılır. DNA iki tür palindrom türetmiştir. Bunlardan biri geleneksel "sex-at-noon-taxes" tipi GATTACATTAG dizisidir. Ancak A-T ve C-G baz eşleşmesi yüzünden bir ipliğin aşağısına doğru ve diğerinin üzerinde geriye doğru okunan daha incelikli bir çeşide de sahiptir. CTAGCTAG dizisini düşünün ve diğer iplikte hangi bazların ortaya çıkması gerektiğini hesaplayın: GATCGATC. Bunlar kusursuz palindromlardır.

Ne kadar zararsız görünürse görünsün, bu ikinci tip palindrom her mikrobu korkuyla ürpertir. Mikroplar çok uzun zaman önce "restriksiyon enzimleri" denen özel proteinler geliştirmişlerdir. Bu proteinler DNA'yı tel makası gibi kesebilir. Bir sebeple bu enzimler DNA'yı palindromlar gibi yalnızca yüksek derecede simetrik parçalara ayırabilirler. DNA'yı kesmenin bazı yararlı sonuçları da vardır; radyasyonun hasar verdiği bazları temizlemek ve düğümlenmiş DNA'daki gerilimi azaltmak gibi. Ama yaramaz mikroplar bu proteinleri çoğunlukla birbirlerinin genetik materyalini kesmek için kullanıp işi kan davasına çevirdiler. Mikroplar en mütevazı palindromlardan bile kaçınmayı bazı kötü deneyimlerden sonra öğrendi.

Gerçi bizim gibi daha karmaşık canlılar da çok sayıda palindroma tahammül gösteremez. CTAGCTAG ve GATCGATC'yi tekrar düşünelim. Her iki palindromik parçanın baştaki yarısının kendisinin ikinci yarısıyla baz çifti oluşturabileceğine dikkat edin: İlk harf sonuncuyla (C...G), ikinci sondan bir önceki heceyle (T...A) vs. Ama bu iç bağların oluşması için bir taraftaki DNA ipliğinin diğerinden çözülmesi ve bir çıkıntı bırakarak yukarı doğru eğrilmesi gereklidir.

20- Palindromun "Çiftçi Arepo pullukla çalışır" gibi bir anlamı vardır. "Tekerlekler" anlamına gelen rotas, pulluğun toprağı sürerken yaptığı ileri geri hareketi belirtir. Bu "sihirli kare", enigmatologları yüzyıllarca büyülemiştir ama araştırmacılar, Roma İmparatorluğu'nun terör dönemlerinde onun başka bir işlevi olabileceğini öne sürdüler. Bu yirmi beş harfin anagramı, kesişen çaprazlarda iki kez paternoster, yani "Babamız" olarak okunur. Anagramdan geriye kalan dört harf iki *a* ve iki o, alpha ve omega'yı işaret ediyor olabilirdi (Vahiy Kitabı'ndan sonra ünleneceklerdi). Teoriye göre, Hristiyanlar bu zararsız palindromu kapılarına çizerek Romalıların şüphesini çekmeden birbirleriyle haberleşebiliyorlardı. Sihirli kare söylentiye göre, palindromları okuduğunda kafası karışan (kilise böyle söylüyordu) şeytanı da uzak tutuyordu.

"Firkete" denen bu yapı, doğal simetrisi nedeniyle uygun boydaki her DNA palindromunda oluşabilir. Beklenebileceği gibi firketeler DNA'yı düğümler kadar kesin biçimde yok edebilirler ve aynı nedenden dolayı hücresel mekanizmayı da raydan çıkarırlar.

Palindromlar DNA'da iki şekilde oluşabilir. Firketelere yol açan kısa DNA palindromları rasgele ortaya çıkar; A'lar, C'ler, G'ler ve T'ler kendiliğinden simetrik olarak diziliverir. Daha uzun palindromlar da kromozomlarımızı karıştırabilir ve bunların pek çoğu, özellikle de kısa Y kromozomuna büyük zarar verenler, muhtemelen iki-aşamalı özel bir süreçten sonra ortaya çıkarlar. Çeşitli nedenlerle kromozomlar bazen yanlışlıkla DNA öbeklerinin kopyasını çıkarıp sonra da ikinci kopyayı dizinin aşağısında bir yere yapıştırırlar. Kromozomlar aynı zamanda bir DNA yığınını 180 derece çevirip karmakarışık biçimde tekrar yapıştırabilirler. Birbirine bağlı gerçekleşen bu kopyalama ve inversiyon, bir palindrom yaratır.

Ancak çoğu kromozom uzun palindromları teşvik etmez, en azından onları oluşturan inversiyonları teşvik etmezler. İnversiyonlar genleri kırabilir ya da işlevsiz bırakarak kromozomları etkisiz hale getirir. İnversiyonlar aynı zamanda bir kromozomun krosover (çaprazlama) ihtimalini zedeleyebilir, ki bu da büyük bir kayıptır. Krosover (ikiz kromozomların kollarını çaprazlayıp parça değiştirmeleri) kromozomların genleri değiş tokuş ederek daha iyi olan geni edinmelerini ya da birlikte daha iyi çalışıp kromozomu daha sağlıklı kılacak genleri elde etmelerini sağlar. Kromozomların krosover avantajını kullanarak kalite kontrol yapması da bir o kadar önemlidir: Yan yana sıralanabilir, birbirlerini gözden geçirip mutasyonlu genlerin üzerine mutasyonsuz genleri yazabilirler. Ancak bir kromozom yalnızca kendisine benzeyen eşiyle krosover yapacaktır. Eğer eşi onu işkillendirecek kadar farklı görünüyorsa kötü DNA almaktan korkan kromozom değiş tokuşu reddeder. İnversiyonlar son derece kuşkulu görünür ve bu koşullar altında da palindromlu kromozomlar dışlanır.

Y kromozomu bir keresinde palindromlara bu tahammülsüzlüğü

gösterdi. Çok çok uzun zaman önce, henüz memeliler sürüngenlerden ayılmadan, X ve Y ikiz kromozomlardı ve sık sık parça değiştiriyorlardı. Sonra, üç yüz milyon yıl önce Y üzerindeki bir gen mutasyona uğradı ve testislerin gelişimine yol açan ana şalter haline geldi. (Bundan öncesinde cinsiyet muhtemelen ısıyla belirleniyordu, kaplumbağalarda ve timsahlarda pembe ya da maviyi belirleyen genetik olmayan sistem gibi). Bu değişim nedeniyle Y "erkek" kromozomu haline geldi, çeşitli süreçlerden geçip çoğu sperm üretimine yönelik diğer erkeksi genleri aldı. Sonuç olarak X ve Y birbirine benzememeye başladı ve krosoverdan kaçındılar. Y kromozomu, genlerinin hırçın X tarafından silinmesi riskine girmek istemezken, X de Y'nin XX dişilere zarar verebilecek kaslı genlerini almak istemiyordu.

Krosover yavaşladıktan sonra küçük ya da büyük inversiyonlara karşı daha fazla tahammül göstermeye başlayan Y'nin geçmişinde dört devasa inversiyon meydana geldi. Her biri gayet şık palindromlar üretti (örneğin, bir tanesi üç milyon harften oluşur), ama X ile krosover yapmasını giderek daha da zorlaştırdı. Krosover kromozomların kötü mutasyonları düzeltmelerine izin vermese, bu yine o kadar önemli olmazdı. X'ler bunu XX dişilerinde yapmaya devam edebilirdi ama Y eşini kaybettiği için kötü mutasyonlar birikmeye başladı. Ortaya ne zaman kötü bir mutasyon çıksa hücrelerin tek şansı Y'yi kısaltıp mutasyon geçirmiş DNA'yı temizlemekti. Sonuçların hoş olduğu söylenemezdi. Bir zamanlar büyük bir kromozom olan Y'nin ilk baştaki bin dört yüz geninden geriye yalnızca iki düzine kalmıştı. Hatta biyologlar bir ara, bu hızla giderse Y'lerin tükeneceğini düşünüyordu. İşlevsiz mutasyonları kırpmak ve evrim tarafından belki de bütün erkekler yok olana kadar kısaltılmak Y'nin kaderi gibi görünüyordu.

Ancak palindromlar Y'yi affetmiş olabilir. DNA ipliğindeki firketeler kötüdür ancak Y *kendini* dev bir firkete biçiminde katlarsa, herhangi iki palindorumu (biri ileri diğeri geri giden aynı genler) birbiriyle temasa geçebilir. Bu da Y'nin mutasyonları kontrol etmesine ve onların üzerine yazmasına izin verir. Bir kağıda "A man,

a plan, a cat, a ham, a yak, a yam, a hat, a canal: Panama!" yazıp kağıdı katlamaya, sonra da farklılıkları harf harf düzeltmeye benzeyen bu süreç, yeni doğan her erkekte altı yüz kez meydana gelir. Katlanma aynı zamanda, Y'lerde olmayan cinsiyet kromozomu eşini telafi etmeye ve Y'lerin kendileriyle rekombinasyon yapmalarına, böylece kendi üzerlerindeki bir noktada genleri diğer tarafla değiştirmelerine izin verir.

Bu palindromik onarma dâhiyanedir. Hatta fazlasıyla zekicedir. Ne yazık ki Y'nin palindrom karşılaştırmak için kullandığı sistem hangi palindromun mutasyon geçirdiğini, hangisinin geçirmediğini "bilemez", yalnızca arada bir fark olduğunu bilir. Bu nedenle Y iyi bir genin yerine sık sık kötü geni koyabilir. Bu kendi kendine rekombinasyon aynı zamanda palindromların arasındaki DNA'yı da kazara –aman gitti!– silmeye meyillidir. Bu hatalar bir erkeği öldürmez ama iktidarsız yapabilir. Genel olarak Y kromozumu bu tür mutasyonları düzeltemeseydi kaybolurdu, ancak yaşamasına izin veren palindromları aynı zamanda onu kısırlaştırabilir de.

DNA'nın dilbilimsel ve matematiksel özellikleri nihai amacına hizmet eder: Yani veri yönetimine. Hücreler DNA ve RNA aracılığıyla mesajları saklar, çağırır ve iletir. Bilim insanları sık sık nükleik asitlerin bilgiyi şifreleyip işlediğini anlatır; sanki genetik, kriptoloji ya da bilgisayar biliminin bir dalıymış gibi.

Aslında modern kriptolojinin kökenleri kısmen genetikte yatar. Cornell Üniversitesi'nde eğitimini tamamlayan genç genetikçi William Friedman 1915'te Illinois'nin kırsal kesiminde uçuk bir beyin takımına katıldı. (Bu takımın Hollanda tipi bir yel değirmeni, Hamlet adında evcil bir ayısı, kıyıdan bin iki yüz kilometre uzakta olmasına rağmen bir de deniz feneri vardı.) Patronu ilk iş olarak Friedman'dan ay ışığının buğday genleri üzerindeki etkisini araştırmasını istedi. Ancak Friedman istatistik bilgisi nedeniyle kısa

süre sonra kendini patronun bir başka çılgın projesi[21] içinde buldu. Shakespeare oyunlarının yazarının Francis Bacon olduğunu ve aynı zamanda Birinci Folyo'da bu durumu ilan eden ipuçları bıraktığını kanıtlaması isteniyordu. (Bu ipuçları arasında belirli harflerin biçimlerini değiştirmek de vardı.) Edgar Allan Poe'nun "Altın Böceği"ni okuduğundan beri şifre kırmayı seven Friedman hevesli olmasına karşın, sözüm ona Bacon göndermelerinin palavra olduğunu saptadı. Aynı deşifrasyon yöntemleriyle *Julius Caesar*'ı Teddy Roosevelt'in yazdığı "kanıtlanabilir," diye de not düştü. Yine de Friedman genetiği biyolojik şifre kırma olarak hayal etmişti ve gerçekten şifre kırmanın tadını aldıktan sonra, ABD hükümeti adına kriptoloji işine girdi. Genetikte kazandığı istatistiksel uzmanlığı kullanarak kısa bir süre sonra, 1923'te Teapot Dome rüşvet skandalını açığa çıkaran gizli telgrafların şifresini kırdı. 1940'ların başında Japonya'nın diplomatik kodlarını deşifre etmeye başladı; bunların arasında 6 Aralık 1941'de Japonya'dan Washington D.C.'deki elçiliğe yollanan ve yaklaşan tehdidin habercisi olan kötü şöhretli bir düzine telgraf da vardı.

21- Friedman'ın patronu "Albay" George Fabyan'ın oldukça maceralı bir hayatı olmuştu. Fabyan'ın babası, Bliss Fabyan adında bir pamuk şirketi kurmuş ve Fabyan'ı buranın başına geçmesi için yetiştirmişti. Ama seyahat tutkusuna karşı koyamayan genç adam evden kaçarak Minnesota'da odunculuk yapmaya gitti. İhanete uğramış öfkeli babası onu evlatlıktan reddetti. Paul Bunyancılık oynamaktan sıkılan Fabyan aile işine dönmeye karar verdi. St. Louis'deki bir Bliss Fabyan şubesinde sahte isim kullanarak işe başvurdu. Kısa sürede satış rekorları kırmaya başladı, Boston'daki merkezde bulunan babası terfi konuşması yapmak için bu tuttuğunu koparan çocuğu bürosuna çağırdı ve oğluyla karşılaştı.

Bu Shakespearevari kavuşmadan sonra Fabyan pamuk işinde büyük paralar kazandı ve servetini bir düşünce kuruluşu açmak için kullandı. Yıllar boyunca çok sayıda araştırmaya sermaye sağladı, ama asıl takıntısı Shakespeare şifreleriydi. Sözüm ona şifreyi kırdıktan sonra bir kitap yayımlamaya çalıştı, ama Shekaspeare uyarlamaları üzerinde çalışan bir film yapımcısı yayımı durdurmak için mahkemeye başvurdu; gerekçesi de kitabın içeriğinin Shakespeare'in itibarını zedeleyeceğiydi. Sebep ne olursa olsun, davaya bakan yargıç (yüzlerce yıllık edebiyat eleştirisi görünüşe göre yetki alanına giriyordu) inanılmaz bir biçimde Fabyan'ın tarafını tuttu. Kararı şöyleydi: "Francis Bacon sehven William Shakespeare'e atfedilen yapıtların yazarıdır." Film yapımcısını da Fabyan'a beş bin dolar tazminat ödemeye mahkum etti.

Çoğu araştırmacı, Shakespeare'in yazarlığını sorgulayan savları biyologların annelik yansımaları kuramlarını hoş karşıladığı kadar hoş karşılar. Ancak ABD'de birkaç yüksek mahkeme yargıcı -en son 2009'da- Shakespeare'in bu eserleri yazmış olamayacağını belirtmiştir. Bundan almamız gereken ders, avukatların bilim insanları ve tarihçilerden farklı bir gerçek ve kanıt standartları olduğudur.

Genetik, yüzyılın ilk on yılında (en azından çiftliklerde) büyük ölçüde oturup hayvanların üremesini beklemeyi içeriyordu, veri analizi olmaktan çok hayvan bakımıydı; bu nedenle Friedman genetiği bırakmıştı. Bir iki kuşak sonra doğmuş olsaydı durumun daha farklı olduğunu görebilirdi. 1950'lerin sonlarında biyologlar, A-C-G-T baz çiftlerinden biyolojik "parçalar", genetiktense kırılması gereken bir şifre olarak söz ediyorlardı. Genetik, veri analizine *dönüşmüştü* ve kısmen Friedman'ın genç bir çağdaşı, çalışmaları hem kriptoloji hem de genetiği kapsayan genç mühendis Claude Shannon sayesinde bu yönde gelişmeye devam ediyordu.

Bilim insanları 1937'de Shannon'un MIT'de yirmi bir yaşındayken yazdığı tezi gelmiş geçmiş en önemli yüksek lisans tezi olarak anarlar. Shannon tezinde elektronik devreleri ve basit mantığı, matematik işlemleri yapabilecek şekilde birleştirmenin bir yöntemini özetlemişti. Sonuç olarak artık karmaşık hesaplamaları yapabilecek devreler tasarlayabiliyordu, yani bütün dijital devrelerin temelini. On yıl sonra Shannon mesajları şifrelemek ve daha verimli bir biçimde iletmek için dijital devrelerin kullanmasıyla ilgili bir makale yazdı. Bu iki keşfin modern dijital iletişimi sıfırdan yarattığını söylemek pek de abartılı olmaz.

Shannon'ın bu son derece önemli buluşlardan başka uğraşları da vardı. Bürosunda hokkabazlık yapmaya, tek tekerlekli bisiklete binmeye ve koridorda tek tekerlekli bisiklete binerken hokkabazlık yapmaya bayılıyordu. Evinin bodrumunda hiç durmadan hurdalarla oynuyordu. Yaşamı boyunca yaptığı icatlar arasında şunlar da bulunuyordu: roket motorlu frizbiler, motorlu zıplama sırıkları, Rubik küpleri çözen makineler, labirentleri çözmek için mekanik bir fare (adı Theseus'tu), Roma rakamlarını hesaplamak için bir program (adı THROBAC'tı) ve rulet oynarken kumarhaneleri dolandırmak için[22] sigara paketi büyüklüğünde, "üzerinizde bulundurabile-

22- Kumarhane hilesi işe yaramadı. Fikir 1960'ta Shannon'u kendisine yardım etmesi için işe alan mühendis Edward Thorp'tan çıktı. İki adam rulet masasında ekip olarak çalıştı ama birbirlerini tanımıyormuş gibi yapıyorlardı. Biri tekerlekte dönen topu izliyor ve belli noktaları tam olarak ne zaman

ceğiniz bir bilgisayar".

Shannon 1940'taki doktora tezinde genetiğe de el atmıştı. O sırada biyologlar, genler ve doğal seçilim arasındaki bağlantıyı sağlamlaştırıyordu ama işin içine giren ağır istatistik pek çok kişiyi korkutuyordu. Shannon daha sonra genetik hakkında bir nebze bile bir şey bilmediğini itiraf edecekti, ama konuya balıklama atlayıp elektronik devreler için yaptığını genetik için de yapmaya çalıştı: yani karmaşıklıkları basit cebire indirgemek. Böylece herhangi bir veri girildiğinde (bir popülasyondaki genler), herkes sonucu (hangi genlerin serpileceğini ya da yok olacağını) çabucak hesaplayabilecekti. Shannon birkaç ay boyunca bu makale üzerine çalıştı ve doktorasını aldıktan sonra elektroniğin cazibesine kapılarak bir daha genetiğe geri dönmedi. Önemi yok. Yeni çalışması bilgi kuramının temeli oldu; bu alanın da o kadar geniş bir uygulanabilirliği vardı ki, onsuz da olsa dönüp dolaşıp genetiğe ulaştı.

Bilgi kuramı sayesinde, Shannon mesajların mümkün olduğu kadar az hatayla nasıl aktarılacağını saptadı. Artık biyologlar bu amacın bir hücredeki hataları asgariye indirmek için en iyi genetik şifreyi tasarlamakla aynı şey olduğunu biliyor. Biyologlar Shannon'ın dillerdeki verimlilik ve fazlalık üzerine olan araştırmasını da uyarladılar. Bir keresinde Shannon İngilizcenin en az yüzde ellisinin fazlalık olduğunu hesaplamıştı. (Raymond Chandler'ın ucuz romanlarından birinde bu oran yüzde yetmiş beşe yaklaşıyordu.) Biyologlar da verimliliği araştırıyordu, çünkü doğal seçilime göre verimli canlılar daha güçlü olmalıydı. DNA'da ne kadar az fazlalık olursa hüc-

---

geçtiğine dikkat ediyordu. Sonra da ayakkabısında bulunan ve ayak başparmağıyla çalışan bir düğmeye dokunarak cebindeki küçük bilgisayara sinyal gönderiyor, bilgisayar da radyo sinyalleri yayıyordu. Kulaklık takmış diğer adam bu sinyalleri müzik notaları olarak duyuyor, melodiye göre, parasını koyması gereken yeri anlıyordu. Dışarı çıkan kabloları ten rengine boyamışlar ve kabloları derilerine sakızla yapıştırmışlardı.

Thorp ve Shannon bu plandan yüzde 44 kazanç bekliyordu ama Shannon ilk denemelerinde ürktü ve yalnızca bozuk parayla bahse girdi. Kaybettiklerinden çok kazandılar ama belki de kumarhane kapısındaki korumaları gören Shannon bu girişime olan isteğini kaybetti. (İki adamın çalışmak için Reno'dan 1.500 dolara bir rulet masası ısmarladığı düşünülünce, muhtemelen bu girişimden zararlı çıktılar.) Ortağı tarafından yarı yolda bırakılan Thorp, çalışmasını yayımladı ancak kumarhanelerin elektronik cihazları yasaklaması uzun yıllar aldı.

reler o kadar çok bilgi saklayabilir ve o kadar hızlı işleyebilirdi, bu da büyük bir avantajdı. Ama Kravat Kulübü'nün de bildiği gibi, DNA bu açıdan yetersizdi. Altı A-C-G-T üçlüsü yalnızca bir amino asidi kodlayabiliyordu: tamamen gereksiz bir fazlalık. Eğer hücreler kısıntı yapıp her amino asit için daha az sayıda üçlü kullanırsa standart yirmiden daha fazlasını dağarcıklarına katabilirler, bu da moleküler evrimde yepyeni alanlar açardı. Bilim insanları, laboratuvardaki hücrelerin iyi yetiştirildikleri takdirde elli amino asit kullanabileceğini göstermişlerdir.

Ama Shannon'ın belirttiği gibi fazlalığın bedelleri vardır ama yararları da vardır. Dilde bir miktar fazlalık, bazı heceler ya da sözcükler tahrif edilse bile bir diyaloğu takip edebilmemizi sağlar. Çğu insnn hrflr eksk szcklri okmkt gçlk çkmz. Bir başka deyişle, fazlalığın çok olması enerji ve zaman kaybına yol açar, az olmasıysa hatalara karşı koruma sağlar. DNA'ya uyarlandığında fazlalığın amacını artık görebiliriz: Bir mutasyonunun yanlış amino asit getirmesi ihtimalini azaltır. Dahası biyologların hesaplarına göre, bir mutasyon yanlış amino asidi koysa bile, bu değişiklik ne olursa olsun, Doğa Ana yeni amino asidin benzer kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olma şansının yüksek olacağı ve düzgün olarak katlanacağı bir donanım kurmuştur. Bu, amino asidin eşanlamlısıdır, bu nedenle hücreler hâlâ cümlenin anlamını çıkarabilirler.

(Fazlalığın genler dışında da kullanımları olabilir. Protein kodlamayan DNA –genler arasındaki uzun DNA alanları– doğanın klavyesindeki boşluk tuşuna uzun süre basılmış gibi görünen yerlerde, oldukça geniş harf kısımları içerir. Bu ve diğer bölümler çöp gibi görünse de, bilim insanları onların gerçekten gözden çıkarılıp çıkarılamayacağını bilmiyorlar. Bir bilim insanının ifade ettiği gibi, "Genom, yüz sayfasını çıkarıp atsanız hiçbir şeyin değişmeyeceği ucuz bir roman mıdır, yoksa tek bir sayfayı bile çıkarsanız hikayenin konusunun bozulacağı bir Hemingway mi?" Ama Shannon'ın savlarını çöp DNA'ya uyarlayan araştırmalar, bu fazlalığın dillerdeki gereksiz bolluğa çok benzediğini bulmuştur; bu da protein kodlama-

yan DNA'nın hâlâ keşfedilmemiş dilbilimsel özellikleri olduğu anlamına gelebilir.)

Bütün bunlar Shannon ve Friedman'ı hayretler içinde bırakabilirdi, ama işin belki de en büyüleyici yanı şudur: Diğer zeki özelliklerinin yanı sıra, en güçlü bilgi işleme araçları konusunda da DNA bizi geride bırakır. 1920'lerde ünlü matematikçi David Hilbert teoremleri neredeyse hiç düşünmeden, otomatik olarak çözebilecek mekanik bir kol çevirme işlemi (bir algoritma) var olup olmadığını belirlemeye çalışıyordu. Hilbert bu işlemi yapacak insanların elinde kalem kağıt olacağını düşünüyordu. Ama 1936'da bir matematikçi (ve amatör olarak düğüm kuramıyla ilgilenen) Alan Turing bu işi yapacak bir makine tasarladı. Turing'in uzun bir kayıt şeridi ve şeridi hareket ettirip işaretleyecek bir cihazdan oluşan makinesi basit görünüyordu, ama ne kadar karmaşık olursa olsun prensipte çözülebilir her problemi küçük mantıklı adımlara bölerek cevabını hesaplayabiliyordu. Turing makinesi Shannon'ın da aralarında bulunduğu pek çok düşünüre esin verdi. Mühendisler kısa bir süre sonra Turing'in hayal ettiği gibi uzun manyetik şeritleri ve kaydeden kafaları olan çalışan modeller yaptılar. Bugün onlara bilgisayar diyoruz.

Biyologlar bilir; Turing makineleri, hücrelerin uzun DNA ve RNA ipliklerini kopyalama, işaretleme ve okuma için kullandığı mekanizmaya benzer. Bu biyolojik-Turing makineleri her canlı hücrede çalışır, her saniye türlü türlü karmaşık problemi çözer. Aslında DNA'nın Turing makinelerine karşı bir üstünlüğü vardır: Bilgisayar donanımının çalışması için bir yazılım gerekir, DNA'ysa hem donanım hem de yazılım işlevini görür, hem bilgiyi saklar hem de komutları verir. Hatta kendini çoğaltma talimatlarını bile içinde barındırır.

Hepsi bu kadar da değildir. DNA yalnızca şimdiye kadar görebildiğimiz şeyleri yapsa bile (kendini kusursuz biçimde tekrar tekrar kopyalama, RNA ve protein üretme, nükleer bombaların hasarına karşı koyma, sözcükleri ve cümleleri şifreleme, hatta birkaç seçkin melodiyi ıslıkla çalma) yine de inanılmaz bir moleküldür ve en üstünlerinden biri olarak öne çıkacaktır. Ama DNA'yı diğerlerin-

den ayıran, kendinden milyarlarca kat büyük şeyleri oluşturabilmesi ve yeryüzünün her yerinde harekete geçirebilmesidir. DNA, kendi yarattığı canlıların bütün bu zaman boyunca yaptığı ve gördüğü her şeyi içeren bir gezi günlüğü bile tutmuştur. Birkaç şanslı canlı, DNA'nın temelde nasıl iş gördüğüne hakim olduktan sonra en sonunda bu hikayeleri kendi kendilerine okuyabileceklerdir.

II.

BÖLÜM

HAYVAN GEÇMİŞİMİZ

Sürünen, Üreyen ve Öldüren Şeyler Yapmak

5

DNA'nın Aklanması

Hayat Neden Bu Kadar Yavaş Evrildi
– Sonra da Bu Kadar Karmaşıklaştı?

RAHİBE MIRIAM MICHAEL STIMSON gazeteyi açar açmaz hayatının eseri sayılan on yıllık çalışmasının boşa gittiğini anlamış olmalıdır. Kukuletası dahil siyah beyaz dini kıyafetini üzerinden hiç çıkarmayan bu Dominikan rahibe 1940'lı yıllar boyunca üretken, hatta başarılı bir araştırma kariyeri yapmak için didinmişti. Michigan ve Ohio'daki din okullarında yara iyileştirici hormonlar üzerinde deneyler yapmış, hatta tanınmış bir hemoroid kreminin (Preparation H) yapımına yardım etmiş ve en sonunda DNA bazlarının biçimlerini araştırmayı uğraş edinmişti.

Bu alanda hızla ilerleme kaydetti; DNA bazlarının her saniye kendilerinden farklı görünebilen biçim değiştiriciler olduğuna dair kanıtlarını yayımladı. Bu fikir hoşa gidecek kadar basitti ama DNA'nın çalışma şekliyle ilgili derin sonuçları oldu. Ancak 1951'de iki rakip bilim insanı Stimson'ın kuramını tek bir makalede yok ederek, çalışmasını "zayıf" ve yanlış olarak değerlendirdiler. Bir bilim kadını olarak Rahibe Miriam omuzlarında ağır bir yük taşıyordu; çoğu zaman kendi araştırma konularıyla ilgili olarak bile erkek meslektaşlarının buyurgan söylevlerine maruz kalıyordu. Herkesin önünde ciddiye alınmamanın sonucu olarak onca uğraşla kazandığı itibarı DNA'nın iki ipliği kadar hızlı ve toptan çözülüyordu.

Onu pek teselli etmemiştir, ancak sonraki birkaç yılda ortaya çıktı ki, reddedilmesi aslında yüzyılın en önemli biyolojik keşfinin (Watson ve Crick'in çift sarmalı) gerçekleşebilmesi için gerekli bir adımdı. James Watson ve Francis Crick zamanlarına göre sıra dışı biyologlardı çünkü genellikle başkalarının çalışmalarını sentezliyor, kendileri nadiren deney yapıyorlardı. (Darwin bile bir deney ortamı yaratmış ve kendisini bir deniz kabuklusu uzmanı olarak yetiştirmişti, deniz kabuklularında cinsellik de ilgilendiği konular arasındaydı.) Bu "ödünç alma" alışkanlığı zaman zaman Watson ve Crick'in başını belaya soktu, özellikle de X ışınları kırınım yöntemini kullanarak çift sarmalı aydınlatan Rosalind Franklin'le. Ancak Watson ve Crick, rahibe Miriam'ın da aralarında bulunduğu, daha az bilinen düzinelerce bilim insanının çalışmalarını geliştirdi. İtiraf etmek gerekirse Franklin'in araştırması alandaki en önemli araştırma değildi. Hatta DNA hakkındaki kafa karışıklığının çoğu onun hatalarından kaynaklanmıştı. Ancak Thomas Hunt Morgan'da olduğu gibi, birinin hatalarıyla nasıl yüzleştiğini takip etmek de değerlidir. Hüsrana uğramış pek çok bilim insanının tersine Rahibe Miriam, kendini laboratuvara sürükleyecek ve sonunda çift sarmalın hikayesine katkıda bulunacak tevazuya ya da cesarete sahipti.

Friedrich Miescher'in çağında şeker, fosfat ve halkalı bazların tuhaf karışımı ilk kez keşfedildiğinde bilim insanlarının boğuştukları temel sorun üzerine yirminci yüzyılın ortalarındaki biyologlar hâlâ kafa patlatıyordu: DNA nasıl görünüyordu? En can sıkıcısı da hiç kimsenin uzun DNA ipliklerinin nasıl birbirine geçip kıvrılabildiğini bulamamasıydı. A, T'yle C, G'yle birleştiği için DNA ipliklerinin otomatik olarak birbirine geçtiğini artık biliyoruz, ama 1950'lerde bunu kimse bilmiyordu. Herkes harf çiftleşmesinin rasgele olduğunu varsayıyordu. Bu nedenle bilim insanları DNA modellerinin içine her türlü garip harf kombinasyonunu yerleştirmek zorunda kaldılar: Hantal A'larla G'ler, ince C'ler ve T'ler bazen birbiriyle birleşmek zorunda kaldı. Bilim insanları bu birbirine uymayan baz çiftlerinin ne kadar döndürülürse döndürülsün ya da sıkıtırılırsa sıkış-

tırılsın, bekledikleri düzgün DNA biçimi yerine göçükler ve şişkinlikler oluşturduğunu kısa zamanda fark ettiler. Bir noktada Watson ve Crick bu biyomoleküler Tetris'in canı cehenneme dediler ve bazları göz önünden kaldırmak için, üzerinde dışa dönük bazların bulunduğu, tersine çevrilmiş (ve üç iplikli) bir DNA modelini kurcalamakla aylar harcadılar.

Rahibe Miriam DNA'nın yapısıyla ilgili önemli bir başka sorunu ele aldı: bazların kesin biçimini. Bir rahibenin böyle teknik bir alanda çalışması bugün garip görünebilir, ama Miriam'ın hatırladığı kadarıyla konferanslarda ve toplantılarda karşılaştığı pek çok bilim kadını da kendisi gibi rahibeydi. O zamanlar evlenen kadınlar genellikle mesleğini bırakmak zorundaydı, bekar kadınlarsa (Franklin gibi) kuşku çekiyor ya da alayla karşılanıyordu; bazen de o kadar düşük ücretler karşılığında çalışıyorlardı ki, iki yakaları bir araya gelmiyordu. Ancak Katolik rahibeler bilimle ilgilenmek için gerekli maddi desteğe ve bağımsızlığa sahipti.

Rahibe olmak hem mesleki hem de kişisel anlamda işleri karıştırmıyor değildi. Doğduğunda Johann adı verilen, ancak manastırda Gregor adını alan Mendel gibi, Miriam Stimson ve rahibe arkadaşları da 1934'te Michigan'daki manastıra girdiklerinde yeni adlar aldılar. Miriam, Mary adını seçti ama vaftiz töreni sırasında başpiskopos ve asistanı listedeki bir adı atladığı için listedeki çoğu kadın yanlış adla vaftiz edildi. Kimse itiraz etmedi, listenin sonundaki Miriam için ad kalmamıştı ve akıllı başpiskopos aklına ilk gelen adı kullandı, bu da bir erkek adıydı. Rahibelik İsa'yla evlenmek sayılıyordu, Tanrı'nın (ya da başpiskoposların) birleştirdiğini naçiz kullar ayıramayacağı için yanlış adlar da kalıcı hale geldi.

Rahibe Miriam çalışmaya başladığında bu itaat talepleri daha da ağırlaşarak bilimsel kariyerine köstek olmaya başladı. Küçük Katolik okulundaki üstleri deneylerini yapması için ona tam donanımlı bir laboratuvar yerine banyodan bozma bir oda verdi. Rahibe Miriam'ın deney yapacak fazla vakti olduğu da söylenemezdi zaten. Öğrenci yatakhanesinden sorumlu rahibe olarak görevliydi, üstelik bir de

tam zamanlı öğretmenlik yapıyordu. Ayrıca muhtemelen laboratuvarda deney yapmayı zorlaştıran ve kocaman bir siperli başlığa sahip dinsel kıyafetlerini giymek zorundaydı. (Başlık iki yanını görmesini engellediği için araba da kullanamıyordu.) Ne var ki Miriam hakikaten akıllıydı –arkadaşları ona "M^2" adını takmıştı– ve Mendel gibi onun da bağlı olduğu tarikat bilim aşkını teşvik edip cesaretlendiriyordu. Tabii, bu kısmen Asya'daki tanrısız komünistlerle savaşmak, ama kısmen de Tanrının yaradılışını anlamak ve yarattıklarına sevgi göstermek içindi. Gerçekten de Miriam ve meslektaşları tıbbi kimyanın pek çok alanına katkıda bulundu (Preparation H araştırması gibi). DNA araştırmaları da bunun doğal bir uzantısıydı. Miriam 1940'ların sonlarında DNA bazlarının bileşenlerini inceleyerek bunların biçimi konusunda mesafe kaydetmiş görünüyordu.

A, C, G ve T'nin özü karbon, nitrojen ve oksijen atomlarından oluşur, ama bazların aynı zamanda hidrojen de içermesi işleri ka-

Rahibe Miriam Micheal Stimson. DNA alanında bir öncüydü ve laboratuvarda bile rahibe başlığını takardı. (Arşiv: Siena Heights Üniversitesi)

rıştırır. Hidrojen, moleküllerin dış kenarlarında gezinir, en hafif ve etrafındakilerden en çok etkilenen element olduğu için hidrojen atomları farklı konumlara savrulur ve bazların birbirinden nispeten farklı şekiller almasını sağlar. Bu değişimler çok belirgin değildir, her biri öncesinde ve sonrasında aşağı yukarı yine aynı moleküldür; ancak çift iplikli DNA'yı bir arada tutma konusunda hidrojenin konumu hayati rol oynar.

Hidrojen atomları bir protonun çevresinde dönen tek elektrondan ibarettir. Ama hidrojen bu negatif elektronu genellikle DNA bazının halkalı iç kısmıyla paylaşır. Bu da arkadaki pozitif yüklü atomu açıkta bırakır. DNA iplikleri birbirine, bir ipliğin bazlarındaki pozitif hidrojen parçalarının diğer ipliğin bazlarındaki negatif hidrojen parçalarıyla aynı hizaya gelmesiyle bağlanır (Negatif parçalar genellikle elektronları istifleyen oksijen ve nitrojen çevresindedir). Bu hidrojen bağları normal kimyasal bağlar kadar güçlü değildir ama böyle olması daha da iyidir, çünkü gerektiğinde hücreler DNA'yı fermuar gibi açabilir.

Doğada bolca bulunmasına rağmen 1950'lerin başlarında DNA'da hidrojen bağı bulunması imkansız gibi görünüyordu. Hidrojen bağları A ve T, C ve G'de olduğu gibi pozitif ve negatif parçaların kusursuz biçimde hizalanmasını gerektirir. Ancak belirli harflerin çiftleştiğini kimse bilmiyordu ve başka harf kombinasyonlarında yükler bu kadar düzgün şekilde dizilmiyordu. Rahibe M[2]'nin ve başkalarının yürüttüğü araştırmalar bu tabloyu bozuyordu. Miriam'ın çalışması DNA bazlarını yüksek ya da düşük asiditesi olan solüsyonlarda çözmeyi içeriyordu. (Yüksek asidite bir solüsyondaki hidrojen iyonlarını artırır, düşük asiditeyse düşürür.) Miriam çözünmüş bazların ve hidrojenin bu solüsyonda bir şekilde etkileşime girdiğini biliyordu: Solüsyona ultraviyole ışık tuttuğunda bazlar ışığı farklı biçimde emiyordu, bu da bir şeyin biçim değiştirdiğinin alışıldık işaretiydi. Ancak bu değişimin, hidrojen atomlarının yer değiştirmesinden kaynaklandığını varsaydı (varsayımlar her zaman tehlikelidir) ve bunun her DNA'da doğal olarak meydana geldiğini önerdi. Eğer bu

doğruysa, DNA'yı araştıran bilim insanları artık hidrojen bağlarını yalnızca birbirine uymayan baz çiftleri için değil, her uyumsuz bazın çok sayıdaki biçimi için de ele almak zorundaydı. Daha sonraları Watson ve Crick, yazarın önyargı ve isteklerine bağlı olarak, dönemin ders kitaplarında bile hidrojen atomları farklı konumlarda bulunan bazların gösterildiğini bıkkınlıkla hatırlayacaktı. Bu durum, bir model oluşturmayı neredeyse imkansız kılıyordu.

Rahibe Miriam 1940'ların sonlarında DNA'nın bu değişme kuramı üzerine makalesini yayımlarken, bir yandan da bilimsel konumunun tırmanışını seyrediyordu. Kibrin sonu düşüştür. 1951'de Londra'da iki bilim insanı asidik ve asidik olmayan solüsyonların DNA bazları çevresindeki hidrojen atomlarının yerini değiştirmediğini saptadı. Onun yerine, bu solüsyonlar ya garip yerlerde onlara *fazladan* hidrojen sıkıştırıyor ya da hassas hidrojeni çıkarıyorlardı. Bir başka deyişle Miriam'ın deneyleri doğal olmayan, suni bazlar yaratıyordu. Çalışması DNA hakkında herhangi bir şey saptayamazdı, bu nedenle DNA bazlarının biçimi bir muamma olarak kalmaya devam etti.

Ancak Miriam'ın sonuçları ne kadar hatalı olursa olsun, bu araştırmada uyguladığı bazı deney yöntemlerinin son derece yararlı olduğu ortaya çıktı. DNA biyoloğu Erwin Chargaff 1949'da Miriam'ın öncülüğünü yaptığı ultraviyole analizi yöntemini benimsedi. Chargaff bu yöntemle DNA'da bulunan A'larla T'lerin ve C'lerle G'lerin aynı miktarda olduğunu saptadı. Chargaff bu ipucundan bir yarar elde edemedi ama köşeye sıkıştırdığı her bilim insanına bu konuda boşboğazlık etti. Chargaff bu buluşunu bir deniz yolculuğu sırasında Watson ve Crick'in baş rakibi olan Pauling'e de iletmeye çalıştı. Ancak tatilde rahatsız edildiği için sinirlenen Pauling, Chargaff'ı başından savdı. Daha kurnaz olan Watson ve Crick, Chargaff'ı dinledi (Chargaff onların genç budalalar olduğunu düşünse de) ve Chargaff'ın sezgisini kullanarak en sonunda A'nın T ile, C'nin de G'yle eşleştiğini buldular. Bu, ihtiyaçları olan son ipucuydu ve böylece çift sarmal doğmuş oldu.

Peki ya hidrojen bağları ne olacaktı? Elli yıllık tapınmadan sonra artık unutulmuştur, ancak Watson ve Crick'in modeli dayanağı olmayan, hatta çürük bir varsayıma dayanıyordu. Bazları çift sarmalın içine rahatça sığıyordu ve uygun hidrojen bağlarıyla birbirine geçiyordu; bunun için gereken tek şey her bazın belirli bir biçimi olmasıydı. Ancak Miriam'ın çalışması alaşağı edildiği için canlıların içindeki bazların biçimini hiç kimse bilmiyordu.

Bu kez bir yarar sağlamaya kararlı olan Rahibe Miriam tekrar laboratuvarına döndü. Asit-ultraviyole fiyaskosundan sonra, DNA'yı bir de tayfın ters tarafındaki kızıl ötesi ışıkla inceledi. Bir maddeyi kızılötesi ışıkla incelemenin standart yöntemi onu sıvıyla karıştırmaktı, ama DNA bazları her zaman gerektiği gibi karışmıyordu. Bu nedenle Miriam, DNA'yı beyaz bir tozla, potasyum bromürle karıştırmanın bir yolunu buldu. Örneklerin incelenebilecek kadar ince olması için, Miriam'ın laboratuvar ekibi yakındaki Chrysler şirketinden bu tozu aspirin çapındaki "haplara" dönüştürecek bir kalıp ödünç almak zorunda kaldı. Sonra da hapları endüstriyel presle bir milimetre kalınlığında diskler halinde kesmek için yerel bir makine atölyesine gitmeleri gerekti. Bir taksi dolusu dini kıyafetli rahibenin pis bir makine atölyesine doluşması görevli makine ustalarını eğlendirmiş olmalıdır, ancak Miriam onların kendisine beyefendice bir kibarlıkla davrandığını anımsar. En sonunda, diskleri kendisi kesebilsin diye hava kuvvetleri laboratuvara bir pres bağışladı. (Öğrencilerin anımsadığı kadarıyla, Miriam prese Meryem Anaya selam duasını iki kez okuyacak kadar uzun süre bastırmak zorundaydı.) İnce potasyum bromür tabakaları kızıl ötesi ışıkla görünmediği için, ışık geçerken yalnızca A'ları, C'leri G'leri ve T'leri hareketa geçiriyordu. Sonraki onyılda, hem disklerle yapılan kızılötesi incelemeler hem de başka araştırmalar Watson ve Crick'in haklı olduğunu gösterdi. DNA bazlarının bir tek doğal biçimi vardı ve bu biçim kusursuz hidrojen bağları üretiyordu. Bu noktada, hatta yalnızca bu noktada, bilim insanları DNA'nın yapısını tam olarak kavradıklarını söyleyebilirlerdi.

Elbette nihai hedef DNA'nın yapısını anlamak değildi. Bilim insanlarının önünde daha pek çok araştırma vardı. M[2] olağanüstü çalışmalar yapmaya devam etti: 1953'te Sorbonne'da ders verdi, Marie Curie'den beri bunu yapan ilk bilim kadınıydı. 2002'ye, seksen dokuz yaşına kadar yaşadı, ancak bilime olan tutkusu yavaş yavaş yok oldu. Hareketli 1960'larda siperli başlığını çıkardı (ve araba kullanmayı öğrendi), ama bu küçük itaatsizliğine rağmen hayatının son on-yirmi yılında kendini tarikatına adadı ve deney yapmayı bıraktı. DNA'nın bu karmaşık ve güzel yaşamı[23] nasıl yarattığını bulmayı, alanlarında öncü iki kadının da aralarında bulunduğu başka bilim insanlarına bıraktı.

Bilim tarihi çifte keşiflerle doludur. Doğal seçilim, oksijen, Neptün, güneş lekeleri; her birini iki, üç hatta dört bilim insanı birbirinden bağımsız olarak keşfetmiştir. Tarihçiler bunun nedeni konusunda tartışmaya devam ederler: Belki de her biri büyük bir tesadüftü, belki bulanlardan biri başkasının fikrini çalmıştı, belki de buluşların doğru koşullar oluşmadan yapılması imkansızdı, doğru koşullar oluştuktan sonra da buluşların ortaya çıkması kaçınılmazdı. Ancak hangisine inanırsanız inanın, bilimsel eşzamanlılık bir gerçektir. Çift sarmalı birden fazla ekip buldu, 1963'te DNA'nın bir başka önemli özelliğini bulan da iki ayrı ekipti. Bir grup, mitokondrileri (hücrelere enerji sağlayan fasulye biçimli organeller) haritalamak için mikroskopları kullanıyordu. Diğer grupsa mitokondrileri ezerek hücre içeriğinden ayıklıyordu. İki ekip de mitokondrinin kendi DNA'sına sahip olduğunun kanıtını buldu. İtibarını parlatmak isteyen Friedrich Miescher 1800'lerin sonunda DNA'nın sadece çekirdekte bulunduğunu söylemişti; tarih bir kez daha Friedrich

23- Miriam'ın yaşamını daha ayrıntılı öğrenmek için Jun Tsuji'nin *The Soul of DNA*'sına bakmanızı öneririm.

Miescher'e karşı çıkıyordu.

Tarihsel koşullar bazı keşifleri kolaylaştırsa da, bilimin aynı zamanda başına buyruk tiplere, koşulların bizi körleştirmesi yüzünden göremediklerimizi görenlere ihtiyacı vardır. Bazen bu çekilmez asilere ihtiyacımız olur, çünkü hırçınlık yapmazlarsa kuramları asla dikkatimizi çekmez. Lynn Margulis de bunlara bir örnekti. 1960'ların ortalarında pek çok bilim insanı mitokondriyal DNA'nın kaynağını epey sıkıcı bir biçimde açıklıyor, hücrelerin bir kereye mahsus olmak üzere dışarıya ödünç DNA verdiğini ve bir daha da geri almadığını öne sürüyordu. Ancak Margulis 1965'teki doktora tezinden başlayarak yirmi yıl boyunca mitokondriyal DNA'nın sadece bir merak konusu olmadığı görüşünü kabul ettirmeye çalıştı. Margulis, mitokondriyal DNA'yı çok daha büyük bir şeyin kanıtı olarak görüyordu: yaşamın, geleneksel biyologların hayal bile edemeyeceği kadar çok karıştırma ve evrimleşme yollarına sahip olduğunun bir kanıtı olarak.

Margulis'in endosimbiyoz kuramı şöyle bir şeydi: Hepimiz çok uzun zaman önce yeryüzündeki ilk mikroplardan geldik. Bugün bütün canlı organizmalar bu mirasın bir parçası olarak, yaklaşık yüz kadar geni paylaşır. Ancak çok geçmeden, bu ilk mikroplar birbirlerinden farklılaşmaya başladı. Kimi devasa kitlelere dönüştü, kimi de küçülerek zerre haline geldi ve aradaki bu büyüklük farkı çeşitli fırsatlar yarattı. Daha da önemlisi, bazı mikroplar diğerlerini yutup sindirirken, bazıları da büyük ve dikkatsiz olanları enfekte edip öldürdü. Margulis'in iddiasına göre, bu iki sebepten biri yüzünden çok çok uzun zaman önce bir mikrop bir böceği yemiş ve garip bir şey olmuştu: Hiçbir şey. Ya küçük Yunus hazmedilmeye karşı savaşmış ya da konakçı içten gelen darbeyi bertaraf etmişti. Ardından bir beraberlik dönemi geldi, savaşmaya devam etseler de birbirlerinin üstesinden gelemiyorlardı. Baştaki bu düşmanca karşılaşma sayısız kuşak sonra ortak bir girişime dönüştü. Küçük dostumuz oksijenden gelen yüksek oktanlı yakıtı sentezlemede giderek ustalaşırken, balina hücresi de güç üretme becerilerini kaybetti ve bunun yerine ham besinleri ve sığınağı sağlama üzerine uzmanlaştı. Adam Smith'in de

öngörebileceği gibi, bu biyo-emek bölünmesi iki tarafa da yarar sağladı, çok geçmeden ikisi de diğerinden vazgeçerse öleceği bir noktaya geldi. Bu mikroskobik böceklere mitokondri adını veriyoruz.

Genel olarak güzel bir kuram, ama o kadar. Ne yazık ki Margulis önerdiğinde bilim insanları bu kadar hoş karşılık vermediler. Margulis'in endosimbiyoz hakkındaki ilk makalesi on beş dergi tarafından reddedildi, pek çok bilim insanı onun tahminlerine açıkça saldırdı. Ancak bunu her yaptıklarında Margulis daha fazla kanıt sıralayıp mitokondrinin bağımsız davranışını –hücrelerin içinde bulunurlar, kendi takvimlerine göre ürerler ve kendi hücre benzeri zarlarına sahiptirler– daha büyük hırçınlıkla vurguladı. Çöp DNA'ları davayı sonuca bağlıyordu: Hücreler DNA'nın çekirdekten hücresel yerleşim alanlarına kaçmasına nadiren izin verirler, DNA da bunu yapmaya çalıştığında nadiren hayatta kalır. Aynı zamanda bu DNA bize, kromozomal DNA'dan daha farklı biçimde geçer: Mitokondriyal DNA yalnızca anneden gelir, çünkü çocuklardaki bütün mitokondriler anne tarafından sağlanır. Margulis, mitokondriyal DNA denen şeyin yalnızca bir zamanlar kendileri de bağımsız olan hücrelerden gelmiş olabileceği sonucuna vardı.

Karşıtları mitokondrinin tek başına iş görmediğini söyleyerek (haklılardı da) ona karşı çıktılar. İşleyebilmeleri için kromozomal genlere ihtiyaçları vardı, yani bağımsız olduklarını söylemek güçtü. Margulis üç milyar yıl geçtikten sonra, bağımsız yaşam için gereken genlerin çoğunun, eski mitokondriyal genomdan geriye yalnızca çok küçük bir iz kalana dek kaybolmasının şaşırtıcı olmadığını söyleyerek bu savı savuşturdu. Karşıtları kanıt yokluğu vs. gibi sebeplerle buna ikna olmadı, ama kendini savunmak için fazla güçlü bir karakteri olmayan Miescher'in aksine, Margulis yumruklara karşılık verdi. Kuramı üzerine konferanslar verdi, geniş çaplı yazılar yazdı ve seyircilerini bozmaktan zevk aldı. (Bir keresinde konuşmaya "Burada gerçek biyolog var mı? Moleküler biyolog mesela?" diye başlamıştı. Kalkan elleri saydıktan sonra gülmüştü. "İyi. Bundan nefret edeceksiniz.")

Biyologlar gerçekten de endosimbiyozdan nefret etti ve tartışma uzayıp gitti, taki 1980'lerde yeni bir tarama teknolojisi sayesinde mitokondrinin DNA'larını (hayvanlar ve bitkiler gibi) uzun, çizgisel kromozomlarda değil, bakteriler gibi halka biçiminde sakladıkları ortaya çıkana dek. Halkadaki otuz yedi sıkıştırılmış gen, bakterilerdekine benzer proteinler de üretiyordu, A-C-G-T dizisi de dikkat çekecek kadar bakteriyel görünüyordu. Bilim insanları bu kanıttan yola çıkarak mitokondrinin yaşayan akrabalarını bile (canlı tifo bakterisi gibi) tanımladılar. Benzer çalışmalar kloroplastların da –bitkilerde fotosentezin gerçekleştiği yeşilimsi zerreler– halkalı DNA içerdiğini buldu. Margulis'e göre mitokondriler gibi kloroplastlar da, akrabaları olan büyük mikropların su yüzünde fotosentez yapan yosun tabakasını yutmasıyla evrimleşmişti. Endosimbiyozun iki örneği, karşıtların makul bir açıklamayla geçiştiremeyeceği kadar fazlaydı. Haklılığı kanıtlanan Margulis bir sevinç çığlığı attı.

Mitokondriyi açıklamanın dışında, Margulis'in kuramı daha sonra yeryüzündeki yaşamın derin bir gizemini aydınlatmaya da yardım etti: Umut vaat edici bir başlangıçtan sonra evrimin neredeyse durma noktasına gelmesinin nedenini. Mitokondri başlangıç vuruşunu yapmasa ilkel yaşam, zeka sahibi insan şöyle dursun, daha üst canlı türlerine bile evrilemezdi.

Bu duraklamanın ne kadar derin olduğunu anlamak için evrenin yaşamı ne kadar kolay ürettiğine bakın. Yeryüzündeki ilk organik moleküller muhtemelen okyanus tabanındaki volkanik bacaların yakınlarında kendiliğinden ortaya çıktı. Buradaki ısı enerjisi karbon açısından zengin basit molekülleri, karışık amino asitler ve hatta basit bir zar işlevi görecek keseler haline getirebilirdi. Dünya büyük ihtimalle uzaydan organik maddeler almıştı. Astronomlar yıldızlararası toz bulutlarında yüzen çıplak amino asitler keşfetti; kimyacılarsa çift halkaya sıkışmış beş basit HCN (evet, o kadar şeyin arasından, siyanür) molekülünden ibaret olduğu için adenin gibi DNA bazlarının uzayda da oluşabileceğini hesapladı. DNA bazları, buzlu kuyruklu yıldızlarda da türemiş olabilirdi. Buz, oluşurken büyük öl-

çüde yabancı düşmanlığı edinir ve içindeki herhangi bir organik çökeltiyi yoğunlaşmış kabarcıklar halinde sıkıştırır, yabancı maddeleri basınçla pişirir ve bu da, karmaşık moleküllerin oluşma ihtimalini artırır. Bilim insanları zaten dünya henüz gençken ona çarpan kuyrukluyıldızların denizlerimizi suyla doldurduğundan kuşkulanıyorlar, demek ki okyanuslarımızı biyolojik parçacıklarla doldurmuş bile olabilirler.

Yalnızca bir milyar yıl içinde, bu kaynayan organik çorbanın içinden gelişmiş zarları ve değiştirilebilir hareketli parçaları olan özerk mikroorganizmalar ortaya çıktı. (Eğer düşünürseniz epey çabuk.) Bu ortak başlangıçtan kısa bir süre sonra çok sayıda farklı tür meydana geldi; bunlar farklı geçim kaynakları ve kendilerine bir hayat oluşturmak için zekice yöntemleri olan türlerdi. Ancak bu mucizeden sonra evrimin seyri düz bir çizgiye dönüştü: Gerçek anlamda yaşayan pek çok türde canlı vardı, ama bu mikroplar bir milyar yılı aşkın bir süre boyunca fazla evrilmediler ve hiçbir zaman da evrilmeyebilirler.

Sonlarını hazırlayan şey enerji tüketimi oldu.. İlkel mikroplar enerjilerinin tamamının yüzde ikisini DNA'yı kopyalamak ve devam ettirmek için harcarlar, enerjinin yüzde yetmiş beşiyse DNA'dan protein yapmaya gider. Bu nedenle bir mikrop avantajlı ve evrimsel açıdan ileri bir özelliğin DNA'sını geliştirse bile –kapalı bir çekirdek ya da başka mikropları sindirecek "mide" veya başka mikroplarla iletişim kuracağı bir araç gibi– bu gelişmiş özelliği oluşturmak onu tüketir. İki tane eklemek söz konusu bile değildir. Bu koşullar altında evrim atıl hale gelir ve hücreler ancak bir yere kadar gelişebilir. Ucuz mitokondri enerjisi bu sınırlamaları kaldırdı. Mitokondri birim başına yıldırım kadar enerji saklar ve hareketlilikleri atalarımızın aynı anda pek çok üstün özelliği eklemesine ve onların karmaşık organlar haline gelmesine izin verdi. Hatta mitokondri, hücrelerin DNA dağarcığını 200.000 kat genişletmesini sağladı; yalnızca yeni genler keşfetmelerine izin vermekle kalmadı, aynı zamanda tonlarca düzenleyici DNA ekleyip genleri kullanırken çok daha esnek olmalarını da sağladı. Bütün bunlar mitokondri olma-

dan olmazdı, Margulis'in kuramı olmadan da evrimin bu karanlık çağını asla aydınlatamazdık.

Mitokondriyal DNA, bilimde genetik arkeoloji gibi yeni alanlar da açtı. Mitokondri kendi kendine çoğaldığı için, hücrelerde bol miktarda mitokondriyal gen bulunur ve sayıları kromozomal genlerden çok daha fazladır. Bu nedenle mağara adamları, mumyalar ya da başka bir şeyi araştırırken, bilim insanlarının genellikle inceledikleri şey mitokondriyal DNA'dır. Bilim insanları mitokondriyal DNA'yı kullanarak soyağacının izini görülmemiş bir isabetlilikle sürebilirler. Spermler nükleer DNA yükü dışında pek az şey taşır, bu nedenle çocuklar bütün mitokondrilerini annelerinin daha geniş yumurtalarından alırlar. Mitokondriyal DNA anne tarafındaki kuşaklar boyunca büyük ölçüde değişmeden aktarılır, bu yüzden anne soyunu izlemek için ideal araçtır. Dahası, bilim insanları mitokondriyal soyda meydana gelen herhangi bir nadir değişimin ne hızda biriktiğini bildikleri için –her 3.500 yılda bir mutasyon– mitokondriyal DNA'yı bir saat gibi kullanabilirler: İki kişinin mitokondriyal DNA'sını karşılaştırırlar, ne kadar çok mutasyon bulurlarsa bu iki kişinin o kadar çok zaman öncesine ait ortak bir annesi var demektir. Hatta bu saat, bugün yaşayan yedi milyar insanın anne tarafından soylarının Afrika'da 170.000 yıl önce yaşamış, "mitokondriyal Havva" adı verilen tek bir kadından geldiğini söyler. Unutmayın, Havva o sırada yaşayan tek kadın değildi. O yalnızca bugün yaşayan herkesin anne tarafından en yaşlı anasıdır.[24]

Mitokondriyal DNA'nın bilim için çok önemli olduğunun anlaşılmasından sonra hiç hız kaybetmeyen Margulis aniden gelen bu

---

24– Aynı mantık sayesinde, bilim insanları mitokondriyal Havva'nın bir eşi olduğunu da biliyorlar. Kadınlarda Y kromozomu olmadığı için, bütün erkekler Y kromozomunu babalarından alır. Dolayısıyla erkeklerdeki baba soyu da bu Y kromozom Adem'ine dek izlenebilir. Buradaki beklenmedik nokta, matematiğin basit yasaları bu Adem ile Havva'nın var olduğunu kanıtlamasına karşın, aynı yasalara göre Havva'nın Adem'den on binlerce yıl önce yaşamış olmasıdır. Yani Kitabı Mukaddes'teki olağanüstü yaşam sürelerini göz önüne alsanız bile, cennetteki çift hiç karşılaşmamış olabilir.

Sırası gelmişken, baba soyu ya da anne soyu meselesini biraz yumuşatıp erkek ya da kadın tarafından, bugün yaşayan herkese DNA'sının bir kısmını aktarmış son atayı bulmaya çalışırsak, bu kişi yalnızca beş bin yıl önce, insanların yeryüzünün her yerine yayılmasından çok sonra yaşamıştır. İnsanların kabile olarak yaşama eğilimi vardır ama genler her zaman yayılmanın bir yolunu bulur.

saygınlığı başka sıra dışı görüşleri öne sürmek için de kullandı. Mikropların hayvanlara hareketle ilgili çeşitli araçlar da sağladığını ileri sürdü, bu yapılar DNA'larında bulunmuyordu; spermdeki kuyruk buna örnekti. Hücrelerin yedek parça almalarının ötesinde, Margulis daha geniş çaplı bir kuramın ana hatlarını da belirledi. Bu kurama göre evrimin en büyük itici gücü endosimbiyozdu; mutasyonlar ve doğal seçilime önemsiz roller kalmıştı. Bu durumda, mutasyonlar canlılarda çok büyük değişimler yaratmıyordu. Gerçek değişim, genler bir türden diğerine atladığında ya da genomlar bütün olarak birleşip birbirinden çok farklı canlıları bir araya getirdiğinde gerçekleşiyordu. Doğal seçilim, bu "yatay" DNA aktarımlarından sonra ortaya çıkan herhangi bir zavallı canavarı yok etmek için harekete geçiyordu. Bu arada umut vaat eden canavarlar, yani birleşmelerden yararlı çıkanlarsa gelişiyordu.

Margulis birleşme kuramının devrim niteliğinde olduğunu söylese de, bazı açılardan cesur sıçramaları ve hemen ortaya çıkan türleri benimseyen biyologlarla (nedenlerini psikanaliz etmek isteyebilirsiniz) ölçülü adaptasyonlar ve aşama aşama türleşmeyi benimseyen biyologlar arasındaki klasik tartışmayı uzatır. Aşamacılığın önde gelen savunucularından Darwin, ölçülü değişimi ve ortak kökeni doğanın yasası sayıyor, dalları birbiriyle örtüşmeden ağır ağır büyüyen bir yaşam ağacı anlayışını benimsiyordu. Margulis radikallerin tarafına katıldı. Birleşmelerin gerçek canavarlar yaratabileceğini öne sürdü – bunlar teknik olarak deniz kızları, sfenks ya da sentorlardan farksızdı. Bu bakış açısına göre, Darwin'in yaşam ağacı hızla örülen, birbirine bağlanan çizgileri ve ortak merkezden çıkan ışınları olan bir yaşam ağına dönüşmeliydi.

Ancak radikal fikirlerinde ne kadar ileri giderse gitsin, Margulis aykırı düşünme hakkını elde etmişti. Bir insanı, alışılmadık bilimsel fikirleri bazen çabucak benimsediği için övüp başka yerlere uyum sağlamadığı için eleştirmek bir parça ikiyüzlülük bile olabilir. İşinize geldiğinde beynin put kırıcı bölümünü kapatamazsınız. Ünlü biyolog John Maynard Smith'in bir zamanlar itiraf ettiği gibi,

"Margulis'in çoğu zaman yanıldığını düşünüyorum ama tanıdığım pek çok kişi onun etrafta olmasının önemli olduğunu düşünüyor, çünkü onun yanılgıları son derece verimli olabiliyor." Ve unutmayalım ki Margulis ilk büyük görüşünde haklı çıkmıştı, hem de şaşırtıcı bir biçimde. Her şeyden önemlisi onun çalışması, yaşamın tarihine şirin bitkiler ve omurgalı şeylerin hakim olmadığını bize hatırlatır. Yaşama hakim olan şey mikroplardır; onlar çok hücreli canlıların geliştiği evrimsel besindir.

Lynn Margulis çatışmadan hoşlanırken, kendisinden yaşça büyük çağdaşı Barbara McClintock kavgadan kaçan bir kişiliğe sahipti. McClintock açıktan çatışma yerine sessizce düşünüp taşınmayı tercih ediyordu. Kendine has fikirleri herhangi bir muhaliflikten değil, eksantrik kişiliğinden kaynaklanıyordu. Yani McClintock'ın hayatını mısır gibi bitkilerin tuhaf genetiğinde gezinmeye adamış olması kişiliğine de uygundu. Mısırın garipliğini benimseyen McClintock, DNA'nın yapabilecekleri hakkındaki fikirlerimizi genişletti. Evrimsel geçmişimizin ikinci büyük gizemini anlamamıza yönelik hayati ipuçları da sağladı: Margulis'in karmaşık tek hücrelilerinden DNA'nın nasıl olup da çok hücreli canlılar inşa ettiğini.

McClintock'ın biyografisi iki döneme ayrılır: 1951 öncesi başarılı bilim kadını ve 1951 sonrası kırgın bir münzevi. Aslında 1951 öncesinde de her şeyin toz pembe olduğu söylenemez. McClintock piyanist olan annesiyle genç yaştan itibaren kavgalıydı. Çünkü annesinin erkeklerle flört etme olasılığını artıracağını düşündüğü kızlara özgü uğraşlar yerine, Barbara bilime ve buz pateni gibi sporlara tutkulu bir ilgi duyuyordu. Annesi, Barbara'nın (Hermann Muller ve William Friedman gibi) Cornell'de genetik eğitimi alma hayalini bile veto etmişti, çünkü iyi erkekler akıllı kızlarla evlenmezdi. Neyse ki Barbara'nın doktor olan babası araya girdi ve kızını trenle New York'un kuzeyine gönderdi.

McClintock, Cornell'de serpildi; birinci yılında kızlar sınıfının başkanı oldu, özellikle de fen derslerinde yıldızı parladı. Yine de fen dersindeki sınıf arkadaşları sivri dilini, özellikle de mikroskopi çalışmaları nedeniyle ondan azar işitmeyi her zaman hoş karşılamıyordu. O dönemde mikroskop örnekleri hazırlamak –hücreleri jambon keser gibi kesmek ve jölemsi iç kısmını dökmeden birkaç cam slayt üzerine koymak– ince ve zorlu bir işti. Aslında mikroskopları kullanmak da zordu: Hücrenin içindeki hangi noktanın ne olduğunu tanımlamak iyi bir bilim insanının bile kafasını karıştırabilirdi. Ama McClintock en başından beri mikroskoba hakimdi; mezun olduğunda dünya çapında bir mikroskop uzmanı olmuştu. Cornell'de lisansüstü öğrencisiyken bir teknik geliştirdi –"ezme"– bütün bir hücreyi başparmağıyla eziyor, tek bir slayt üzerinde bozulmamış olarak tutarak onun daha kolay incelenmesini sağlıyordu. Ezme tekniğini kullanarak on mısır kromozomunun tamamını tanımlayan ilk kişi oldu. (Bu da gerçek hücrelerin içindeki spagetti gibi karman çorman kromozomlara bakarken gözleri şaşı olan herkesin bildiği üzere, hiç kolay bir iş değildir.)

Cornell 1927'de, McClintock'tan tam zamanlı hoca ve araştırmacı olmasını istedi. McClintock en iyi öğrencisi Harriet Creighton'ın da yardımıyla, kromozomların birbirini nasıl etkilediğini incelemeye başladı. Bu iki erkek Fatma saçlarını kısacık kestiriyor, genellikle erkek gibi pantolon ve uzun çorap giyiyordu. İnsanlar onlarla ilgili gülünç hikayeler de anlatıyordu – bir sabah, McClintock'ın ikinci kattaki odasının anahtarlarını unutmasından sonra su borusundan yukarı kimin tırmandığı gibi. Creighton daha dışa dönüktü, içine kapanık McClintock asla Creighton'ın yaptığı gibi II. Dünya Savaşı'nın sona ermesini kutlamak için külüstür bir araba alıp Meksika'ya gezintiye gitmezdi. Yine de harika bir ekiptiler ve kısa süre içinde çığır açıcı bir buluş yaptılar. Morgan'ın sinek çocukları yıllar önce kromozomların kollarını birbirine geçirip uçlarını değiş tokuş ettiğini göstermişlerdi. Ancak savları soyut şemalara dayanan bir istatistik olarak kalmıştı. Kromozomların birbirine dolandığını pek çok mik-

roskop uzmanı görmüştü, ancak parçalarını gerçekten değiştirip değiştirmediklerini kimse bilmiyordu. Ancak McClintock ve Creighton her bir mısır kromozomunun girdisini çıktısını tanıyordu ve kromozomların fiziksel olarak parça değiştirdiğini belirlemeyi başardılar. Hatta bu değiş tokuşu genlerin işleyişindeki değişikliklere bağladılar ve bu da çok önemli bir doğrulamaydı. McClintock sonuçları yazma işini ağırdan aldı, ama Morgan haberi aldığında McClintock'tan sonuçları hemen yayımlamasını istedi. McClintock bunları 1931'de yayımladı, Morgan'sa iki yıl sonra Nobel ödülünü aldı.

İkilinin biyografisinin *American Men of Science*'ta yer almasını sağlayan çalışmadan memnun olsa da, McClintock daha fazlasını istiyordu. İstediği yalnızca kromozomları incelemek değildi. Nasıl değiştiklerini ve mutasyona uğradıklarını, bu değişimlerin farklı köklere, renklere ve yapraklara sahip karmaşık organizmaları nasıl oluşturduğunu araştırmak istiyordu. Ne yazık ki bir laboratuvar kurmaya çalışırken toplumsal koşullar karşısına engel olarak çıktı. Dönemin üniversiteleri profesörlüğü rahiplik gibi değerlendiriyor ve bu görevi (ev ekonomisi dalı dışında) yalnızca erkeklere veriyordu. Yani Cornell'in McClintock'ı kabul etmek gibi bir niyeti yoktu. 1936'da istemeyerek de olsa Cornell'den ayrıldı ve oradan oraya sürüklendi. Bir süre California'da Morgan'la birlikte çalıştı, sonra Missouri ve Almanya'da araştırmacı olarak görev yaptı. Her iki yerden de nefret etti.

Doğrusunu söylemek gerekirse McClintock'ın yanlış cinsiyette doğmuş olmaktan başka sorunları da vardı. Tam olarak şen şakrak bir tip sayılmazdı, asık suratlı, yetkilerini paylaşmayı sevmeyen biri olarak ün yapmıştı. Bir keresinde bir meslektaşının araştırma konusunu onun haberi olmadan ele almış ve adam araştırmasını bitirmeden kendi bulduğu sonuçları yayımlamıştı. McClintock'ın mısır üzerinde çalışıyor olması da ayrı bir sorundu.

Evet, mısır genetiğinde para vardı çünkü mısır bir besin ürünüydü. (Önde gelen Amerikalı genetikçi Henry Wallace –FDR'nin gelecekteki başkan yardımcısı– bir tohum fabrikası işleterek servet ka-

zanmıştı.) Mısırın bilimsel bir şeceresi de vardı, hem Darwin hem de Mendel tarafından incelenmişti. Tarım alanında çalışan bilim insanları mısırdaki mutasyonlarla bile ilgileniyordu: Amerika Birleşik Devletleri 1946'da Bikini Atolu'nda nükleer bomba patlatmaya başladığında, hükümet adına çalışan bilim insanları nükleer serpintinin mısırı nasıl etkileyeceğini görmek için patlamaların gerçekleşeceği ortama önceden mısır tohumu yerleştiriyorlardı.

Ancak McClintock mısır araştırmasının daha verimli hasat ya da daha tatlı taneler elde etmek gibi geleneksel amaçlarını küçümsüyordu. Mısır onun için araç, genel kalıtım ve gelişimi incelemenin bir yoluydu. Ne yazık ki mısır bu tür bir çalışma için bazı dezavantajlar taşıyordu. Son derece yavaş büyür, kaprisli kromozomları çoğu zaman kopar, ya şişer ya birleşir ya da rasgele bir biçimde iki katına çıkardı. McClintock bu zorluklardan zevk alırdı, ancak genetikçilerin çoğu bu dertlerden kaçıyordu. McClintock'ın çalışmasına güveniyorlardı, çünkü mikroskopta kimse ona rakip olamazdı. Ama mısıra olan bağlılığı yüzünden arada kalmıştı, bir tarafta Iowalıların daha çok mısır yetiştirmesine yardım eden pragmatik bilim insanları, diğeryanda da başa çıkılmaz mısır DNA'sıyla uğraşmak istemeyen saf genetikçiler vardı.

McClintock en sonunda 1941'de, Manhattan'ın elli kilometre doğusundaki Cold Spring Harbor Laboratuvarı'nda işe başladı. Öncekinin aksine bu kez dikkatini dağıtacak öğrenciler yoktu, işe aldığı yardımcısının bir av tüfeği vardı ve baş belası kargaları mısırdan uzak tutabiliyordu. Mısırdan başka her şeye uzak olduğu halde, orada mutluydu. Sahip olduğu bir iki dostu, onun genetiğin karmaşıklığını tek bir potada eritecek iç görüyü arayan bir bilim mistiği olduğunu söylüyorlardı. "İnsanın içinde kocaman bir ampul olduğuna inanırdı," diyordu bir dostu. Cold Spring'de derin derin düşünecek zamana ve alana sahipti. Kariyerinin 1951 sonuna kadar devam edecek olan en üretken onyılına giriyordu.

Araştırmaları Mart 1950'de bir sonuca bağlanınca meslektaşlarından birine bir mektup gönderdi. Mektup tek boşluklu on sayfadan

ibaretti ama tamamı karalanıp üzerine tekrar yazılmış paragraflar, oklarla birbirine bağlanan ve sayfa kenarlarından Japon sarmaşığı gibi aşağı yukarı tırmanan, coşkuyla karalanmış dipnotlar içeriyordu. Bugünlerde böyle bir mektup alsanız Şarbon testi olmayı düşünürdünüz, üstelik tarif ettiği kuram da kulağa biraz çılgınca geliyordu. Morgan genlerin kromozomal bir gerdanlık üzerindeki sabit inciler olduğunu belirlemişti. McClintock'sa ısrarla incilerin hareket ettiğini gördüğünü söylüyordu, kromozomdan kromozoma atlayarak kendilerini içeri gömüyorlardı.

Dahası bu sıçrayan genler bir biçimde tanelerin rengini de etkiliyordu. McClintock, Amerikan mısırıyla çalışıyordu. Hasat zamanı şenliklerinde görülen türden kırmızı mavi benekli mısırlardı bunlar. Sıçrayan genlerin bu tanelerin içindeki kromozomların kollarına saldırdığını, onları kırarak uçlarını açık kırık gibi sallanır halde bıraktığını görmüştü. Bu gerçekleştiği zaman, taneler pigment üretmeyi bırakıyordu. Ancak daha sonra sıçrayan gen hareketlenip rasgele başka bir yere sıçradığında kırık kol iyileşiyor ve pigment üretimi yeniden başlıyordu. McClintock karalamalarının arasında, kırılma yüzünden pigment yapma geninin bozulduğunu iddia ediyordu. Gerçekten de bu aç-kapa düzeni, tanelerdeki rasgele renkli çizgileri ve helezonları açıklıyor gibi görünüyordu.

Bir başka deyişle, pigment üretimini McClintock'ın "denetim öğeleri" adını verdiği sıçrayan genler kontrol ediyordu. (Bugün onlara transpozon ya da daha genel olarak hareketli DNA diyoruz.) Margulis'in yaptığı gibi, McClintock da etkileyici bulgusunu daha iddialı bir kuramda kullandı. 1940'ların belki de en çetrefilli sorusu, neden bütün hücrelerin birbirine benzer görünmediğiydi: Deri, beyin ve karaciğer hücreleri aynı DNA'yı içeriyordu, o halde neden aynı davranışı göstermiyorlardı? Önceki biyologlar hücrenin sitoplazmasında bulunan, çekirdek dışındaki bir şeyin hücreleri düzenlediğini öne sürüyorlardı. McClintock kromozomların kendilerini çekirdeğin içinden düzenlediğine dair kanıt bulmuştu ve bu kontrol genleri doğru zamanlarda açıp kapatıyordu.

Aslında genleri açıp kapama becerisi yaşamın tarihinde can alıcı bir adımdı (McClintock'ın da kuşkulandığı gibi). Margulis'in karmaşık hücrelerinin ortaya çıkmasından sonra, yaşam bir kez daha bir milyar yılı aşkın bir süre boyunca hız kaybetmişti. Sonra, yaklaşık 550 milyon yıl önce çok sayıda çokhücreli canlı ortaya çıktı. İlk canlılar kazara çokhücreliydi, muhtemelen birbirinden ayrılmayı başaramayan yapışkan hücrelerden oluşuyorlardı. Ancak hücreler zaman içinde, hangi birbirine yapışmış hücrelerde, ne zaman, hangi genlerin işlediğini tam anlamıyla kontrol ederek özelleşmeye başlayabilirdi; daha üst canlıların ayırıcı özelliği buydu. McClintock bu büyük değişimin içyüzünü anladığını düşünüyordu. McClintock çılgın mektubunu Haziran 1951'de düzgün bir konuşmaya dönüştürdü. O gün umudun verdiği destekle iki saatin üzerinde konuşarak tek aralıklı otuz beş sayfa okudu. İzleyicilerin kestirmelerini affedebilirdi; ama korktuğu başına geldi, sadece şaşırmışlardı. Nedeni olguları değildi. Bilim insanları onun ününü biliyordu, bu nedenle genlerin pireler gibi sıçradığı konusunda ısrar ettiğinde, çoğu bunu kabul etmişti. Onları rahatsız eden, genetik kontrolle ilgili kuramıydı. Temelde, eklentiler ve sıçramalar fazla rastlantısal görünüyordu. Bu rastlantısallığın tanelerdeki mavi ya da kırmızı rengi açıklayabileceğini kabul ediyorlardı. Ama sıçrayan genler çokhücreli canlılardaki bütün gelişimi nasıl kontrol edebilirdi? Rasgele biçimde bir canlanıp bir duran genlerle bir bebek ya da fasulye sapı elde edemezdiniz. McClintock'ın elinde sağlam cevaplar yoktu ve sorular devam ettikçe, itirazlar da sertleşti. Sonuçta, denetim öğeleriyle ilgili devrim niteliğindeki fikri mısırın bir başka tuhaf özelliğine indirgendi.[25]

25- Bazı tarihçiler McClintock'ın çizemediği ya da en azından çizmediği için görüşlerini anlatmaya çabaladığını öne sürerler. 1950'lere gelindiğinde biyologlar ve genetikçiler genetik süreçleri tasvir etmek için son derece detaylı akış şemaları çiziyordu. Ancak McClintock eski kuşaktan geliyordu ve yeni kuşağın çizim geleneklerini hiç öğrenmedi. Mısırın karmaşıklığının yanı sıra, bu durum da onun görüşlerinin anlaşılmasını zorlaştırmış olabilir. Gerçekten de McClintock'ın bazı öğrencileri, onun bir şey anlatırken hiç şema çizmediğini hatırlar, McClintock sözel bir kişiliğe sahipti, logosa çakılıp kalmıştı.

Uzay ve zamanın temelleri hakkında bile resimlerle düşündüğünü söyleyen Albert Einstein'la kıyaslayın. Charles Darwin de McClintock kafasındaydı. Yüzlerce sayfalık *Türlerin Kökeni*'nde yalnızca tek bir resim, bir hayat ağacı resmi vardı. Darwin'in orijinal defterindeki bitki ve hayvan çizimlerini inceleyen bir tarihçi, Darwin'in "korkunç bir çizer" olduğunu kabul etmişti.

Barbara McClintock "sıçrayan genleri" buldu. Ancak diğer bilim insanları sonuçlarını sorgulayınca düş kırıklığına uğradı ve mutsuz bir bilimsel münzeviye dönüştü. *Ekte*: McClintock'un sevgili mısırları ve mikroskobu. (National Institutes of Health ve Smithsonian Enstitüsü, Ulusal Amerikan Tarihi Müzesi)

Bu durum McClintock'ı kötü incitti. Konuşmadan onyıllar sonra bile, karşısında kıs kıs gülen ya da kendisine *"Hareketsiz gen dogmasını sorgulamaya nasıl cüret edersin?"* türünden suçlamalar yönelten meslektaşlarına hâlâ içten içe kızgınlık duyuyordu. Gelenlerin güldüklerini ya da öfkelendiklerini gösteren fazla kanıt yoktu; hatta pek çok kişi sıçrayan genleri kabul ediyordu, itirazları yalnızca kontrol kuramınaydı. Ancak McClintock bu anıyı çarpıtarak kendisine karşı bir kumpas kurulduğunu düşündü. Sıçrayan genler ve genetik kontrol, yüreğinde ve zihninde birbiriyle o kadar bağlantılıydı ki, birine saldırmak ikisine de saldırmak anlamına geliyordu, hatta kendisine de. Kavgacı bir mizacı olmayan McClintock bilimden elini eteğini çekti.[26]

26- McClintock'ın çalışmalarının nasıl karşılandığını öğrenmek istiyorsanız, yaşam hikayesinin standart versiyonunu sorgulayan araştırmacı Nathaniel Comfort'tır.

Böylece münzevilik dönemi başladı. McClintock otuz yıl boyunca mısırı incelemeye devam etti ve geceleri çoğunlukla bürosundaki portatif karyolada uyudu. Ancak konferanslara katılmayı bırakmış, diğer bilim insanlarıyla bağlantıyı kesmişti. Deneylerini bitirdikten sonra, sonuçlarını genellikle bir dergiye teslim edecekmişçesine daktilo ediyor, sonra da dosyalıyordu. Madem meslektaşları onu dikkate almamıştı, o da görmezden gelerek onları incitecekti. Bundan sonraki depresif yalnızlığı boyunca mistik yönü bütünüyle ortaya çıktı. Kendini parapsikoloji, UFO'lar ve ruhlarla ilgili spekülasyonlara verdi ve reflekslerini fiziksel olarak kontrol etme yöntemlerini araştırdı. (Dişçiye gittiğinde zihnini acıya kapatabileceğini iddia ederek lokal anesteziye gerek olmadığını söyledi.) Bütün bu zaman boyunca da mısır yetiştirdi, slaytları ezdi ve zamanında Emily Dickinson'ın yazdığı şiirler gibi okunmadan kalan makaleler yazdı; o kendi kendisinin hüzünlü bilim çevresiydi.

Bu arada diğer bilimsel çevrelerde garip şeyler oluyordu; neredeyse fark edilmeyecek kadar belirsiz bir değişimdi bu. McClintock'ın görmezden geldiği moleküler biyologlar 1960'ların sonlarında mikropların içinde hareketli DNA'lar olduğunu tespit etmeye başladılar. Bu tespit yenilik olmanın çok ötesindeydi, sıçrayan genler mikropların ilaca karşı direnç geliştirip geliştirmediği gibi şeyleri anlatıyordu. Bilim insanları bulaşıcı virüslerin de (tıpkı hareketli DNA gibi) kromozomlara genetik materyallerini aktardıklarına ve orada kalıcı olarak saklandıklarına dair kanıtlar buldu. Her ikisi de büyük tıbbi sorunlardı. Hareketli DNA, türler arasındaki evrimsel ilişkileri izlemek için de hayati bir unsur haline geldi. Çünkü birkaç türü birbiriyle karşılaştırdığınızda, milyarlarca baz arasından DNA'larına aynı noktada girmiş aynı transpozona bu türlerden sadece ikisi sahipse, onların yakın geçmişte ortak bir ataya sahip oldukları neredeyse kesindi. Daha da önemlisi bu atayı, ikisinden birinin bu transpozona sahip olmayan üçüncü bir türle paylaştığı bir atadan daha yakın bir geçmişte paylaşıyorlardı. Çünkü o kadar fazla baz vardı ki, bu eklenti iki kez birbirinden bağımsız olarak gerçekle-

şemezdi. O halde dipnot gibi görünen bu DNA aslında yaşamın gizlice kaydedilmiş tarihini açığa çıkarıyordu. Bu ve diğer sebepler yüzünden, McClintock'ın araştırması birden daha az şirin ve çok daha derin görünmeye başladı. Sonuç olarak itibarı her yıl biraz daha arttı. Temmuz 1983'te artık ihtiyar bir kadın olan McClintock'ın *A Feeling for the Organism* adında popüler bir biyografisi yayımlandı ve ona küçük çapta bir şöhret kazandırdı. Bundan sonra olaylar hız kazandı ve hiç akla gelmeyecek biçimde, kendi çalışması elli yıl önce Morgan'a nasıl Nobel kazanırdıysa, bu büyük hayranlık da aynı yılın Ekim ayında McClintock'a Nobel'i getirdi.

Bir zamanların münzevisi, sihirli değnekle dokunulmuş gibi değişti. Unutulmuş ve gözden düşmüş bir dehaya, modern bir Gregor Mendel'e dönüşmüştü; ama McClintock haklı çıktığını görecek kadar uzun yaşadı. Yaşamı kısa sürede feministlerin odak noktası haline geldi ve hayallerin peşini asla bırakmama konusunu işleyen didaktik çocuk kitaplarına ilham verdi. Araştırmalarını engellediği ve gazetecileri kapısından eksik etmediği için McClintock'ın Nobel'le birlikte gelen şöhretten nefret etmesinin hayranları için bir önemi yoktu. Hatta Nobel'i almak bilimsel açıdan bile kendisine vicdan azabı veriyordu. Komite onun "hareketli genetik unsurlar *keşfini*" onurlandırmıştı, ki bu doğruydu. Ama McClintock 1951'de genlerin diğer genleri nasıl kontrol ettiğini ve çokhücreli canlılarda gelişimi nasıl düzenlediğini çözdüğünü düşünüyordu. Bunun yerine bilim insanları onu temelde mikroskop becerisi sayesinde, oradan oraya fırlayan ufak DNA balıkları gördüğü için onurlandırmıştı. Bu nedenlerden dolayı McClintock Nobel sonrası giderek hayatından bezdi, hatta bir parça marazileşti. Seksenli yaşlarının sonunda, dostlarına doksan yaşında kesinlikle öleceğini söylemeye başladı. Gerçekten de doksanıncı doğum günü partisinden aylar sonra, Haziran 1992'de James Watson'ın evinde öldü ve başkalarının tasavvur edemediği şeyleri gören biri olarak şöhretini perçinledi.

Sonuçta McClintock'ın yaşamının eseri tamamlanmamış olarak kaldı. Sıçrayan genleri buldu ve mısır genetiğine dair anlayışı-

mızı genişletti. (Hatta görünüşe göre, sıçrayan bir gen, mısırın cılız ve yabani atasını evcilleştirilebilir ve verimli bir ürüne dönüştürebilirdi.) Daha genel anlamda McClintock, kromozomların kendilerini içeriden düzenlediğini ve DNA'nın aç-kapa düzeninin bir hücrenin kaderini belirlediğini saptamaya yardım etti. Her iki fikir de genetiğin can alıcı ilkeleri olmaya devam eder. Ancak sıçrayan genler McClintock'ın her zaman umduğu gibi gelişimi kontrol etmez ya da genleri onun hayal ettiği ölçüde açıp kapamaz. Hücreler bunları başka yollarla yapar. Aslında DNA'nın bu görevleri nasıl yerine getirdiğini – güçlü ama yalnız hücrelerin uzun zaman önce nasıl bir araya gelerek karmaşık canlılar, hatta Miriam Michael Stimson, Lynn Margulis ve Barbara McClintock kadar karmaşık canlılar yaratmaya başladıklarını açıklamak diğer bilim insanlarının yıllarını almıştır.

6

Hayatta Kalanlar ve Karaciğerler

En Eski ve En Önemli
DNA'mız Hangisidir?

OKUL ÇOCUKLARI, SÖMÜRGE GÜNLERİNDE tacir ve kralların Kuzeybatı Geçidi'ni Kuzey Amerika'dan yatay olarak geçip Endonezya, Hindistan ve Hitay'daki (Çin) baharat, porselen ve çaya giden gemi rotasını bulabilmek için korkunç miktarda para harcadığını kuşaklar boyunca öğrenip durdu. Eski kuşak kaşiflerin Rusya'nın buzlu zirvesinden geçen bir kuzeybatı geçidine aynı derecede hayali bir inatla inanıp onu aradıklarıysa daha az bilinir.

Kuzeydoğu geçidini arayan kaşiflerden biri de Hollandalı Willem Barents'di. İngilizlerce tutulmuş yıllık kayıtlarda Barents, Barentz, Barentson ve Barentzoon adlarıyla bilinen, kıyı ovalarından gelme bir denizci ve haritacıydı. İlk yolculuğunu 1594'te Norveç'in kuzeyindeki Barents Denizi'nde gerçekleştirdi. Yolculuğa ticari nedenlerle çıkılmıştı, ama Barents'inki gibi yolculuklar bilim insanlarına da yarar sağlıyordu. Doğa bilimcileri yabani topraklarda ara sıra görülen canavarlardan endişelenseler de, günümüzün ortak mirasa ve ortak DNA'ya dayanan biyolojisinin bir tür atası sayılabilecek çalışmalar sürdürerek yeryüzündeki hayvanlar ve bitkilerin farklılıklarını haritalandırmaya başlayabilirlerdi. Coğrafyacılar da çok ihtiyaç duyulan yardımı sağladılar. O dönem pek çok coğrafyacı, yüksek enlemlerdeki sürekli yaz güneşi nedeniyle kutuplardaki buz tabaka-

sının belirli bir noktanın üzerinde eriyerek Kuzey Kutbu'nu güneşli bir cennete dönüştürdüğüne inanıyorlardı. Neredeyse bütün haritalar, kutbu siyah manyetik kayadan oluşan bir monolit şeklinde tanımlıyordu, kutuplarda bütün pusulaların sürekli dönmesinin nedeni de buydu. Barents'in Barents Denizi'ne yolculuğunun nedeni, Sibirya'nın kuzeyindeki Novaya Zemlya adı verilen toprakların, bir başka keşfedilmemiş kıtanın burnu mu yoksa çevresinden dolaşılabilecek bir ada mı olduğunu keşfetmekti. *Mercury*, *Swan* ve yine *Mercury* adlarını taşıyan üç gemiyle Haziran 1594'te yola çıktı.

Birkaç ay sonra *Mercury*'nin mürettebatı Barents'le birlikte diğer gemilerden ayrılarak Novaya Zemlya kıyılarını keşfetmeye başladı. Bu, keşifler tarihindeki en cesur yolculuklardan biriydi. *Mercury*, haftalarca buz kütlelerinden oluşan hakiki bir İspanyol Armadasından kaçarak 2500 kilometre boyunca felaketi savuşturdu. En sonunda, Barents'in adamları geri dönmek için yalvaracak kadar yorgun düştü. Kutup Denizi'nde seyredebileceğini kanıtlamış olan Barents pes ederek Asya'ya giden kolay bir geçit bulduğundan emin bir biçimde Hollanda'ya geri döndü.

Kolay bir geçitti, tabii canavarlardan kaçabilirse. Yeni Dünya'nın keşfi ve Afrika'yla Asya'nın devam eden keşifleri daha önce hayal bile edilmemiş binlerce bitki ve hayvan türünü ortaya çıkardı ve denizcilerin gördüklerine yemin ettiği canavarlarla ilgili de bir o kadar sayıda çılgınca hikaye üretti. Haritacılar kendi paylarına, haritalarını keserek boş denizleri ve stepleri vahşi sahnelerle renklendirdiler: Gemileri parçalayan deniz canavarları, birbirlerini yiyen dev su samurları, fareleri açgözlülükle kemiren ejderhalar, gürze benzeyen dallarıyla ayıların beynini dağıtan ağaçlar ve bir de popülerliğini hiç yitirmeyen üstsüz deniz kızı. 1544'ten kalan dönemin önemli bir haritası, Afrika'nın batı kıvrımında oturan derin düşüncelere dalmış tepegözler tasvir eder. Bu haritayı çizen Sebestian Münster daha sonra griffinler[27] ve altın madenciliği yapan açgözlü karın-

27- Vücudu aslan, kafası ve kanatlarıysa kartal şeklindeki mitolojik varlık. -çn

İlk haritalara çeşit çeşit canavarları koymak yaygın bir uygulamaydı; boş toprak ve denizler yüzyıllarca bu canavarlarla dolduruldu. (1539 tarihli Olaus Magnus'un çizdiği bir İskandinavya haritası, Carta *Marina*'dan ayrıntı)

calarla ilgili makaleler eklenmiş bir harita külliyatı çıkardı. Münster yeryüzündeki insansı yaratıklar, yüzleri göğüslerinde çıkan insanlar, Cynocephali (köpek yüzlü insanlar) ve güneşli günlerde uzanarak devasa tek ayaklarını başlarının üzerine kaldırıp kendilerine gölge yapan Sciopodlarla grotesk deniz kızları hakkında da uzun uzadıya konuşuyordu. Bu canavarların bazıları kadim korkuları ve batıl inançları kişileştirmeye (ya da hayvanlaştırmaya) yarıyordu. Ancak doğa bilimciler akla uygun mitlerle fantastik olguların karışımına ayak uydurmakta zorluk çekiyordu.

Keşifler çağında yaşamış doğa bilimciler arasında en bilimsel olanı Linnaeus adıyla da bilinen Carl von Linné bile canavarlarla ilgili yorum yapmıştı. Linnaeus'un *Systema Naturae* adlı eseri bugün hâlâ türleri adlandırmak için kullandığımız, *Homo sapiens* ve *Tyrannosaurus rex* ve benzerlerini esinlendiren ikiterimli sistemi ortaya koydu. Kitap aynı zamanda ejderha, Anka kuşu, satir, tek

boynuzlu at, ağaçlarda yetişen kazlar, Herakles'in düşmanı Hydra ve yaşlandıkça yalnızca küçülmekle kalmayıp aynı zamanda balığa da dönüşen kurbağaların dahil olduğu "paradoxa"[28] denen bir hayvan sınıfı tanımlıyordu. Bunlara bugün gülebiliriz, ama en azından son örnek konusunda son gülen biz değiliz: Küçülen kurbağalar gerçekten de vardır, *Pseudis paradoxa* balığa dönüşmez ama normal bir kurbağa boyuna gelene dek küçülür. Dahası, modern genetik araştırmalar Linnaues ve Münster'in efsanelerinin bazılarının meşru bir temeli olduğunu açığa çıkarır.

Her embriyoda birkaç anahtar gen diğerleri için haritacılık görevini üstlenir ve bir GPS kesinliğiyle bedenlerimizin önden arkaya, soldan sağa, baştan aşağı krokilerini çıkarır. Böcekler, balıklar, memeliler, sürüngenler ve diğer bütün hayvanlar bu genlerin pek çoğunu paylaşırlar. Özellikle de *hox* genleri denen bir alt kümeyi. Hayvanlar aleminde *hox*'un her yerde bulunması dünyanın her yerindeki hayvanların aynı temel beden planına sahip olmasını açıklar: Bir ucunda kafa, diğer ucunda anüsün bulunduğu silindirimsi gövde ve aradaki çeşitli eklentiler. (Suratları göbeklerini yalayabilecek kadar aşağıda olan Blemmyae'ler sırf bu nedenle bile mümkün olamazdı.)

Sıra dışı bir biçimde, *hox* genleri yüz milyonlarca yıllık evrimden sonra birbirine sıkıca bağlanmıştır ve neredeyse her zaman, kesintisiz DNA parçaları üzerinde bir arada görünürler. (Omurgasızlarda on kadar gen taşıyan tek parça, omurgalılardaysa temelde birbirinin aynı olan dört parça bulunur.) Daha da sıra dışı bir biçimde, bir parça üzerindeki her *hox*'un konumu, bedende belirlediği yere karşılık gelir. İlk *hox* başın üstünü, ikincisi biraz aşağıda bir yeri, üçüncüsü biraz daha aşağıda bir yeri, son *hox* en alt bölümlerimizi planlayana kadar böylece gider. Doğanın *hox* genlerindeki bu yukarıdan aşağı üç boyutlu haritalandırmaya neden gerek duyduğu bilinmiyor, ama bu özellik bütün hayvanlarda bulunur.

Bilim insanları pek çok türde aynı temel biçimde ortaya çıkan

28- Çelişkili hayvanlar. -çn

DNA'nın son derece "konservatif" olduğunu söyler çünkü canlılar, onu değiştirmek konusunda çok dikkatli ve çok korumacı davranırlar. (Bazı *hox* ve *hox* benzeri genler o kadar konservatiftir ki bilim insanları onları tavuklardan, farelerden ve sineklerden çıkarıp türler arasında değiş tokuş ettiğinde genler az çok aynı şekilde işler.) Kuşkulanabileceğiniz gibi yüksek oranda konservatif olmak, söz konusu DNA'nın önemiyle yakından ilişkilidir. Canlıların yüksek derece konservatif *hox* genlerini neden çok fazla kurcalamadığını görmek, hem de gözlerinizle görmek hiç de zor değildir. Bu genlerden birini silerseniz hayvanda birden fazla çene oluşabilir. Bazılarını mutasyona uğratırsanız kanatlar kaybolur ya da hiç hoş olmayan yerlerden, mesela bacaklardan pörtleyen ya da antenlerin ucundan etrafı kolaçan eden fazladan bir çift göz çıkar. Yine başka mutasyonlar, baş bölgesinden bacak ya da üreme organlarının çıkmasına neden olur ya da çene veya antenlerin kasık bölgesinde oluşmasına yol açar. Üstelik bunlar şanslı mutasyonlardır, *hox*'la ya da ilişkili genlerle kumar oynayan canlılar bunu anlatacak kadar uzun süre hayatta kalmazlar.

Hox gibi genler hayvanları oluşturmaktan çok, diğer genlere hayvanları nasıl oluşturacakları talimatını verirler: Her birinin denetiminde düzinelerce ast vardır. Ancak ne kadar önemli olurlarsa olsunlar, bu genler gelişimin her yönünü kontrol edemezler. Özellikle A vitamini gibi yapı maddelerine bağımlıdırlar.

Tek harften oluşan adına rağmen A vitamini, biyokimyacı olmayan bizim gibi insanların kolaylık amacıyla aynı kefeye koyduğu birkaç akraba molekülden oluşur. Bu çeşitli A vitaminleri doğadaki en yaygın yapı maddeleri arasındadır. Bitkiler A vitaminini havuca da ayırıcı rengini veren beta karoten şeklinde depolar. Hayvanlar A vitaminini karaciğerlerinde depolar, bedenlerimiz onun çeşitli biçimlerini serbestçe dönüştürür, bunları da bir dizi karmaşık biyokimyasal süreçte kullanır: gözlerin keskinliğini korumak, spermi doğurgan kılmak, mitokondri üretimini artırmak ve yaşlı hücreleri öldürmek gibi. Bu nedenlerden dolayı, beslenmede A vitamini eksikliği dünya çapında ciddi bir sağlık endişesidir. Bilim insanlarının yarat-

tığı, genetik açıdan zenginleştirilmiş ilk besinlerden biri de taneleri beta karotenle renklendirilmiş altın pirinçti.

A vitamini *hox* ve diğer ilişkili genlerle etkileşime geçerek cenin-de beyni, akciğerleri, gözleri, kalbi, kol ve bacakları ve neredeyse diğer bütün organları oluşturur. Hatta A vitamini o kadar önemlidir ki, hücreler zarlarında yalnızca ve yalnızca A vitaminini geçirecek özel açılır kapanır köprüler yaparlar. A vitamini bir kez hücreye girdiğinde özel yardımcı moleküllere bağlanır ve ortaya çıkan bileşim doğrudan DNA'nın çift sarmalına bağlanarak *hox* ve diğer genleri açar. İşaret veren kimyasalların çoğu hücre duvarından geri püskürtülüp talimatlarını küçük anahtar deliklerinden bağırarak ulaştırmak zorunda kalırken A vitamini özel muamele görür, *hox* da patronu olan yapı maddesinden onay almadan bebekte pek az şey oluşturur.

Ama uyaralım: Çok sevdiğiniz anne adayına megadozlarda A vitamini almak için en yakın eczaneye koşmadan önce, A vitamini fazlasının önemli doğum kusurlarına yol açtığını bilmelisiniz. Hatta bedenimiz A vitamini miktarını sınırlar, miktarın çok yükselmesi halinde genellikle A vitamini miktarını düşürmek için üretilen birkaç gene sahiptir (garip isimli *tgif* geni gibi). Bunun nedeni kısmen embriyolarda yüksek seviyede A vitamininin, hayati ama daha da komik bir isme sahip olan *sonic hedgehog* [kirpi sonic] geniyle oynayabilmesidir.

(Yanılmadınız, bu isim video oyunu karakterinden geliyor. Bir lisansüstü öğrencisi –kaçık meyve sineği çocuklarından biri– tarafından 1990'larda keşfedildi ve mutasyona uğrayınca *Drosophilia*'nın kirpi gibi sivri dikenler geliştirmesine yol açan bir grup genin içinde sınıflandırıldı. Bilim insanları çoktan birkaç "kirpi" geni bulmuş ve gerçek kirpilerin adını vermişlerdi bile: Indian hedgehog, moonrat hedgehog, ve desert hedgehog gibi [Hint kirpisi, ay faresi, çöl kirpisi]. Robert Riddle, Sega'nın hızlı kahramanının adını bu gene vermenin komik olacağını düşünmüştü, ama şans eseri *sonic*'in hayvanların dağarcığındaki en önemli genlerden biri olduğu anlaşıldı ve bu ciddiyetsizlik onda iyi durmadı. Hatalar ölümcül kanserlere ya

da yürek paralayıcı doğum kusurlarına yol açabilir ve bilim insanları zavallı bir aileye, sevdikleri kişinin bir *kirpi sonic* yüzünden öleceğini söylerken iki büklüm olurlar. Bir biyoloğun *New York Times*'a ifade ettiği gibi, "Aptal sinekler söz konusuysa bir gene *turnip* [turp] demek şirin olabilir. İnsanlardaki gelişim söz konusu olduğunda artık o kadar şirin olmuyor".)

Hox genleri vücudun yukarıdan-aşağı düzenini kontrol ederken, *shh* (*sonic hedgehog* adından nefret eden bilim insanları shh diye adlandırır) bedenin sol-sağ simetrisini kontrol etmeye yardım eder. *Shh* bunu bir GPS eğimi kurarak yapar. Biz hâlâ bir protoplazma topuyken, orta hattımızı oluşturan ve yeni oluşmaya başlayan omurgamız, *sonic*'in ürettiği proteini salgılamaya başlar. Yakındaki hücreler bunu bol miktarda emerken, uzaktaki hücreler çok daha az emer. Hücreler ne kadar protein emdiklerine bağlı olarak orta hattın neresinde olduklarını tam olarak "bilirler", dolayısıyla ne tür bir hücre olmaları gerektiğini de bilirler.

Ancak çevresinde çok fazla A vitamini varsa (ya da *shh* başka bir nedenle gerektiği gibi iş görmüyorsa) eğim doğru şekilde ayarlanmaz. Hücreler boylamlarını orta hatta göre belirleyemez ve organlar anormal, hatta korkunç şekillerde büyürler. Ağır vakalarda beyin sol ve sağ kürelere ayrılmaz, büyük ayrımsız bir kütle haline gelir. Aynı şey alt bölümdeki uzuvlarda da gerçekleşebilir: Çok fazla A vitaminine maruz kalırlarsa bacaklar birbiriyle birleşir, sirenomelia ya da deniz kızı sendromu ortaya çıkar. Birleşik beyinler de, birleşik bacaklar da ölümcüldür (ikincisinde anüs ve mesane delikleri oluşmaz). Ama en üzücü simetri bozuklukları yüzde görünür. Fazla *sonic*'li tavukların çok geniş orta hatları vardır, bazen o kadar geniştir ki, iki gaga oluşabilir. (Başka hayvanlarda iki burun oluşabilir.) Az *sonic*, üzerinde tek bir dev delik bulunan burunlar ortaya çıkarabilir ya da burnun gelişmesini tümden engelleyebilir. Bazı ağır vakalarda burunlar yanlış yerde, örneğin alında belirir. Belki de en üzücüsü, az *sonic* yüzünden gözlerin olması gereken yerde değil, yüz orta hattının iki buçuk santim sağında ya da solunda oluşmasıdır.

Her iki göz de orta hat üzerinde gelişirse, haritalara çizildikleri için güldüğümüz Tepegözler ortaya çıkar.[29]

Linnaeus, sınıflandırma şemasına Tepegözleri hiçbir zaman dahil etmedi, çünkü zamanla canavarların varlığından kuşkulanır oldu. *Systema Naturae*'nin sonraki edisyonlarından da "paradoxa" kategorisini çıkardı. Ama bir örnek konusunda Linnaeus kulağına çalınan hikayeleri dikkate almayarak fazla kuşkucu davranmış olabilirdi. Linnaeus ayı cinsine *Ursus* adını vermiş ve boz ayıya bizzat *Ursus arctos* adını koymuştu, yani ayıların sert kuzey ikliminde yaşayabileceğini biliyordu. Yine de kutup ayılarının varlığını hiç dile getirmedi; kulağına çalınan anekdotlar onu kuşkulandırmış olmalıydı. Ne de olsa buzda insanları kovalayıp spor olsun diye kafalarını koparan hayalet beyazı bir ayı hakkındaki meyhane hikayelerine kimse inanmazdı. Özellikle de, (insanlar buna yemin ediyordu) bu beyaz ayı öldürülüp yendiğinde insanların derilerinin soyulmasına yol açarak öbür dünyadan intikam alıyorsa. Ama dönüp dolaşıp tepegözleri ve denizkızlarını oluşturabilen aynı A vitaminine varan korku hikayesini Barents'in adamları gerçekten de yaşamıştı

Bir Hollanda prensi olan Nassaulu Maurice'in[30] "abartılı umutlarından" cesaret bulan dört Hollanda şehrindeki lordlar, yedi gemiyi ketenler, kumaşlar ve goblenlerle doldurarak 1595'te Barents'i tek-

29- Siklosefali"yle doğan çocukların çoğu kısa bir süre yaşar. Ancak 2006'da Hindistan'da siklosefaliyle dünyaya gelen bir kız çocuğu, ailesinin onu eve götürebileceği kadar uzun süre (iki hafta) yaşayarak doktorları şaşırttı. (İlk haberlerden sonra yaşadığı günler boyunca başka haber çıkmadı.) Kızın klasik semptomları düşünülürse (beyni birleşikti, burnu yoktu ve tek gözlüydü) bir sonic hedgehog bozukluğu olduğu neredeyse kesindi. Sonra da haberlerde yayınlandığına göre, anne sonic'i bastıran deneysel kanser ilaçları kullanmıştı.

30- Prens Mo, Hollanda'daki Orange [Turuncu] hanedanına mensuptu. Adıyla bağlantılı sıra dışı ve muhtemelen uydurma bir efsanesi bulunan bir aileydi bu. Yüzyıllar önce, yabani havuçlar genelde mor renkti ancak 1600 dolaylarında Hollandalı çiftçiler eski moda genetik mühendisliğiyle A vitaminin ön maddesi olan, yüksek miktarda beta karoten içeren bazı mutantlarüretip yetiştirmeye başladılar. Bunu yaparken de ilk turuncu havuçları geliştirdiler. Çiftçiler bunu kendi başlarına mı yaptı yoksa bazı tarihçilerin öne sürdüğü gibi Maurice'in ailesini onurlandırmak için mi yaptı bilinmiyor, ama bu sebzenin dokusunu, tadını ve rengini değiştirmiş oldular.

rar Asya'ya gönderdi. Pazarlıklar yüzünden yola çıkmaları yaz ortasını buldu, denize açıldıklarındaysa gemilerin kaptanları Barents'in yetkisine itiraz ederek (Barents yalnızca seyrüseferciydi) onun istediğinden daha güneyde kalan bir rotayı izlediler. Böyle yapmalarının nedeni kısmen Barents'in kuzeyde kalan rotasının çılgınca görünmesi, kısmen de Çin'e ulaşmanın dışında, Hollandalı denizcilerin elmaslarla dolu uzak bir adanın söylentisiyle coşkuya kapılmasıydı. Adayı gerçekten de buldular ve hemen karaya çıktılar.

Denizciler ceplerini saydam değerli taşlarla doldurmaya başlayalı yalnızca birkaç dakika olmuştu ki, eski İngilizceyle yazılmış bir hikayeye göre olaylar şöyle gelişti: "Uzun beyaz bir ayı aniden sinsice yaklaşıverdi" ve pençesini denizcilerden birinin boynuna doladı. Kıllı bir denizcinin kendisine el ense çektiğini sanan adamcağız, "Kimdir bu beni boynumdan yakalayan?" dedi. Değerli taşları bulmak için gözlerini yerden ayırmayan diğer denizciler başlarını kaldırdığında neredeyse altlarına edeceklerdi. Kutup ayısı, "Adamı altına alarak kafasını kopardı ve kanını içti".

Bu karşılaşma, kaşiflerle "zalim, vahşi ve yırtıcı canavar" arasında yüzyıllarca sürecek bir savaşı başlattı. Kutup ayıları boşuna belalı tipler olarak nam salmamıştı. Denizcilerin karaya çıktıkları her yerde gruptan ayrılanları yiyor ve insanı afallatacak derecede acıya dayanabiliyorlardı. Denizciler bir ayının sırtına balta saplayabilir ya da böğrüne altı kurşun sıkabilirlerdi ve bu çoğu zaman azgın ayıyı daha da kudurtmaktan başka bir işe yaramıyordu. Kaldı ki, kutup ayılarının da kin tutmak için haklı sebepleri vardı. Bir tarihçinin belirttiği gibi, "İlk kaşifler kutup ayısı öldürmeyi görev gibi görüyordu". Ayı leşlerini avcıların büyük ovalarda bufalo leşlerini yığdığı gibi yığıyorlardı. Bazı kaşifler, evcilleştirmek için ayıları kasten sakatlayıp halat bağlayarak gezdiriyordu. Küçük bir gemiye yüklenen böyle bir ayı bağlarından kurtulup denizcileri pataklamış ve isyan edip gemiyi ele geçirmişti. Ama o sinirle kementine dolanmış ve kurtulmaya çalışırken bitkin düşmüştü. Cesur denizciler de bu fırsattan yararlanıp gemiyi yeniden ele geçirmiş ve ayıyı öldürmüştü.

Barents'in mürettebatıyla karşılaşan ayı ikinci denizciyi de öldürmeyi başarmıştı, ana gemiden destek gelmese muhtemelen avlanmaya devam da edecekti. Bir keskin nişancı, ayının iki gözü arasına bir kurşun isabet ettirdi ama ayı şöyle bir silkindikten sonra atıştırmaya devam etti. Diğer adamlar da kılıçlarla saldırdı, ama kılıçları ayının başına ve postuna saplanıp kaldı. En sonunda birisi sopayla burnuna vurup ayıyı sersemletince, bir başkası da hemen boğazını kesti. Bu zamana kadar her iki denizci de ölmüştü elbette, kurtarma ekibinin yapabildiği tek şey ayının derisini yüzüp cesetleri de orada bırakmak oldu.

Yolculuğun devamında da Barents'in mürettebatı için işlerin iyi gittiği söylenemez. Gemilerin yola çıkışı geç bir tarihe denk gelmişti ve yüzen buz mayınları, teknelerini dört bir yandan tehdit ediyordu. Tehlike her geçen gün büyüyordu; Eylül ayı geldiğinde denizciler isyana kalkışacak kadar umutsuzdu. Beş denizci asıldı. En sonunda Barents bile yorgun düştü ve hantal ticaret gemilerinin buza saplanıp kalmasından korktu. Limana dönen gemilerin yedisinin de ellerinde yola çıktıkları kargodan başka bir şey yoktu ve nihayetinde işin içindeki herkes fırfırlı gömleğini kaybetti. Sözde elmaslar bile değersiz cam kırıntılarından başka bir şey değildi.

Bu yolculuk daha mütevazı bir insanın güvenini zedelerdi. Ama Barents üstlerine güvenmemeyi öğrenmişti. Her zaman daha kuzeye yelken açmak istemişti, bu nedenle 1596'da iki gemi için daha sermaye toplayarak tekrar yelken açtı. İşler başta iyi gitti, ama bir kez daha Barents'in gemisi, dümeninde Kaptan Rijp'in bulunduğu ve daha temkinli seyreden yoldaşıyla yollarını ayırdı. Bu kez Barents fazla ileri gitti. Novaya Zemlya'nın kuzey ucuna ulaşıp en sonunda çevresini dolaşmayı başardı, ama tam bu sırada kuzey kutbundan aşağı inen mevsim dışı bir soğuk yüzünden deniz dondu. Soğuk, Barents'in gemisini kıyı boyunca güneye doğru izledi, buzların arasında ilerlemek de her geçen gün güçleşti. Kısa bir süre sonra Barents mat olduğunu ve bir buz kıtasında mahsur kaldığını anladı.

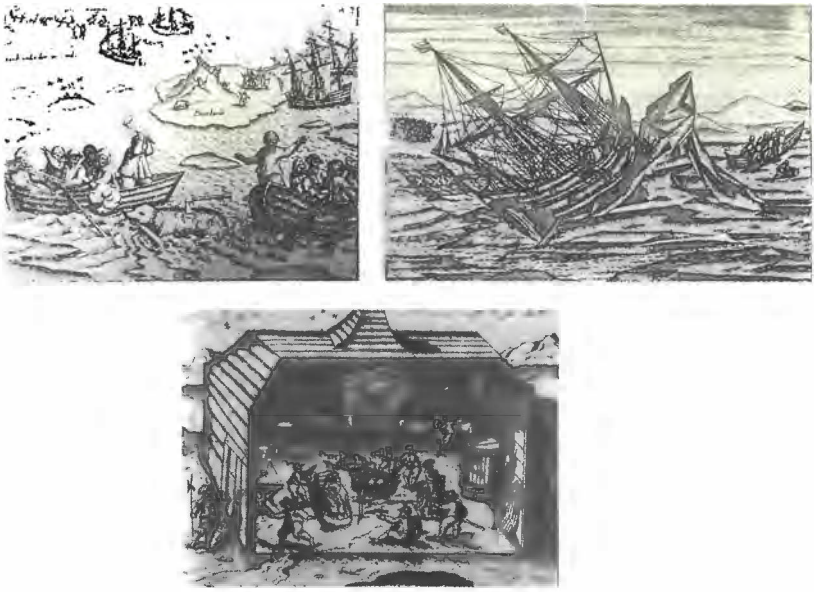
Muhtemelen buzun genişleyerek ayaklarının altındaki tahtala-

rı parçaladığını duyan mürettebat, bu yüzen tabutu terk ederek Novaya Zemlya'da bir yarımadaya yürüdü. Bu ağaçsız adada dalgaların kıyıya taşıdığı beyazlamış kalaslar buldukları için şanslıydılar. Doğal olarak gemi marangozu hemen ölüverdi, ama bir düzine adam bu odunlar ve gemiden kurtarılan kalaslarla kendilerine bir kulübe yaptı. Sekiz metreye on iki metre genişliğindeki kulübenin ahşap bir çatısı, verandası ve ön basamakları bile vardı. İroniden çok umutla ona Hot Behouden Huys, yani Kurtarılmış Ev adını verdiler ve amansız bir kışı geçirmek üzere buraya yerleştiler.

Soğuk en büyük tehlikeydi ama kuzey kutbunun adamlara eziyet etmek için başka yöntemleri de vardı. Kasımda güneş üç aylığına kaybolunca adamlar karanlık ve berbat kokulu kulübelerinde çıldırmanın eşiğine geldi. Aksi gibi yangın tehlikesi de yaşıyorlardı: Mürettebat zayıf havalandırma yüzünden bir gece az kalsın karbonmonoksit zehirlenmesi geçirecekti. Birkaç beyaz tilki vurup etinden ve postundan yararlanmışlardı, ama hayvanlar yiyecek stoklarını durmadan tırtıklıyordu. Çamaşır bile kara komediye dönüşmüştü. Adamlar yeteri kadar kuruması için giysilerini neredeyse ateşin içine sokmak zorunda kalıyordu, ama giysilerin bir tarafından dumanlar tüterken diğer tarafı hâlâ buzdan kaskatı olabiliyordu.

Ancak gündelik korkularından hiçbiri kutup ayılarıyla çatışmalarına yaklaşamazdı. Barents'in adamlarından biri olan Garrit de Veer, tuttuğu yolculuk günlüğünde kutup ayılarının Het Behouden Huys'u resmen kuşatma altına aldığını, içeride stokladıkları sığır, domuz ve balık eti fıçılarına askeri bir düzenle hücum ettiğini kaydetmiştir. Bir gece ocaktaki etin kokusunu alan bir ayı öyle sinsice yaklaşmıştı ki, adamlar fark edene kadar arka merdivenlerden çıkıp kapı eşiğinden geçti. Yalnızca talihli bir misket tüfeği atışıyla (ayıyı delip geçmiş ve onu ürkütmüştü) küçük kulübenin içinde bir katliam yaşanmasını önledi.

Hayattan bezmiş, yarı deli ve intikama susamış denizciler dışarı fırladı, kardaki kan izlerini takip ederek istilacıyı bulup öldürdüler. Sonraki iki gün içinde saldıran iki ayıyı da öldürdüler. Moralleri



Barents'in Rusya'nın donmuş kuzeyindeki talihsiz yolculuğu. Üst soldan sağa: Kutup ayılarıyla karşılaşma, buzda ezilen gemi, 1590'larrda mürettebatın amansız kışı geçirdiği kulübe. (Gerrit de Veer, *The Three Voyages of William Barents to the Arctic Regions*)

düzelmişti, taze ete aç adamlar ayılarla kendilerine bir güzel ziyaret çekmeye karar verdiler ve yenebilecek her şeyi yediler. Kemiklerin kıkırdaklarını kemirip iliklerini emdiler, etli iç organların hepsini (yürek, böbrekler, beyin ve en lezzetli yeri olan karaciğeri) pişirdiler. Bu yemek, 80 derece kuzey enlemindeki bu sefil kulübede yaşayan Avrupalı kaşiflere genetikle ilgili bir ders verdi. Bu dersi başka inatçı kuzey kutbu kaşifleri de tekrar tekrar öğrenecekti, bilim insanlarının tam olarak kavrayabilmesiyse yüzyıllar alacaktı. Kutup ayısı karaciğeri herhangi bir memelinin karaciğeri gibi mora çalan bir kırmızı renkte görünse, aynı çiğ olgunlukta koksa ve çatalın üzerinde aynı şekilde titreşse de bir açıdan onlardan çok farklıdır: Moleküler düzeyde kutup ayısının karaciğeri A vitaminine aşırı doymuştur.

Bunun neden bu kadar korkunç olduğunu anlamak için belirli genlere yakından bakmak gerekir; bu genler bedenlerimizde-

ki gelişmemiş hücreleri özel deri ya da karaciğer, beyin ya da başka bir şeyin hücrelerine dönüştürmeye yardım ederler. Bu Barbara McClintock'ın kavramaya çalıştığı sürecin bir bölümüydü ama aslında bilimsel tartışma ondan yıllar öncesine gidiyordu.

1800'lerin sonlarında, hücrelerin özelleşmesini açıklamak için iki ayrı görüş ortaya çıktı, bunlardan birinin önderliğini Alman biyolog August Weismann yapıyordu.[31] Weismann sperm ve yumurtanın birleşmesi sonucunda bir hayvanın ilk hücresini oluşturan zigotları inceliyordu. Weismann bu ilk hücrenin kesinlikle bir dizi eksiksiz moleküler talimat içerdiğini söylüyordu, ancak zigot ve onun yavrularının her bölünüşünde hücreler bu talimatların yarısını kaybediyordu. Tek bir tür haricindeki tüm diğer talimatları kaybeden hücreler o tür hücrelere dönüşüyordu. Diğer bilim insanlarıysa hücrelerin her bölünmeden sonra talimat kümesinin tamamını koruduğuna, ama belli bir noktadan sonra talimatların çoğunu görmezden geldiğine inanıyordu. Alman biyolog Hans Spemann, 1902'de bir semender hücresi kullanarak meseleyi sonuca bağladı. Bu yumuşak, iri zigotlardan birini mikroskobun merkezine yerleştirdi ve ikiye bölünene kadar bekledi, sonra aralarındaki sınıra yeni doğmuş kızı Margrette'nin bir tel sarı saçını ilmik attı. (Spemann'ın kel olmadığı halde neden kızının saçını kullandığı net değildir. Muhtemelen bebeğin saçı daha inceydi.) İlmiği sıktığında iki hücre ayrıldı ve Spemann ayrı ayrı gelişebilmeleri için onları farklı tabaklara koydu. Weismann olsa ortaya iki tane deforme olmuş yarım semender çıkacağını düşünürdü. Ama Spemann'ın iki hücresi de sağlıklı, eksiksiz yetişkinler oldu. Hatta genetik açıdan ikizdiler, bu da Spemann'ın 1902'de onları başarıyla klonladığı anlamına gelir. Bilim insanları Mendel'i keşfedeli çok olmamıştı; Spemann'ın araştırması da hücrelerin talimatlarını koruduğunu ancak genleri açıp kapadığı anlamına geliyordu.

31- Tartışılmaz zekasına, onur listesinde yer alan bir biyolog olmasına rağmen Weissmann *Türlerin Kökenini* bir oturuşta bitirdiğini iddia etmişti (kitabın devasa boyutlarını bir düşünün).

Yine de bu mekanizmayı, yani hücrelerin genleri nasıl kapadığını ne Spemann ne McClintock ne de bir başkası açıklayabiliyordu. Bunu çözmek onyıllar aldı. Sonuçta hücrelerin genetik bilgiyi aslında kaybetmedikleri, yalnızca bu bilgiye erişimlerini kaybettikleri ortaya çıktı ki bu da aynı kapıya çıkıyordu. DNA'nın yılankavi uzunluğunu minicik hücre çekirdeğine sığdırmak için inanılmaz bir akrobasi yapmak zorunda olduğunu görmüştük. Bu süreç sırasında düğümlerin oluşmasını engellemek için, DNA genellikle histon denen protein makaralarının çevresine yoyo gibi dolanır, bunlar daha sonra istiflenerek çekirdeğin içine gömülür. (Histonlar, bilim insanlarının daha önceden kromozomlarda keşfettiği ve kalıtımı kontrol ettiğini varsaydığı proteinlerden bazılarıydı.) DNA'yı dolanmaktan kurtarmanın yanı sıra, histon sarılması DNA'yı etkin bir biçimde kapatarak hücresel mekanizmanın RNA yapmak üzere DNA'ya ulaşmasını engeller. Hücreler sarılmayı asetil denen kimyasallarla kontrol eder. Bir histona asetil ($COCH_3$) eklendiğinde, histon DNA'yı çözer; asetili çıkarmak da bileği oynatır ve DNA'yı tekrar geri sarar.

Hücreler DNA'ya erişimi DNA'nın kendisini değiştirerek de engelleyebilir, bunu metil gruplar (CH_3) denen raptiyelerle yaparlar. Metiller en çok, genetik alfabedeki C'yle temsil edilen sitozine yapışır, fazla yer kaplamadıkları halde –karbon küçüktür, hidrojense zaten periyodik tablodaki en küçük elementtir– bu küçük çıkıntı bile başka moleküllerin DNA'ya kilitlenmesini ve bir geni açmasını engelleyebilir. Bir başka deyişle metil grubun eklenmesi genleri sessizleştirir.

Bedenlerimizde bulunan iki yüz çeşit hücrenin her birinde sarılmış ve metillenmiş DNA'nın özgün bir kalıbı bulunur; bu şemalar daha embriyo günlerimizde belirlenmiştir. Deri hücresi olacak hücreler karaciğer enzimi ya da nörotransmitter üreten bütün genleri kapamalıdır. Bu hücreler yalnızca kendi kalıplarını hayatları boyunca hatırlamakla kalmaz, yetişkin hücreler olarak her bölündüklerinde bu kalıbı aktarırlar. Ne zaman bilim insanlarının genlerin açılıp kapanmasından söz ettiğini duysanız, suçlu çoğu zaman metiller ya

da asetillerdir. Özellikle metil gruplar o kadar önemlidir ki, bazı bilim insanları DNA alfabesine beşinci bir harf eklemeyi önermişlerdir[32] – A, C, G, T ve metillenmiş sitozin için mC.

Ancak DNA'nın yeniden ve bazen de daha ince denetimi için hücreler A vitamini gibi "transkripsiyon faktörlerine" başvururlar. A vitamini ve diğer transkripsiyon faktörleri DNA'ya bağlanır ve transkripsiyona başlamak için başka molekülleri toplarlar. Amacımız açısından en önemlisiyse A vitaminin büyümeyi harekete geçirmesi ve gelişmemiş hücreleri hızla tam gelişmiş kemiğe, kasa vb. dönüştürmeye yardım etmesidir. A vitamini özellikle derinin çeşitli katmanlarında etkilidir. Örneğin A vitamini yetişkinlerde belirli deri hücrelerinin bedenin içinden yüzeye ilerlemesini sağlar, hücreler burada ölüp derinin koruyucu dış tabakasını oluştururlar. Yüksek dozda A vitamini, "programlanmış hücre ölümüyle" deriye hasar da verebilir. Hücrelerin intihara zorlandığı bu genetik program, bedenin hastalıklı hücreleri ortadan kaldırmasına yardım eder, yani her zaman kötü değildir. Ancak bilinmeyen nedenlerden ötürü, A vitamini belirli deri hücrelerindeki sistemi ele geçirir. Tıpkı Barents'in adamlarının da tecrübeyle öğrendiği gibi...

Mürettebat içinde bol miktarda şarabi renkte karaciğer parçasının yüzdüğü kutup ayısı yahnisini tıka basa yedikten sonra kendilerini hayatlarında hiç hissetmedikleri kadar hasta hissettiler. Terleten, ateşli ve sersemletici, bağırsakların mengeneyle sıkılır gibi sıkıştırıldığı, tam anlamıyla büyük çaplı bir hastalıktı. Bu hezeyan sırasında, katledilmesine yardım ettiği dişi kutup ayısını hatırlayan Garrit de Veer, "dirisi bile ölüsü kadar zarar vermemişti," diye inledi. Daha da can sıkıcısı de Veer birkaç gün sonra adamların dudakları ya da ağızlarının çevresinde, yani karaciğerle ilişkili yerlerde, derilerin soyulmaya başladığını fark etti. De Veer üç adamın çok has-

32- Birkaç bilim insanı, metillenmiş sitozinin varyasyonlarına dayanarak alfabeyi altı, yedi hatta sekiz harfe kadar genişletmiştir. Bu harflere (sadelik meraklılarındansanız) hmC, fC ve caC isimleri verilmiştir. Ancak bu "harflerin" bağımsız olarak mı iş gördüğü yoksa yalnızca hücrelerin m'yi mC'den ayırdığı karmaşık süreçteki başlangıç basamakları mı olduğu netleşmemiştir.

talandığını yazıyordu panikle: "Onları gerçekten kaybettiğimizi düşündük, baştan ayağa bütün derileri soyulmuştu".

Kutup ayılarının karaciğerlerinde astronomik miktarda A vitamini barındırmasının nedenini bilim insanları ancak yirminci yüzyılın ortalarında belirleyebildi. Kutup ayılarının ana besin kaynağı halkalı fok ve sakallı foktur; bu foklar yavrularını, vücut ısılarını sürekli kaybetmelerine neden olan 1,5 derecelik arktik denizlerin bulunduğu olası en zorlu çevre koşullarında büyütürler. A vitamini fokların bu soğukta hayatta kalmalarını sağlar: Bir büyüme hormonu gibi görev yaparak hücreleri uyarır ve fok yavrularının vücutlarına kalın deri tabakaları ve balık yağı eklemelerini, hem de bunu hızlı bir biçimde yapmalarını sağlar. Bu amaçla anne foklar karaciğerlerinde kasalarca A vitamini saklar ve yavrularını emzirdikleri süre boyunca, yavruların yeterince aldığından emin olmak için bu stoktan yararlanır.

Kutup ayılarının da balık yağı depolamak için bol miktarda A vitaminine ihtiyacı vardır. Ama daha da önemlisi, vücutları toksik seviyede A vitaminini tolere edebilir, çünkü aksi takdirde kuzey kutup bölgesindeki neredeyse tek besin kaynağı olan fokları yiyemezler. Ekolojinin bir kanunu besin zincirinde yukarı çıktıkça zehirlerin biriktiğini söyler, en yukarıdaki etoburlar en yoğun dozları vücutlarına alırlar. Bu, yüksek seviyede alındığında toksik olan her besin ya da zehir için geçerlidir. Ama pek çok besinin aksine A vitamini suda çözülmez, bu nedenle en tepede bulunan bir yırtıcı hayvan aşırı doz aldığında bu fazlalığı idrarla atamaz. Kutup ayıları ya yuttukları A vitamininin hakkından gelmeli ya da açlıktan ölmelidir. Kutup ayıları karaciğerlerini, A vitaminini bedenlerinin geri kalanından ayıracak yüksek teknoloji ürünü biyolojik tehlike önleme tesislerine dönüştürerek bu duruma uyum sağlamışlardır. (Böyle karaciğere sahip olan kutup ayıları bile aldıkları A vitamini miktarına dikkat etmek zorundadır. Besin zincirinin aşağısındaki, daha düşük mik-

tarda A vitamini bulunduran hayvanlarla beslenebilirler. Ancak bazı biyologlar alaycı bir biçimde kutup ayılarının kendi karaciğerlerini yemeleri halinde kesinlikle öbür dünyayı boylayacaklarını belirtir.)

Kutup ayılarının etkileyici A vitaminiyle savaşma yetenekleri 150.000 yıl önce, Alaska boz ayıları küçük gruplar halinde kuzeydeki buzullara göç ettiğinde evrilmeye başladı. Ancak bilim insanları her zaman kutup ayısını *kutup ayısı* yapan önemli genetik değişikliklerin bu süre içinde yavaş yavaş değil, aniden gerçekleştiğinden kuşkulandılar. Mantıkları şöyleydi. İki hayvan grubu coğrafi olarak ayrıldığında farklı DNA mutasyonları edinmeye başlar. Mutasyonlar biriktikçe gruplar farklı vücutları, metabolizmaları ve davranışları olan farklı türler olarak gelişir. Ancak popülasyon içinde bütün DNA değişimleri aynı hızda gerçekleşmez. *Hox* gibi yüksek oranda konservatif genler yavaş yavaş, jeolojik değişimlerin hızıyla değişir. Özellikle de canlılar çevresel stresle karşı karşıyaysa, diğer genlerdeki değişimler hızla yayılabilir. Örneğin o boz ayılar kutup dairesindeki ıssız buz tabakası üzerinde dolaşırken soğukla savaşmak için yararlı mutasyonlar (mesela A vitamini zengini fokları sindirme becerisi) bu ayılardan bazılarına önemli ölçüde destek vermiş olur, daha fazla yavru doğurmalarını ve onlara daha iyi bakmalarını sağlar. Çevresel baskı ne kadar fazlaysa genler de nüfusa o kadar hızlı biçimde yayılabilir ve yayılacaktır da.

Bir başka biçimde ifade edersek, DNA saatleri (DNA'daki mutasyon sayısına ve hızına bakan saatler) genomun farklı bölümlerinde farklı hızda çalışır. Bu nedenle bilim insanları iki türün DNA'sını karşılaştırıp ne kadar zaman önce ayrıldıklarını belirlerken dikkatli olmak zorundadır. Eğer korunumlu genleri ya da hızlandırılmış değişimleri hesaba katmazlarsa son derece isabetsiz tahminler yapabilirler. 2010'da, bu uyarıları göz önüne alan bilim insanları kutup ayılarının, ataları boz ayılardan ayrıldıktan yirmi bin yıl kadar kısa bir süre sonra –evrimsel açıdan göz kırpma süresi sayılır– farklı bir tür sayılmalarına yetecek soğuk hava savunmasıyla donandığını saptadı.

Daha sonra göreceğimiz gibi, insanlar et yiyenlerin oluşturduğu ortama sonradan giren acemi çaylaklarıdır. Bu nedenle kutup ayılarının savunmasına sahip olmamamız ya da hile yaparak besin zincirinde üste çıkıp kutup ayılarını yiyince acı çekmemiz şaşırtıcı değildir. Farklı insanların A vitamini zehirlenmesine (hypervitaminosis A) karşı farklı genetik duyarlılığı vardır, ama kutup ayısı karaciğerinin otuz gramı bile yetişkin bir insanı öldürebilir, hem de berbat bir biçimde.

Vücutlarımız retinol üretmek için A vitaminini metabolize eder ve sonrasında bu retinol özel enzimler tarafından parçalanır. (Bu enzimler aynı zamanda insanların aldığı en yaygın zehri, biralardaki, romlardaki, şaraplardaki, viskilerdeki ve diğer içkilerdeki alkolü de parçalar.) Ancak kutup ayısı karaciğeri zavallı enzimlerimizi A vitaminiyle doldurur ve serbest retinol bu enzimler tarafından parçalanamadan kana karışır. Bu kötüdür. Hücreler yağ bazlı zarlarla çevrilidir, ancak retinol bir deterjan görevi görerek zarları yıkar. Hücrelerin içi kendini tutamayarak dışarı sızmaya başlar; bu da baş ağrısı, bulanıklık ve sinirliliğe yol açan sıvıların kafatasının içinde birikmesine yol açar. Retinol başka dokulara da zarar verir (hatta düz saçı kıvırcıklaştırabilir) ama en çok zarar gören deridir. A vitamini, deri hücrelerinde bulunan çok miktardaki genetik şalteri indirerek bazılarının intihar etmesine yol açmış, bazılarını da zamanından önce yüzeye itmiştir. Daha fazla A vitaminin yakılması daha fazla hücre katmanını öldürür ve kısa süre içinde deri tabaka tabaka soyulur.

Biz insansılar, etoburların karaciğerini yeme konusunda aynı dersi zor yoldan öğrenip duruyoruz. 1980'lerde antropologlar 1,6 milyon yıllık bir *homo erectus* iskeleti buldular, kemiklerinde o dönemin en üstte yer alan etoburlarını yemekten kaynaklanan A vitamini zehirlenmesinin tipik sonucu olan lezyonlar bulunuyordu. Kutup ayıları ortaya çıktıktan ve yüzyıllar boyunca verilen sayısız zayiattan sonra Eskimolar, Sibiryalılar ve diğer kuzey kabileleri (leş yiyen kuşlar bile) kutup ayısı karaciğerinden uzak durmayı öğrendi, ama Avrupalı kaşifler kutuplara fırtına gibi daldığında böyle bir di-

rayetten yoksundu. Hatta çoğu karaciğer yeme yasağını ağaçlara tapmaktan farksız bir batıl inanç, "avam bir önyargı" olarak gördü. 1900'lerde bile İngiliz kaşif Reginald Koettlitz kutup ayısı karaciğerini afiyetle yeme beklentisi içindeydi ama tabularda bazen bilgelik yattığını kısa sürede keşfetti. Birkaç saat içinde Koettlitz kafatasının içindeki basıncın arttığını hissetti, kafası sanki içerden eziliyor gibiydi. Baş dönmesi yüzünden sürekli kustu. Daha da kötüsü bu durumu uyuyarak atlatma şansı da yoktu, uzanmak her şeyi daha kötü hale getiriyordu. Aynı dönemden bir başka kaşif, Dr. Jens Lindhard yaptığı bir deneyde, gözetimi altındaki on dokuz adama kutup ayısı karaciğeri yedirdi. Hepsi de berbat bir biçimde hastalandı, öyle ki birkaçı delilik belirtileri göstermeye başladı. Bu sırada diğer aç kaşifler, zehirleyecek kadar yüksek A vitamini bulunduranların yalnızca kutup ayısı ve foklar olmadığını öğrendi: Ren geyikleri, köpekbalıkları, kılıç balığı, tilkiler ve Sibirya kurtlarının[33] da karaciğerleri çok leziz bir son yemek olabilirdi.

Ama 1597'de kutup ayısı karaciğerinin gazabına uğrayan Barents'in adamları akıllandı. Günlük tutan de Veer'e göre, "Ateşin üzerinde içinde ciğer olan bir tencere hâlâ asılı duruyordu. Ama kaptan onu alıp kapıdan dışarı fırlattı, çünkü bundan yeterince yemiştik."

Adamlar kısa zamanda güçlerini topladı ama o dondurucu soğukta kulübeleri ve giysileri yıpranıyor, moralleri de giderek bozuluyordu. Haziranda nihayet buzlar erimeye başladı. Gemilerinden yaptıkları sandallarla denize açıldılar. Başta yalnızca küçük buz dağları arasından hızla geçebiliyorlardı ve kutup ayılarını kovalamaktan epey zarar gördüler. Ancak 20 Haziran 1597'de kutup buzları kırıldı ve deniz yolculuğu yapmak mümkün hale geldi. Yazık ki 20 Haziran,

33- Kuzey Kutbu'na ulaşmak için yapılan bir keşif gezisiyle ilgili Sibirya kurdu karaciğerinin hikayesi dramatiktir. Burada hikayeyi geniş olarak ele almayacağım ama http://samkean.com/thumb-notes'ta bununla ilgili yazdıklarımı bulabilirsiniz. Web sitemde aynı zamanda pek çok resim linki (http://samkean.com/thumb-pictures) ve buraya bile dahil edilemeyecek kadar konudan uzaklaşan notlar da yer alıyor. Bu nedenle Darwin'in müzikallerdeki rolünü okumak, kötü şöhretli bir bilim dolandırıcısının intihar notuna göz atmak, hatta Henri Toulouse-Lautrec'in kamu plajındaki çıplak halini görmekle ilgiliyseniz, bir göz atmanızda fayda var.

aynı zamanda uzun zamandır hasta olan Willem Barents'in elli yaşında öldüğü gündü. Seyrüsefercilerinin kaybı, hâlâ yüz millerce okyanusu açık sandallarla geçmek zorunda olan kalan mürettebattan geriye kalan on iki adamın cesaretini kırdı. Ancak Kuzey Rusya'ya ulaşmayı başardıklarında, yerli halk onlara acıyıp yemek verdi. Bir ay sonra Laponya kıyılarına çıktıklarında, Barents'in bir kış önce ayrıldığı geminin kumandanı Kaptan Jan Corneliszoon Rijp'le karşılaştılar. Onların öldüğünü sanan sevinç içindeki Rijp, adamları gemisiyle Hollanda'ya götürdü,[34] buraya yırtık pırtık giysiler ve beyaz tilki kürkünden yapılmış göz alıcı şapkalarla döndüler.

Kahraman gibi karşılanma beklentileri suya düştü. Aynı gün, Afrika'nın güney burnu çevresinden dolaşarak Hitay'a yaptıkları yolculuktan baharat ve değerli eşyalarla dönen bir başka Hollanda konvoyu daha vardı. Onların seyehati, ticaret gemilerinin bu uzun yolculuğu yapabileceğini kanıtlamıştı; açlık ve hayatta kalma hikayeleri heyecan vericiydi ama Hollandalıların yüreklerini esas titreten hazine hikayeleriydi. Hollanda krallığı, Afrika üzerinden Asya yolculuğunun tekelini Hollanda Doğu Hindistan Şirketi'ne verdi ve destansı bir ticaret yolu, denizcilerin İpek Yolu doğdu. Barents ve mürettebatı unutulmuştu.

Asya'ya giden Afrika yolu üzerinde tekel sahibi olmak demek, diğer girişimci denizcilerin yalnızca kuzeybatı yönünden ticaret yapabilmesi anlamına geliyordu. Bu nedenle 1.400.000 kilometrekare yüzölçümüne sahip Barents Denizi'ne yolculuklar devam etti. En sonunda çifte tekel ihtimaliyle ağzı sulanan Doğu Hindistan Şirketi, kaptanlığını İngiliz Henry Hudson'ın yaptığı bir ekibi buraya gönderdi. İşler bir kez daha ters gitti. Hudson ve gemisi *Half Moon*, planlandığı gibi Norveç'in ucundan kuzeye gitti. Ama yarısı Hollandalı olan kırk kişilik mürettebat açlık, soğuk ve baştan aşağı derisi

34- Avrupalılar 1871'e kadar kulübeyi bir daha görmedi. Bir grup kaşif izini sürüp onu bulduğunda beyaz kirişleri yosunla kaplanmış ve kulübe hava geçirmeyecek şekilde buz tutmuştu. Kaşifler orada kılıçlar, kitaplar, bir saat, bir madeni para, mutfak gereçleri, "misket tüfekleri, bir flüt, kulübede ölen miçonun küçük ayakkabıları, Barents'in bacaya sakladığı mektubu (gemisini buzda terk etmeyi korkakça bir karar olarak görebileceklere kendini savunmak için yazmıştı)" ve daha pek çok eşya buldular.

soyulan insanların –Tanrı yardımcıları olsun– hikayelerini elbette duymuştu. İsyan ettiler ve Hudson'ı batıya dönmeye zorladılar.

Hudson bu isteği fazlasıyla yerine getirdi, Kuzey Amerika'ya ulaşana kadar batıya ilerlediler. Yeni İskoçya üzerinden geçip Atlas Okyanusu kıyılarının aşağısında birkaç yerde demir attılar; bu yolculuk sırasında, o sırada henüz adı olmayan bir nehrin yukarısına geçip cılız bir bataklıktan oluşan adayı da ziyaret etmişlerdi. Hudson'ın Rusya'nın çevresini dolaşamamasından hayal kırıklığı duysalar da Hollandalılar ellerindekine razı olup birkaç yıl içinde bu adada (Manhattan) New Amsterdam adında bir ticaret kolonisi kurdular. Bazen keşif tutkumuzun genlerimizde yattığı söylenir. New York'un kurulmasıyla birlikte bu durum neredeyse tam anlamıyla gerçeğe dönmüştü.

7

Makyavel Mikrobu

İnsan DNA'sının
Ne Kadarı İnsandır?

1909'DA MANHATTAN'DAKİ ROCKEFELLER Enstitisü'ne endişe içindeki Long Islandlı bir çiftçi geldi. Kolunun altında hasta bir tavuk vardı. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki tavuk kümesleri son on yıldır bir kanser salgının etkisi altındaydı ve çiftçinin Plymouth Rock cinsi tavuğunun sağ göğsünün altında bir tümör çıkmıştı. Hayvanlarını kaybedeceğinden endişelenen çiftçi, tavuğuna bir teşhis konması için Peyton adıyla bilinen Rockefellerli bilim insanı Francis P. Rous'a başvurmuştu. Ancak Rous tavuğu iyileştirmeye çalışmak yerine, tümörü güzelce inceleyip bazı deneyler yapmak için, çiftçinin dehşetli bakışlarına rağmen hayvanı kesti. Ancak bilim bu tavuk katliamı yüzünden ona sonsuza dek minnettar kalacak.

Rous tümörü çıkardıktan sonra yaklaşık iki gramını ayırıp ıslak bir macun haline getirene dek ezdi. Sonra bunu çok küçük porselen gözeneklerden geçirerek tümör hücrelerini kan dolaşımından ayırdı; geride kalan şey çoğunlukla hücreler arasındaki sıvıdan ibaretti. Bu sıvı, başka şeylerle birlikte besinleri de taşır, ama aynı zamanda içinde mikropları da barındırabilir. Rous sıvıyı bir başka tavuğun göğsüne enjekte etti. Çok geçmeden ikinci tavukta da bir tümör gelişti. Rous, deneyi Leghorn gibi başka tavuk türleriyle de yineledi ve

altı ay içinde neredeyse santimi santimine aynı kanserli kitleler bu tavuklarda da oluştu. Bu düzenekteki dikkat çekici ve kafa karıştırıcı şey süzme aşamasıydı. Rous enjeksiyonları gerçekleştirmeden önce bütün tümör hücrelerini çıkarmıştı, yeni tavuklardaki yeni kitleler tekrar birbirine bağlanan eski tümör hücrelerinden oluşamazdı. Kanser sıvıdan gelmiş olmalıydı.

Çiftçi sinirlenmişti ama tavuğunu kurban ettiği kişi tavuk pandemisini çözebilecek en iyi adaydı. Bir tıp doktoru ve patolog olan Rous, evcil hayvanlar konusunda sağlam bir deneyime sahipti. Rous'ın babası İç Savaş'tan kısa bir süre önce Virginia'dan kaçıp Texas'a yerleşmiş, burada Peyton'ın annesiyle tanışmıştı. Bütün aile en sonunda tekrar batıya, Baltimore'a taşındı ve Rous liseden sonra Johns Hopkins Üniversitesi'ne kaydoldu. Burada *Baltimore Sun* için beş dolar karşılığında "Ayın Yaban Çiçekleri" başlıklı, Charm City'deki bitki örtüsünü konu alan bir köşe yazarak geçimini sağladı. Rous, Johns Hopkins'te giriş derslerini bitirip tıp fakültesine kabul edildikten sonra köşe yazmayı bıraktı ama çok geçmeden eğitimine ara vermek zorunda kaldı. Bir otopsi sırasında tüberkülozlu kadavranın kemiğiyle elini kesti; tüberküloz olunca okul görevlileri ona dinlenme tedavisi verdiler. Ama Avrupa tarzı bir tedavi yerine (bir dağ sanatoryumunda huzurlu bir zaman geçirme) Amerikan tarzı bir tedaviyi tercih eden Rous, Texas'ta çiftlik işçisi olarak çalıştı. Ufak tefek ve zayıf bir adam olmasına rağmen Rous çiftlik işini çok seviyordu ve çiftlik hayvanlarına karşı büyük bir merak edindi. İyileştikten sonra yatak başında doktorluk yapmaktansa, mikrobiyal biyoloji alanında uzmanlaşmaya karar verdi.

Çiftlikteki ve laboratuvarlarındaki bütün deneyimleri ve tavuk vakasındaki bütün kanıtlar Rous'ı tek bir sonuca götürdü. Tavuklarda bir virüs vardı ve kanseri yayan da bu virüstü. Ama aldığı eğitim ona bu düşüncenin saçma olduğunu söylüyordu ve meslektaşları da böyle düşünüyordu. *Bulaşıcı kanser mi, Dr. Rous? Nasıl olur da bir virüs kansere sebep olabilir?* Bazıları Rous'ın tümörlere yanlış teşhis koyduğunu söylüyordu, belki de enjeksiyonlar yalnızca tavuklar-

da görülen özel bir yangıya yol açmıştı. Rous'ın kendisi de sonradan şöyle itiraf edecekti: "Bir hata yaptığım korkusuyla geceleri titreyerek uyanırdım." Sonuçlarını yayımladı ama bazı noktalarda inandığı şeyleri söylerken bilimsel yazının dolambaçlı standartlarına göre bile fazla temkinliydi: "[Bu buluşun] tavuklarda farklı karakterde neoplazmalara [tümörlere] yol açan yeni bir grup entitinin varlığına işaret ettiğini söylemek belki de abartı olmayacaktır." Ama Rous sakıngan davranarak kurnazlık etmişti. Bir çağdaşı tavuk kanserleri üzerine olan makalesinin "kayıtsızlıktan şüpheciliğe, hatta açık düşmanlığa kadar giden farklı tepkilerle karşılandığını" anımsar.

Sonraki birkaç onyıl boyunca çoğu bilim insanı Rous'ın araştırmasını unuttu, bunun da iyi bir nedeni vardı. Çünkü o zamanki birkaç buluş virüslerle kanserleri biyolojik açıdan birbirine bağlasa da başka bulgular bunları bir kenara itiyordu. 1950'lere gelindiğinde bilim insanları kanser hücrelerinin kontrolden çıkmasının bir sebebinin de genlerinin hatalı çalışması olduğunu belirlemişti. Aynı zamanda virüslerin az miktardaki kendi genetik materyalini barındırdığını da belirlediler. (Bazıları DNA, diğerleri –mesela Rous'ın incelediği virüs– RNA kullanıyordu.) Teknik anlamda canlı olmamakla birlikte, virüsler bu genetik materyali kullanarak hücreleri ele geçiriyor ve kendilerini kopyalıyordu. Bu nedenle virüsler de kanser hücreleri de denetlenemez biçimde çoğalıyor, her ikisi de ortak para birimi olarak DNA ve RNA kullanıyordu. Bunlar ilginç ipuçlarıydı. Ancak bu sırada Francis Crick 1958'de Merkezi Dogmasını yayımlamıştı: DNA RNA'yı, RNA de proteinleri üretiyordu. Dogmanın bu yaygın anlayışına göre Rous'ınki gibi RNA virüsleri hücrelerin DNA'sını bozamaz ya da baştan yazamazdı. Bu, dogmayı tersine çevirirdi ve buna izin yoktu. Yani biyolojik çakışmaya rağmen virüs RNA'sının kansere yol açan DNA'yla etkileşimde bulunması imkansız gibi görünüyordu.

Mesele verilerin dogmayla çeliştiği bir kördüğüm olarak kaldı, ta ki 1960'ların sonları ve 1970'lerin başlarında birkaç genç bilim insanı doğanın dogmaları pek de umursamadığını keşfedene kadar. Be-

lirli virüsler (HIV en iyi bilinen örnektir) DNA'yı geleneksel olmayan biçimlerde manipüle eder. Özellikle virüsler, enfekte bir hücreyi, virüs RNA'sını ters transkripsiyon işlemiyle DNA'ya çevirmeye ikna edebilir. Daha da kötüsü, sonra hücreyi kandırıp yeni oluşan DNA virüsünü hücrenin genomuna ekletirler. Kısacası bu virüsler bir hücreyle birleşirler. Onların DNA'sıyla kendi DNA'mız arasında çektiğimiz Majino hattına[35] saygı göstermezler.

Hücreleri enfekte etme stratejisi karmaşık görünebilir: HIV gibi bir RNA virüsü neden kendini DNA'ya dönüştürmekle uğraşsın, hele ki hücreler zaten bu DNA'daki bilgiyi tekrar RNA'ya aktarmak zorundayken? RNA'nın DNA'ya kıyasla ne kadar becerikli ve hızlı olduğu düşünülürse, durum daha da kafa karıştırıcı bir hal alır. RNA tek başınayken basit proteinleri üretebilir, oysa DNA tek başınayken orada öylece oturur. RNA, M.C. Escher resmindeki birbirini çizen iki el gibi *kendi başına* kendisini kopyalayabilir. Bu nedenlerle, çok sayıda bilim insanı RNA'nın yaşam tarihinde DNA'dan daha eskiye dayandığını söyler, çünkü ilk canlılar, hücrelerin bugünlerde sahip olduğu ayrıntılı iç kopyalama donanımından muhtemelen yoksundur. (Bu "RNA dünyası" hipotezidir.[36])

Ne var ki ilkel dünyaya bir itiş kakış hakimdi, RNA da DNA'ya göre epey güçsüzdü. Tek iplikten oluştuğu için RNA harfleri sürekli saldırıya maruz kalıyordu. RNA'nın, yapısı halkalı olan şekerleri üzerinde fazladan bir oksijen atomu vardı, bu oksijen atomu hiç durmadan kendi omurgasını yiyor ve RNA'nın fazla büyümesi halinde onu lime lime ediyordu. Bu nedenle, keşfeden, yüzen, büyüyen, savaşan, çiftleşen, yani gerçek anlamda yaşayan kalıcı bir şey

35- Fransa'nın tüm kuzey ve doğu sınırlarını kapsayan savunma hattı. – çn

36- RNA, muhtemelen DNA ve başka nükleik asitlerden (GNA, PNA ya da TNA gibi) önce gelişmişti. DNA'nın belkemiği, yeryüzünün başlangıcında var olan yapıtaşlarından daha karmaşık olan halkalı deoksiriboz şekerlerinden oluşmuştu. Glycol nükleik asit ve peptit nükleik asit bu iş için daha iyi adaylardır çünkü ikisi de omurgası için halkalı şekerleri kullanmaz. (PNA fosfat da kullanmaz.) Threose nükleik asit, halkalı şekerleri kullanır ama yine de bu şekerler DNA'nınkilerden daha basittir. Bilim insanları bu daha basit belkemiklerinin aslında daha güçlü olduğundan ve güneşin kavurduğu, yarı ergimiş ve çoğu zaman göktaşlarının bombaladığı dünyamızda, 'NA'ları DNA'ya kıyasla daha avantajlı kıldığından kuşkulanır.

inşa etmek için bu kırılgan RNA, yerini DNA'ya teslim etmek zorundaydı. Birkaç milyar yıl önce gerçekleşen, bu daha az bozulabilir araca geçiş hiç kuşkusuz yaşamın tarihindeki en önemli adımdı. Bu, bir açıdan Homeros'un sözlü şiir geleneğinden yazılı metinlere geçişe benziyordu: Duyarsız bir DNA metniyle, RNA-tarzı çok yönlülüğü, ses ve jestlerin ince ayrıntılarını kaçırırsınız, ama papirüs ve mürekkep olmasaydı bugün *İlyada* ve *Odysseia* da olmazdı. DNA kalıcıdır.

İşte bu nedenle bazı virüsler hücreleri enfekte ettikten sonra RNA'yı DNA'ya çevirirler: DNA daha sağlam, daha dayanıklıdır. Bu *retro*virüsler (DNA → RNA → protein dogmasını tersine işlettikleri için bu adı almışlardır) bir kez kendilerini hücrenin DNA'sına dokuduklarında, ikisi de yaşadığı sürece, hücre sadakatle virüs genlerini kopyalayacaktır.

Viral DNA'nın keşfi, Rous'ın zavallı tavuklarının durumunu açıklıyordu. Enjeksiyondan sonra virüsler hücrelerarası sıvının içinden geçip kas hücrelerine giriyorlardı. Sonra da tavuk DNA'sına yakınlaşıyor ve her enfekte kas hücresini kendilerinin mümkün olduğu kadar çok kopyasını çıkarmaya yöneltiyorlardı. Sonuç olarak ortaya çıktı ki, –kilit noktası burasıydı– virüslerin deli gibi çoğalmak için kullandığı önemli stratejilerden biri, viral DNA barındıran hücreleri de çılgınca yayılmaya ikna etmekti. Virüsler bunu, hücrelerin hızla bölünmesini engelleyen genetik düzenleyicileri bozarak yapıyordu. Sonuç denetimden çıkmış bir tümördü (ve pek çok ölü kuş). Bu tür bulaşıcı kanserlere sık rastlanmaz, çoğu kanser türü başka genetik sebeplere dayanır ama virüslerin taşıdığı kanserler pek çok hayvan için önemli bir tehlike oluşturur.

Hiç kuşkusuz bu yeni genetik işgal kuramı, doğru kabul edilen kuramlara aykırı düşüyordu. (Rous bile bazı yönlerinden kuşkulanıyordu.) Ama dönemin bilim insanları virüs ve diğer mikropların DNA'yı istila etme yeteneğini azımsamıştı. *Her yerde olmak* tanımı-

nı derecelendiremezsiniz; bir şey ya her yerdedir ya değildir. Ancak mikroskobik boyutta incelendiğinde mikroplar o kadar tam ve kesin olarak her yerdedir ki insan hayret eder. Bu küçük adamlar bilinen her canlıda koloni kurmuş, her ekolojik oyuğu doldurmuştur; örneğin insanların içinde sahip oldukları hücre sayısından on kat daha fazla mikroorganizma ziyafet çeker. Hatta yalnızca başka parazitleri (virüsler kadar küçüktürler) enfekte eden bir virüs çeşidi[37] bile vardır. Kalıcı olabilmek için bu mikropların çoğu DNA'yı istila eder ve çoğu zaman vücutlarımızın savunma sistemini atlatmak için DNA'larını değiştirme ve maskeleme konusunda oldukça hızlı davranırlar. (Bir biyoloğun hesaplamalarına göre yalnızca HIV virüsünün, geçtiğimiz onyılda genlerinde yaptığı A, C, G ve T değiş tokuşunun sayısı primatların elli milyon yılda yaptığından daha fazladır.)

Ancak İnsan Genom Projesi 2000'lerde tamamlanana kadar, biyologlar mikropların daha üst basamaktaki hayvanlara bile ne kadar geniş ölçüde sızabileceğini kavrayamadı. Projenin isminin *İnsan* Genom Projesi olması bile hatalıydı, çünkü genomumuzun yüzde sekizinin insana ait olmadığı ve baz çiftlerimizin çeyrek milyarının eski virüs genleri olduğu ortaya çıktı. İnsan genleri aslında toplam DNA'mızın yalnızca yüzde ikisini oluşturuyordu, bu da insan olduğumuzdan dört kat fazla virüs olduğumuz anlamına geliyordu. Viral DNA araştırmalarının öncülerinden biri olan Robin Weiss bu evrimsel ilişkiyi basit terimlerle açıklıyordu: "Charles Darwin bugün hayatta olsaydı, insanların maymunlar ve virüslerden geldiğini öğrenmek onu şaşırtabilirdi."

37- Parazitlerle beslenen parazitler fikri aklıma hep Jonathan Swift'in müthiş küçük şiirini getirir:

Doğacılar görür bir pire
üzerinde beslenen daha küçük pire
daha küçükleri ısıran daha küçük pire
ve böyle gider ebediye.

Bana göre Augustus De Morgan adında bir matematikçinin bu konuda yazdığı Swift'i bile geride bırakır:

Büyük pirelerin küçük pireleri vardır onları ısıran
Küçük pirelerin daha küçükleri ve böyle gider ebediye
Büyük pirelerin daha büyük pireleriyle devam eder
Bunların da daha büyükleri ve daha daha büyükleri vesaire.

Bu nasıl mümkün olabilir? Bir virüsün bakış açısıyla hayvan DNA'sını kolonileştirmek mantıklıdır. Bütün sinsilikleri ve ikiyüzlülüklerine rağmen kanser ya da AIDS gibi hastalıklara yol açan retrovirüsler bir açıdan oldukça aptaldır: Konaklarını çok hızlı öldürüp onlarla birlikte ölürler. Ama bütün virüsler konaklarını mikroskobik çekirgeler gibi yiyip bitirmez. Bu kadar hırslı olmayan virüsler çok fazla şey bozmamayı öğrenirler ve biraz itidal göstererek, onyıllar boyunca kendilerini sessiz sedasız kopyalaması için bir hücreyi kandırabilirler. Daha da iyisi, eğer virüsler sperm ya da yumurta hücrelerine sızabilirse, virüs genlerini yeni kuşağa geçirmesi için konaklarını ikna edebilirler. Bu da virüsün, konağının soyunda süresiz olarak "yaşamasına" olanak sağlar. (Koalalarda buna benzer bir durum olduğu biliniyor, bilim insanları koala spermi aracılığıyla yayılan bir DNA retrovirüsü buldular.) Bu virüslerin çok sayıda hayvanda bu kadar çok DNA'yı bozması, bu sızıntının ürkütücü boyutlarda ve her zaman gerçekleştiğini gösterir.

İnsan DNA'sına yerleşen nesli tükenmiş retrovirüs genlerinin büyük çoğunluğu birkaç ölümcül mutasyon biriktirmiştir ve artık işlevleri yoktur. Ancak bu genler hücrelerimizde zarar görmeden durarak orijinal virüsü inceleyebileceğimiz kadar ayrıntı sağlar. Hatta 2006 yılında Fransa'da Thierry Heidmann adında bir virolog, nesli tükenmiş bir virüsü diriltmek için insan DNA'sını kullanmış ve petri kabında bir *Jurassic Park* oluşturmuştu. Bunun insanı ürkütücek kadar kolay bir iş olduğu ortaya çıktı. Bazı eski virüslerden oluşan dizilere insan genomunda birçok kez rastlanır. (Kopyaların sayısı düzineleri ya da on binleri bulabilir.) Ama ölümcül mutasyonlar her kopyada gelişigüzel biçimde farklı noktalarda belirir. Bu nedenle Heidmann çok sayıda diziyi birbiriyle karşılaştırmış, her noktada en sık görülen DNA harfini sayarak orijinal sağlıklı dizinin nasıl olması gerektiğini çıkarabilmişti. Heidmann virüsün tehlikesiz olduğunu söylemişti, ama onu tekrar oluşturup kedi, hamster ve insan gibi çeşitli memeli hücrelerine enjekte ettiğinde virüs hepsini enfekte etti.

Bu teknoloji karşısında ellerini ovuşturmak (bütün eski virüsler

tehlikesiz değildir) ya da yanlış ellere düştüğünde bir felaket yaratacağını varsaymak yerine, Heidmann bu diriltmeyi bilimsel bir zafer olarak kutladı. Virüsüne kendi küllerinden doğan mitolojik kuşun *Phoenix* [Anka] adını verdi. Başka bilim insanları Heidmann'ın araştırmasını başka virüslerle tekrarladı ve ortaya paleoviroloji adında yeni bir bilim dalı çıktı. Yumuşak ve küçük virüsler geriye paleontologların araştırdığı türden kaya fosilleri bırakmazlar ama paleovirologların kullandığı fosil DNA da en az bu kaya fosilleri kadar bilgilendiricidir.

Yakından incelendiğinde bu fosil kayıtları genomumuzun yüzde sekizinden bile daha fazlasının virüslere ait olduğunu gösterir. Bilim insanları 2009 yılında insanlarda, toynaklı hayvanları eski çağlardan beri enfekte eden borna virüsüne ait dört DNA dizisi buldu. (1886'da Almanya'nın Borna şehrinde, bir süvari birliğindeki atlar arasında yayılan son derece kırıcı bir salgından sonra virüse borna adı verilmişti. Bazı ordu atları delirerek kendi kafatasların parçalamıştı.) Birkaç başıboş borna virüsü kırk milyon yıl önce maymun atalarımıza sıçrayıp onların DNA'larına sığınmıştı. O zamandan bu yana kendini göstermeden ve şüphe çekmeden gizlenmişti çünkü borna virüsü bir retrovirüs değildi. Bilim insanları onun RNA'yı DNA'ya çevirecek ve bu sırada kendini de bir yere ekleyebilecek moleküler mekanizmaya sahip olmadığını düşünüyordu. Ama laboratuvar testleri borna virüsünün gerçekten de otuz gün kadar kısa bir süre içinde kendini insan DNA'sına dokuyabileceğini kanıtlıyor. Retrovirüslerden aldığımız dilsiz DNA'ların aksine bornaya ait dört DNA dizisinin ikisi gerçek genler gibi çalışır.

Bilim insanları bu genlerin ne iş yaptığını saptayamamıştır; bağışıklık sistemimizi güçlendirerek hepimizin yaşamak için ihtiyacı olan proteinleri de üretiyor olabilirler. Öldürücü olmayan bir virüsün DNA'mızı işgal etmesine izin vermek, potansiyel olarak daha tehlikeli virüsleri engelliyor olabilir. Daha da önemlisi hücreler başka enfeksiyonlarla savaşmak için iyi huylu virüslerin proteinlerinden yararlanabilirler. Bu aslında basit bir stratejidir: Kumarhaneler

kağıt sayanları, bilgisayar güvenlik şirketleri *hacker*ları işe alır; virüslerle savaşıp onları etkisiz hale getirmeyi de ıslah olmuş bir mikroptan daha iyi kimse bilemez. Genom araştırması virüslerin bize önemli düzenleyici DNA'ları da verdiğini ortaya koyar. Örneğin sindirim borumuzda bulunan ve nişastayı basit şeker olarak parçalayan enzimlere uzun zamandır sahiptik. Ama virüsler sayesinde aynı enzimleri tükürüğümüzde de kullanmak için şalterler edindik. Bu yüzden nişastalı yiyecekler ağzımızda tatlı tadı bırakır. Bu şalterler olmasa ekmek, makarna ve tahıl yeme isteği duymazdık.

Bu örnekler yalnızca başlangıç da olabilir. İnsan DNA'sının yarısı, Barbara McClintock tarzı hareketli öğeler ve sıçrayan genlerden oluşur. Tek başına bir transpozon, üç yüz baz uzunluğundaki *alu*, insan kromozomlarında milyon kez ortaya çıkar ve genomun tam yüzde onunu oluşturur. Bu DNA'nın kendisini bir kromozomdan ayırıp yavaşça diğerine gitmesi ve bir kene edasıyla buraya yerleşme becerisi de tam anlamıyla bir virüsü andırır. Bilime duygularınızı katmamanız gerekir, ama yüzde sekizimizin (ya da daha fazlamızın) fosilleşmiş virüs olmasının bu kadar büyüleyici görünmesinin bir nedeni de, bu durumun aslında son derece tüyler ürpertici olmasıdır. Hastalık ve kirliliğe karşı doğuştan tiksinti duyarız ve istilacı mikropları yakın bir parçamız olarak değil, uzak durulması ya da kovulması gereken şeyler olarak görürüz, ama virüsler ve virüsümsü parçacıklar hayvan DNA'sını ezelden beri kurcalıyor. İnsanda borna virüsü genlerinin izini süren bir bilim insanı, tekilliğin altını çizerek şöyle der: "Kendimizi tek bir türden ibaret gibi görmemiz, aslında küçük yanlış bir anlamadan kaynaklanıyor."

Bundan kötüsü de var. Her yerde olmaları nedeniyle mikroplar –yalnızca virüsler değil, bakteri ve protozoa [tek hücreliler]– ister istemez hayvan evrimini yönlendirir. Mikroplar hastalık yoluyla bazı canlıları öldürerek popülasyonu biçimlendirebilir ama bu, yapabileceklerinin yalnızca bir kısmıdır. Virüsler, bakteriler ve protozoa arada sırada hayvanlara yeni genler, bedenlerimizin çalışmasını değiştirebilen genler de bırakabilir. Hayvan zihinlerini de değişti-

rebilir. Entrikacı mikroplardan biri hiç fark edilmeksizin çok sayıda hayvanı sömürgeleştirmekle kalmamış, hayvanlardan DNA da çalmıştır; hatta o DNA'yı kendi amaçları doğrultusunda beynimizi yıkamak için bile kullanabilir.

Bazen ancak tecrübeyle akıllanırsınız. "Yüz kediyi gözünüzün önüne getirebilirsiniz," demişti Jack Wright bir zamanlar. "Ama daha fazlası olmaz. İki yüz, beş yüz, hepsi aynı görünür." Bu yalnızca bir tahmin değildi; Jack bunu biliyordu, çünkü bir zamanlar o ve karısı Donna 689 kediye sahip oldukları için Guinness rekorlar kitabına girmişti.

Her şey Midnight ile başlamıştı. 1970'li yıllarda Ontario'da boyacılık yapan Jake, garsonluk yapan Donna Belwa'ya aşık oldu ve Donna'nın uzun tüylü siyah kedisiyle birlikte aynı evde yaşamaya başladı. Midnight bir gün bahçede küçük bir yaramazlık yapıp gebe kaldı, Wrightlar'ın yavruları dağıtmaya gönlü elvermedi. Daha fazla kedinin olması evi de neşelendiriyordu; kısa bir süre sonra, semtlerindeki barınakta bulunan başıboş kedileri de uyutulmaktan kurtarmak için sahiplenmek istediler. Üç, beş, yedi derken insanlar buldukları başıboş kedileri de onlara bırakmaya başladı ve evleri semt çevresinde "Kedi Geçidi" olarak bilinir oldu. *National Enquirer* 1980'lerde en çok kediyi kimin beslediğini belirlemek için bir yarışma düzenlediğinde Wrightlar 145 kediyle birinci oldu. Ardından *The Phil Donahue Show*'a çıktılar ve sonrasında "bağışlar" iyice arttı. Wrightlar'ın piknik masasına kedi yavruları bağlayıp uzaklaşanlar, uçakla onlara kedi yollayıp kargo parasını Wrightlar'a ödetenler bile oldu. Ama Wrightlar, sayıları 700'e ulaştığında bile hiçbir kediyi geri çevirmedi.

Söylentileri göre yılda 111.000 dolar harcıyorlardı, bu harcamalara tek tek paketlenmiş yılbaşı hediyeleri de dahildi. Jack'in boyacılık kariyerini idare etmek için evden çalışan Donna, her gün sabah beş-

te kalkıyor, sonraki on beş saati kirlenmiş kedi yataklarını yıkayarak, kum kutularını boşaltarak, ilaçlarını içirerek ve kedi kaplarına buz ekleyerek (bu kadar çok kedinin dilinin sürtünmesi suyu içilemeyecek kadar ısıtıyordu) geçiriyordu. Ama en önemlisi de günlerini beslemek, beslemek ve yine beslemekle geçiriyordu. Wrightlar her gün yüz seksen kutu kedi maması açıyordu, daha müşkülpesent kediler için aldıkları domuz eti, jambon ve bonfileleri muhafaza etmek için-se üç buzdolabı daha almışlardı. Hatta ikinci bir ipoteğe girip bungalovlarını temiz tutmak için duvarları muşamba kaplatmışlardı.

Jack ve Donna nihayet biraz gerçekçi davranarak 1990'ların sonlarında Kedi Geçidi'nin nüfusunu 359'a kadar indirdiler. Bu sayı neredeyse anında tekrar yükseldi çünkü daha aşağı inmesine dayanamıyorlardı. Hatta satır aralarını okursanız Wrightlar'ın kedi beslemeye neredeyse bağımlı olduklarını fark edersiniz, çünkü bağımlılık aynı şeyden hem güçlü bir haz alıp hem de kaygı duyulan ilginç bir durumdur. Kedileri sevdikleri açıktı. Jack kedi "ailesini" gazetecilerle yaptığı görüşmelerde savunmuştu; her kediye ayrı ayrı isim vermişlerdi,[38] gardırobundan çıkmayan birkaç kediye bile. Ama aynı zamanda Donna kedilere kölelik etmekten duyduğu sıkıntıyı saklayamıyordu. "Orada ne yemek zor biliyor musunuz" diye şikayet etmişti bir keresinde. "Kentucky Fried Chicken [KFC]. Ne zaman tavuk yesem tabağı çenemin altına yapıştırarak evin içinde dolaşmak zorunda kalıyorum." (Hem kedileri uzak tutmak hem de butlara kedi kılı yapışmasını önlemek için.) Daha da üzücüsü, Donna'nın "Bazen biraz depresif oluyorum," itirafıydı. "Bazen Jack'ten biraz para isteyip dışarda bir iki bira içiyorum. Birkaç saatliğine oturuyorum, çok güzel. Huzurlu... Hiçbir yerde kedi yok." Bu kabullenme anlarına ve giderek üzüntülerine rağmen[39] Donna ve Jack gözlerinin önündeki

38- Bir örnek: Stinky, Blindy, Sam, Pain-in-the-ass, Fat Fuck, Pinky, Tom, Muffin, Tortoise, Stray, Pumpkin, Yankee, Yappy, Boots the First, Boots the second, Boots the Third, Tigger ve Whisky.

39- Yılda 111.000 dolara ek olarak beklenmedik masraflar da çıkıyordu. Örneğin bir hayvan hakları savunucusu, mümkün olduğu kadar çok kediyi serbest bırakmak için çitte koca bir delik açmıştı. O kadar çok kedi vardı ki bir düzinenin kaçtığını ancak bir rahibe kapılarını çalıp çatılara tırmanan kedilerin onlara ait olup olmadığını sorduğunda fark etmişlerdi. Şey, evet bizim...

çözümü uygulayıp da kedilerden kurtulmuyordu.

Wrightlar'a haksızlık etmemek gerek. Diğer istifçilerin evlerindeki tarihöncesi pislikle karşılaştırılınca, Donna'nın sürekli temizlik yapması evlerini yaşanılır kılıyordu. Hayvan sağlığı müfettişlerinin en tuhaf yerlerde, hatta evin duvarları içinde bile kedilerin muhtemelen kaçmak için kazdıkları deliklerde çürüyen leşlerini bulması görülmemiş bir olay değildi. Kedi idrarını emen duvarların ve zeminin çürüyerek yapısal hasar alması da sıra dışı değildi. En çarpıcısı da, bağımlılığın klasik belirtisini gösteren istifçilerin işlerin kontrolden çıktığını inkar etmesiydi.

Bilim insanları bağımlılığın altında yatan kimyasal ve genetik temelleri yeni yeni ortaya çıkarmaya başladı. Ancak kedi istifçilerinin kısmen *Toxoplasa gondii* isimli bir tür parazite bağımlı oldukları için sürülerini bırakmadığını gösteren kanıtlar giderek artıyor. Tek hücreli bir protozoa olan Toxo, algler ve amiplerle akrabadır. Sekiz bin geni vardır. Köken olarak bir kedigil patojeni olsa da Toxo zaman içinde portföyünü çeşitlendirmiştir; artık maymunları, yarasaları, balinaları, filleri, yer domuzlarını, karıncayiyenleri, tembel hayvanları, armadilloları, keselileri ve tavukları da enfekte edebilir.

Yabani yarasalar, yer domuzları vb. Toxo'yu, enfekte olmuş av ya da dışkıdan, evcil hayvanlarsa dolaylı yoldan, gübrelerde bulunan dışkıdan alırlar. İnsanlara gıda yoluyla Toxo bulaşabilir; kedi sahipleriyse kedi kumunu elledikleri̇nde deri yoluyla Toxo kapabilir. Genel olarak dünyadaki insanların üçte biri dolaylı yoldan enfekte olur. Toxo, memelileri istila ettiğinde genellikle doğrudan beyne gider ve burada küçük kistler oluşturur, özellikle de amigdalada (memelilerin beynindeki badem biçimli, haz ve kaygı gibi duyguların denetimini yöneten bölge). Bilim insanları nedenini bilmese de, amigdala kistleri tepki vermeyi yavaşlatabilir, insanlarda kıskançlık ya da saldırganlık davranışlarını tetikleyebilir. Toxo insanların koku duyusunu da değiştirebilir. Kedi besleyenlerin bazıları (Toxo'ya en açık olanlar) kedi idrarının keskin kokusundan etkilenmez, kokusunu almazlar. Söylenenlere göre az sayıda istifçi, genellikle utanarak, bu

kokuyu almadıklarında yoksunluk çektiğini itiraf eder.

Toxo, kedilerin genel besini olan kemirgen hayvanlara daha da garip şeyler yapar. Yüzlerce kuşak boyunca laboratuvarda yetiştirilen, hayatları boyunca hiçbir avcıyla karşılaşmamış olan kemirgenler bile kedi idrarı kokusunu aldıklarında korkuyla titreyip bulabildikleri en yakın deliğe girmeye çalışırlar. Bu, içgüdüsel olarak beyinlerine yerleşmiş bir korkudur. Toxo'ya maruz kalan farelerse tam tersi yönde tepki gösterirler. Başka avcıların kokularından yine korkarlar; bunun dışında uyur, çiftleşir, labirentte dolaşıp kaliteli peynirleri kemirir ve diğer her şeyi normal bir biçimde yaparlar. Ama bu fareler, özellikle de erkek olanları, kedi idrarını sever. Hatta sevmekten de öte; kedi idrarının kokusunu alır almaz amigdalaları kızışmış dişiyle karşılaşmışçasına zonklamaya başlar ve testisleri şişer. Kedi idrarı onları tahrik eder.

Toxo, kendi cinsel hayatını zenginleştirmek için farelerin arzularıyla bu şekilde oynar. Kemirgenin beyninde yaşarken, Toxo çoğu mikrobun ürediği yöntemle, yani ikiye bölünüp kendini klonlayarak çoğalır. Tembel hayvanda, insanlarda ve başka türlerde de bu şekilde çoğalır. Ancak çoğu mikrobun aksine Toxo cinsel ilişki yoluyla da çoğalabilir; ama bunu yalnızca kedilerin bağırsaklarında yapabilir. Bu kendine özgü garip bir fetiştir ama durum budur. Çoğu organizma gibi Toxo da çiftleşmek ister, bu nedenle genlerini klonlama yoluyla kaç kez aktarırsa aktarsın her zaman erotik kedi bağırsaklarına ulaşma planları yapar. İdrar bu fırsatı yaratır. Farelerin kedi idrarına ilgi duymasını sağlayan Toxo onları kedilere yöneltebilir. Elbette kediler de buna dünden razıdır; farenin üzerine atlar ve fare lokması Toxo'nun baştan beri gitmek istediği yeri, yani kedinin sindirim sistemini boylar. Bilim insanları Toxo'nun yavru kedilerden kaplanlara dek, irili ufaklı her kedigile av olabilecek diğer memelilerde de bu numarayı yapabildiğinden kuşkulanır.

Kulağa zekice gelen ama gerçek kanıtları olmayan spekülatif bir hikaye gibi gelebilir bu. Tek bir şey hariç. Bilim insanları Toxo'nun sekiz bin geninden ikisinin dopamin adında bir kimyasalın yapımı-

na yardım ettiğini keşfettiler. Beyin kimyası hakkında bir şeyler biliyorsanız, muhtemelen şu anda oturduğunuz yerde doğrulmuş olmalısınız. Dopamin beynin ödül devrelerini harekete geçirmeye yardım eder, bizi iyi duygularla doldurur ve kafamız güzelleşir. Kokain, ekstazi ve diğer uyuşturucular da dopamin seviyeleriyle oynayarak yapay mutluluk hissi verir. Toxo'nun dağarcığında, bu alışkanlık yapıcı güçlü kimyasalın geninden iki tane bulunur ve enfekte olmuş bir beyin ne zaman (bilinçli ya da bilinçsiz olarak) kedi idrarının kokusunu alsa, Toxo dopamin pompalamaya başlar. Sonuç olarak Toxo memeli davranışlarını etkileme gücüne sahiptir ve bu dopamin tuzağı, kedi istifçiliğinin altında yatan mantıklı bir biyolojik gerekçe olabilir.[40]

Hayvanları kendi çıkarları doğrultusunda kullanan tek parazit Toxo değildir. Toxo'ya benzeyen başka bir mikroskobik solucan da kuşların bağırsaklarında gezinmeyi tercih eder ama çoğu zaman kuş pislikleriyle birlikte dışarı atılır. Dışarı atılan solucan karıncalara sokulur, onları kiraz kırmızısına dönüştürüp Violet Beauregarde[41] gibi şişirir ve kuşların bu karıncaları leziz böğürtlenler sanmasını sağlar. Marangoz karıncalar da kendilerini beyinsiz zombilere dönüştüren yağmur ormanı mantarına kurban gider; mantar, karıncanın beynini ele geçirdikten sonra, onu yaprak altları gibi nemli yerlere yönlendirir. Zombileşmiş karınca yaprağı ısırdığında çenesi kilitlenir. Mantar, karıncanın iç organlarını şekerli ve yapışkan bir besine dönüştürür ve karıncanın beyninden fışkırttığı bir sap aracılığıyla da daha çok karıncaya bulaşması için sporlarını gönderir. Bir de Herod böceği denen, yaban arılarını, sinekleri ve sivrisinek-

40- Adil olmak adına belirtmek gerekir ki, bilim insanları henüz beyindeki Toxo seviyesi ve istifçilik arasındaki bağlantıyla ilgili kontrollü araştırmalar yapmadı. Bu nedenle Toxo, dopamin, kediler ve istifçilik arasındaki bağ boşa da çıkabilir. Aynı zamanda Toxo istifçi davranışının her boyutunu açıklayamaz çünkü insanlar köpek de biriktirir.

Ancak hayvan istifçilerinin çoğu kedicidir, Toxo araştırmalarını yapan bilim insanları bu bağı mantıklı bulduklarını açıkça ifade etmişlerdir. Toxo'nun kemirgen ve diğer canlıların yerleşik davranışlarını nasıl değiştirdiğine dair bolca kanıt görmüşlerdir. Etkisinin ne kadar güçlü olduğu önemsizdir, Toxo yine de beyninize dopamin sızdırır.

41- Charlie'nin Çikolata Fabrikası'ndaki bir karakter – çn

leri, güveleri ve kınkanatlı böcekleri enfekte eden *Wolbachia* bakterisi vardır. *Wolbachia* yalnızca dişi böceklerin yumurtalarında üreyebilir; bu nedenle genetik olarak üretilen toksinler salarak -Kutsal Kitap'taki Herod'un yaptığı gibi- erkekleri toptan öldürür. (Bazı şanslı böceklerde *Wolbachia* merhamet gösterir, yalnızca cinsiyeti belirleyen genlerle oynar ve erkek larvaları dişiye çevirir; bu durumda ona Tiresias böceği demek daha uygun olabilir.) Börtü böcek dışında, laboratuvarda değiştirilmiş bir virüs de çok eşli erkek tarla farelerini –bir bilim insanının deyimiyle, dişilere karşı genellikle "şarkısında da geçtiği gibi sev ve terk et" tutumu sergileyen kemirgenlerdi bunlar– sadık ev erkeklerine dönüştürebilir. Bunun için de beyin kimyasını düzenleyen bir gene, tekrarlayıp duran DNA "tekerlemeleri" enjekte etmek yeterlidir. Virüse maruz kalmak tarla farelerini daha zeki hale getirmiş bile olabilir. Yakınındaki her dişiyle çiftleşmek yerine, çiftleşmeyi tek bir bireyle ilişkilendirmeye başlayan erkekler, daha önceden sahip olmadıkları "bağlantılı öğrenme" özelliğini kazandılar.

Tarla faresi ve Toxo örnekleri bizim gibi özerklik ve zekaya değer veren türler için biraz tedirgin edici olabilir; DNA'mızda virüs genlerinden gelen kalıntılar bulmak bir şey, mikropların duyularımızı ve zihinsel yaşamımızı yönlendirebildiğini itiraf etmekse bambaşka bir şeydir. Ama Toxo bizi yönlendirebilir. Bir şekilde, memelilerle eşzamanlı olarak evrilmesi sırasında Toxo dopamin üretimini sağlayan geni çalmış; bu gen o zamandan beri hem kedilerin çevresinde duyulan zevki artırarak hem de kedilere karşı hissedilebilecek herhangi bir doğal korkuyu sindirerek, hayvan davranışını etkilemede oldukça başarılı olmuştur. Toxo'nun beyinde kedilerle ilişkili olmayan başka korku sinyallerini değiştirebileceği ve bu dürtüleri hazza çevirebileceği yönünde de sistematik olmayan kanıtlar bulunur. Bazı acil servis doktorları, motosiklet kazası geçirenlerin beyinlerinde çok fazla sayıda Toxo kisti olduğunu bildirmiştir. Bunlar otoyollarda fazla hız yapan ve virajları olabildiğince hızlı alan saldırgan şoförlerdir. Tesadüf bu ya, beyinleri de Toxo kistleriyle doludur.

Toxo'nun korku, çekicilik ve bağımlılık arasındaki bağlantılar ve duyguların biyolojisiyle ilgili açığa çıkardıklarından heyecan duyan ama aynı zamanda da ürken bilim insanlarına itiraz etmek zordur. Stanford Üniversitesi'nden Toxo üzerine incelemeler yapan bir nörobilimci şöyle diyor: "Bazı açılardan bakıldığında biraz korkutucu. Korkunun özümüze ait ve doğal bir şey olduğunu düşünürüz. Ama bir şey, yalnızca korkuyu ortadan kaldırmakla kalmıyor, korkulan nesneyi çekici ve değerli bir şeye dönüştürüyor. Çekicilik en kötü düşmanımızı arzulayacağımız şekilde kullanılabilir." Bu nedenle Toxo, Makyavelci mikrop unvanını hak eder. Yalnızca bizi manipüle etmekle kalmaz, kötü olan şeyleri de iyi gibi gösterebilir.

Peyton Rous'ın hayatı, mutlu ama karışık bir biçimde son buldu. I. Dünya Savaşı sırasında jelatin ve şeker kullanıp alyuvarları bir tür kan jölesi haline getirerek saklamanın yöntemini geliştirdi ve böylece ilk kan bankalarından birini kurdu. Rous tavuklar üzerindeki ilk çalışmalarını, bir başka garip ve bulaşıcı tümörü, bir zamanlar Amerika Birleşik Devletleri'ndeki pamuk kuyruk tavşanları arasında salgın haline gelen dev papillomları (siğil) inceleyerek destekledi. Bilimsel bir derginin editörlüğünü yapan Rous, genleri DNA'ya bağlayan ilk çalışmayı yayımlama onurunu da elde etti.

Bu ve diğer çalışmalarına rağmen, Rous genetikçilerin fazla aceleci davrandıklarından kuşkulanmaya başladı ve diğer bilim insanlarının kurmaya heveslendiği bağlantıları kurmayı reddetti. Örneğin genlerle DNA'yı ilişkilendiren bir makaleyi yayımlamadan önce, makalenin yazarından DNA'nın hücreler için amino asitler kadar önemli olduğunu ima eden bir cümleyi silmesini istedi. Gerçekten de Rous virüslerin genetik materyallerini enjekte ederek kansere yol açtığını, hatta DNA mutasyonlarının kansere neden olduğunu bile reddedecek noktaya geldi. Rous virüslerin başka yollarla, muhtemelen toksin salarak kanseri ilerlettiğine inanıyordu; hatta nedendir

bilinmez, mikropların hayvan genetiğini, kendi çalışmasının ima ettiği kadar etkileyebileceğini bir türlü kabullenemiyordu.

Yine de Rous virüslerin bir şekilde tümöre yol açtığı inancından vazgeçmedi. Diğer bilim insanları bulaşıcı tavuk kanseriyle ilgili ayrıntıları ortaya çıkarırken onun ilk çalışmalarının netliğini daha da takdir ettiler. Bazı çevreler hâlâ ona saygı duymakta isteksizdi ve Rous küçük damadının 1963'te Nobel Tıp ödülünü kazanmasına da katlanmak zorunda kaldı. Ama 1966'da Nobel komitesi nihayet Francis Rous'a kendi ödülünü vererek onun haklılığını kanıtladı. Rous'ın önemli makaleleriyle Nobel alması arasında geçen kırk beş yıllık süre, ödülün tarihindeki en uzun zaman aralığı. Rous bunun keyfini yalnızca dört yıl sürebilmiş ve 1970'te hayata veda etmişti; ancak bu muhtemelen en tatmin edici Nobel ödüllerinden biriydi. Ölümünden sonra da Rous'ın neye inanıp neyi reddettiği o kadar da önemli olmadı, mikropların yaşamı nasıl yeniden programladığını keşfetmeye hevesli genç mikrobiyologlar onu idolleştirdiler; bugünün ders kitapları onun çalışmasından, önce suçlanıp daha sonra DNA kanıtıyla aklanan bir görüşün klasik örneği olarak söz eder.

Kedi Geçidi'nin hikayesi de karmaşık bir biçimde son buldu. Faturalar yığıldıkça Wrightlar evlerini kaybetme noktasına geldi. Onları kurtaran tek şey kediseverlerin bağışlarıydı. Bu sırada gazeteciler Jack'in geçmişini deşmeye başladılar; haberlere göre bir zamanlar bir striptizciyi boğduğu için cinayetten hüküm giymişti, bu yüzden yalnızca masum bir hayvansever olduğu söylenemezdi. (Kadının bedeni bir çatıda bulunmuştu.) Bu krizler atlatıldıktan sonra bile Jack ve Donna'nın günlük sorunları devam etti. Bir ziyaretçi, "Ne tatile çıkıyorlar ne de yeni giysi, mobilya ya da perde alıyorlar," diyordu. Geceleri tuvalete gitmek için kalksalar bir düzine kedi amipler gibi yayılıp yataklarındaki sıcak boşluğu dolduruyor ve onlara yatacak yer bırakmıyordu. "Bazen delireceğinizi sanıyorsunuz," diye itiraf etmişti Donna bir keresinde. "Kaçamıyoruz... yazın neredeyse her gün ağlıyorum." Bu rezilliğe daha fazla dayanamayan Donna evden taşındı. Ama kedilerinden uzaklaşamadı; Jack'in kedilerle başa

çıkmasına yardım etmek için her sabah eve uğruyordu.[42]

Toxo'ya maruz kalıp enfekte oldukları neredeyse kesin olsa da, Toxo'nun Jack ve Donna'nın hayatını ne ölçüde altüst ettiğini kimse bilmiyor. Ama enfekte olmuş olsalar bile, hatta nörologlar onların Toxo tarafından yoğun biçimde manipüle edildiğini kanıtlayabilse bile hayvanları bu kadar çok sevdiği için birini kınamak zordur. Çok daha geniş bir perspektiften bakılarak Lynn Margulis'in DNA'mızı karıştırma görüşü bağlamında düşünülürse, istifçilerin davranış biçimi daha büyük bir evrimsel yarar sağlıyor olabilir. Toxo ve diğer mikroplarla gerçekleştirdiğimiz etkileşimlerin evrimimizi birçok aşamada belki de ciddi anlamda yönlendirdiği kesin. Retrovirüsler genomumuzu dalga dalga kolonileştirdi; birkaç bilim insanı da bu dalgaların ortaya çıkışının, memelilerin gelişmeye başlamasından ve insansı primatların oluşmasından hemen önce gerçekleşmesinin tesadüf olmadığını öne sürer. Bu bulgu, Darwin'in yeni türlerin kökenini konusunda düştüğü açmazın mikroplar sayesinde açıklanabileceğini iddia eden yeni bir kuramla uyumluluk gösterir. Türler arasındaki geleneksel sınır çizgilerini belirleyen şeylerden biri de eşeyli üremedir: İki popülasyon birbirleriyle çiftleşip yaşayabilen çocuklar meydana getiremezse, farklı türler oldukları anlaşılır. Üreme bariyerleri genellikle ya mekaniktir (hayvanlar birbirine "uymaz") ya da biyokimyasaldır (yaşayabilir embriyolar oluşmaz). Ama *Wolbachia*'yla (Herod-Tiresias böceği) yapılan bir deneyde, bilim insanları vahşi hayatta sağlıklı embriyo üretemeyen, enfekte olmuş iki yaban arısı popülasyonunu alarak onlara antibiyotik verdi. Bu, *Wolbachia*'yı öldürdü ve aniden yaban arılarının üremesine olanak sağladı. Onları birbirinden uzaklaştıran tek şey *Wolbachia*'ydı.

42- Jack ve Donna yaşamları ve mücadeleleriyle ilgili pek çok röportaj verdi. Birkaç kaynak arasında: *Cats I Have Known and Loved*, Pierre Berton; "No Room to swing a Cat!," Philip Smith, *The People*, 30 Haziran 1996; "Couple's Cat Colony Makes Record Books — and Lots of Work!," Peter Cheney, *Toronto Star*, 17 Ocak 1992; *Current Science*, 31 Ağustos 2001; "Kitty Fund," *Kitchener-Waterloo Record*, 10 Ocak, 1994; "$10,000 averts Ruin for Owners of 633 Cats," Kellie Hudson, *Toronto Star*, 16 Ocak 1992; and *Scorned and Beloved: Dead of Winter Meetings with Canadian Eccentrics*, Bill Richardson.

Bu sırada birkaç bilim insanı, HIV'nin gerçek anlamda salgın seviyesine gelerek dünyadaki insanların çoğunu yok etmesi halinde, HIV bağışıklığı olan küçük bir yüzdenin (böyle insanlar vardır) yeni bir insan türüne evrilebileceği tahmininde bulundu. Mesele yine dönüp dolaşıp cinsel bariyerlere takılır. Bu insanlar, bağışıklığı olmayan popülasyonla(çoğumuzun bağışıklığı yoktu) cinsel ilişkiye girse onların ölümüne yol açar. Bu birleşmeden doğabilecek çocuklar da büyük olasılıkla ölecektir. Bu bariyerler bir kez oluşunca, iki popülasyonu yavaşça da olsa, mutlaka birbirinden uzaklaştıracaktır. Daha da ilginci, bir retrovirüs olarak, HIV bir gün kendi DNA'sını bu insanlara kalıcı olacak biçimde aktarabilir ve diğer virüsler gibi genomla birleşebilir. Sonrasındaysa HIV genleri, bir zamanlar sebep olduğu yıkımdan haberi bile olmayan nesillerde sonsuza kadar kopyalanacaktır.

Elbette mikropların DNA'ya sızması tür-merkezci bir önyargı olabilir. Bazı bilim insanlarının belirttiği gibi, virüslerin haikuya benzeyen bir özelliği vardır; konaklarında olmayan bir genetik materyal yoğunluğuna sahiptirler. Virüslerin milyarlarca yıl önce DNA'yı (RNA'dan) yarattığına inanan bazı bilim insanları, onların günümüzde de çok sayıda yeni gen oluşturduğunu öne sürerler. Hatta insanlardaki borna virüsü DNA'sını bulan bilim insanları, borna virüsünün bu DNA'yı biz primatlara zorla sokmadığını, kromozomlarımızın bu DNA'yı *çaldığını* keşfetti. Hareketli DNA'mız yüzmeye başladığında çoğunlukla başka DNA parçalarını kapar ve onları da gittiği yere sürükler. Borna virüsü, yalnızca DNA'mızın da barındığı hücre çekirdeğinde çoğalır ve bu hareketli DNA, borna virüsünü büyük olasılıkla çok uzun zaman önce gasp edip onun DNA'sını kaçırdı ve yararlı olduğu anlaşılınca da yanında tuttu. Benzer şekilde, ben de Toxo'nun dopamin genini daha ileri memeli konaklarından çaldığını düşünüyorum. Tarihsel kanıtlar da bunun böyle olduğunu düşündürüyor. Ama Toxo da esasen hücre çekirdeğinde bulunur ve bu geni ondan çalanın biz olmadığımızı gösteren kuramsal bir kanıt yoktur.

Hangisinin daha aşağılayıcı olduğuna karar vermek zor: Mikropların savunmalarımızı alt edip tesadüfi bir biçimde, memelilere belirli evrimsel ilerlemeleri yapması için gereken karmaşık genetik araçları sağlaması mı, yoksa memelilerin küçük mikropları haraca bağlayıp onların genlerini çalması mı. Ama bazı durumlarda bunlar gerçekten de ilerleme sağlayan, insana dönüşmemize yardım eden sıçramalardı. Memeli plasentasını, yani doğum yaparak genç kalmamıza ve yavrularımızı beslememize olanak veren anneyle çocuk arasındaki ara birimi de muhtemelen virüsler yarattı. Ayrıca Toxo, dopamin üretmenin yanı sıra, insan nöronlarında bulunan yüzlerce genin etkinliğini artırıp azaltarak beynin işleyişini değiştirebilir. Borna virüsü de beyinde yaşar ve bazı bilim insanları onun, beyni oluşturan ve işlemesini sağlayan DNA'ya çeşitlilik kazandıran önemli bir kaynak olabileceğini savunur. Bu çeşitlilik evrimin hammaddesidir; borna virüsü gibi, muhtemelen cinsel ilişki yoluyla insandan insana geçen mikroplar herhangi bir insanın yararlı DNA alma şansını artırmış olabilir. Hatta bu tür ilerlemelerden sorumlu mikropların çoğu cinsel ilişki yoluyla aktarılmıştır. Yani mikroplar evrimi ilerletmekte bazı bilim insanlarının önerdiği kadar önemli bir rol oynuyorsa, CYBH'ler (cinsel yolla bulaşan hastalıklar) bir biçimde insan dehasından sorumlu olabilir. Maymunlardan geldik, öyle mi?

Virolog Luis Villarreal şöyle söylüyor (bu düşüncesi diğer mikroplar için de geçerlidir): "Virüsleri, özellikle de sessiz virüsü algılayamadığımız için, onların yaşamda oynadığı rolü sınırlı biçimde kavrayabiliyoruz. Ancak günümüz genomik çağında, onların her yere yayılmış ayak izlerini bütün canlıların genomlarında daha net görebiliyoruz." Böylelikle nihayet kedi istifçilerinin deli olmadığını ya da en azından sadece deli olmadığını anlayabiliriz. Onlar, hayvan ve mikrop DNA'sını karıştırdığınızda ne olacağı gösteren, büyüleyici ve hâlâ sonlanmamış öykünün bir parçasıdır.

8

Aşk ve Atavizm

Memelileri Memeli Yapan Hangi Genlerdir?

TOKYO VE ÇEVRESİNDE HER YIL BİNLERCE sıradan bebek doğar. Ancak Aralık 2005'te Mayumi adında bir kadın, kırk hafta beş günlük hamilelikten sonra Emiko adında bir kız bebek dünyaya getirdi. (Özel yaşamı korumak adına aile üyelerinin adını değiştirdim.) Mayumi yirmi sekiz yaşındaydı, kan tahlilleri ve ultrason görüntüleri hamileliği boyunca normaldi. Anne baba açısından ilk çocuk asla sıradan değildir tabii, ama bunu saymazsak doğum sırasında ve sonrasında her şey normaldi. Kadın hastalıkları ve doğum uzmanı, Emiko'nun ağzındaki sümüğü silip onu ilk kez ağlatırken, Mayumi ve bir benzin istasyonunda çalışan eşi Hideo elbette bütün o normal heyecan ve endişeyi hissetmişti. Hemşireler rutin testler için Emiko'dan kan aldılar ve yine her şey normale döndü. Emiko'yu plasentaya bağlayan göbek kordonunu klempe edip kestiler. Kalan küçük parça zamanla kurudu, karardı ve normal bir biçimde düşerek geride göbek deliğini bıraktı. Birkaç gün sonra Hideo ve Mayumi kollarında Emiko'yla birlikte, Chiba'daki (körfezde Tokyo'nun karşısındaki bir banliyö) hastaneden ayrıldılar. Her şey son derece normaldi.

Doğumdan otuz altı gün sonra Mayumi'nin vajinasında kanama başladı. Pek çok kadın doğumdan sonra vajinal kanama yaşar,

ancak üç gün sonra Mayumi'de yüksek ateş de oluştu. Yeni doğmuş Emiko'yla ilgilenmeleri de gerektiği için, ilk birkaç gün çift Mayumi'nin nöbetini evde atlatmayı denedi. Ancak bir hafta içinde kanama kontrol edilemez bir hale geldi ve aile hastaneye geri döndü. Yara bir türlü pıhtılaşmadığı için doktorlar Mayumi'nin kanında bir bozukluk olduğundan kuşkulandılar. Bir dizi kan tahlili isteyip sonuçları beklediler.

Haberler iyi değildi. Mayumi amansız bir kan kanserine –ALL (akut lenfoblastik lösemi)– yakalanmıştı. Çoğu kanser hatalı DNA'dan kaynaklanır; bir hücre A, C, G ya da T'lerden birini siler ya da yanlış kopyalar, sonra da onu bedene karşı kullanır, ama Mayumi'deki kanserin daha karmaşık kökenleri vardı. DNA'sı, (1960'ta keşfedildiği kentin adını alan) Philadelphia translokasyonuna uğramıştı. Translokasyon, *ikiz olmayan* iki kromozomun yanlışlıkla krosover yapıp DNA'larını değiştirmesine denir. Mutasyona bağlı yazım hataları herhangi bir türde ortaya çıkabilir, ancak bu hata özgün genetik özellikleri olan daha üst basamaktaki hayvanları hedef alır.

Protein yapan DNA'lar, yani genler, üst basamaktaki hayvanların toplam DNA'sının yüzde bir kadar küçük bir kısmını oluşturur. Morgan'ın sinek çocukları, genlerin kromozomlar üzerinde neredeyse birbirine çarptığını, Alaska'nın Aleut adaları gibi sık aralıklarla dizildiğini varsaymıştı. Ama aslında genler o kadar seyrektir ki, engin kromozom Pasifik'inde Mikronezya adaları gibi dağılmışlardır.

Peki bütün bu fazladan DNA ne yapar? Bilim insanları uzun süre boyunca bir işe yaramadığını düşünerek, "çöp DNA" adını verdikleri bu yapıları küçümsedi. Koydukları bu ad o zamandan beri kendileri için bir utanç kaynağı oldu. Çöp DNA dedikleri şey aslında genleri açıp kapayan ya da düzenleyen binlerce kritik bölüm içeriyordu. "Çöp", genleri yönetiyordu. Bir örnek vermek gerekirse, şempanze ve diğer primatların penislerinde tırnak sertliğinde kısa çıkıntılar (bunlara kılçık denir) bulunur. İnsanlarda küçük penis dikenleri yoktur, çünkü geçtiğimiz birkaç milyon yıl içinde bir nokta-

da, düzenleyici çöp DNA'nın altmış bin harfini kaybettik; yoksa bu DNA (hâlâ sahip olduğumuz) belirli genleri kılçık oluşturmak için ikna edecekti. Bu kayıp hem vajinanın zarar görmesini engeller hem de erkeğin cinsel ilişki sırasında aldığı hissi azaltarak cinsel birleşme süresini uzatır. Bilim insanları bu sayede eşler arasında bağ kurulduğundan ve böylece insanların tek eşliliğe geçtiğinden kuşkulanıyor. Başka çöp DNA'larsa kanserle savaşır ya da hayatta kalmamızı sağlar.

Bilim insanları çöp DNA'nın ya da şimdiki adıyla kodlamayan DNA'nın, genleri bile tıka basa doldurduğunu görünce şaşırdılar. Hücreler DNA'yı RNA'ya hiçbir harf atlamadan, ezbere çevirirler. Ancak RNA metninin tümü ellerine geçince gözlerini kısıp kalemlerini sivriltir ve metni kırpmaya başlarlar, bir Raymond Carver metnini kısaltan Gordon Lish[43] misali. Genellikle bu düzenleme esnasında gereksiz RNA kesip çıkarılır ve kalan parçalar bir araya getirilerek gerçek mesajcı RNA oluşturulur. (Nedense bu çıkarılan parçalara "intron", dahil olan parçalara ise "ekson" denir. İşi bilim insanlarına bırakırsanız...) Örneğin içinde hem eksonları (büyük harfler) hem de intronları (küçük harfler) bulunduran ham RNA şöyle okunabilir: abcdefGHijklmnOpqrSTuvwxyz. Düzeltildikten ve yalnızca eksonlar kaldıktan sonra GHOST [Hayalet] diye okunur.

Alt basamakta yer alan böcekler, solucanlar ve onlara benzeyen diğer iğrenç türler yalnızca birkaç kısa intron içerir, çünkü intronlar çok uzun olursa ya da sayıları fazla artarsa hücrelerin kafası karışır ve artık anlaşılır bir şey dizemezler. Memelilerin hücreleri bu konuda daha beceriklidir, sayfalarca gereksiz intronu gözden geçirebilir ve bunu yaparken eksonların ne dediğini hiç kaçırmaz. Ama bu yeteneğin dezavantajları da vardır. Bir tanesi de, RNA düzenleme donanımının uzun saatler boyunca ve bir teşekkür bile almadan çalışmasıdır: Ortalama insan geninde, her biri 3.500 harf uzunluğunda sekiz intron vardır ve bunlar çevreledikleri eksonlardan otuz

43- Birçok yazara editörlük yapmış Amerikalı romancı, gazeteci, editör. – çn

kat daha uzundurlar. *Titin*, en büyük insan proteinin genidir; toplamda 80.000 bazı bulan 178 parçadan oluşur, bu bazların hepsi de kusursuz biçimde bir araya getirilmelidir. En büyük gen, *dystrophin* 2,2 milyon bazlık istenmeyen intron arasında, 14.000 protein kodlayan DNA bazı içerir. Yalnızca transkripsiyonu bile on altı saat sürer. Aralıksız devam eden bu uçbirleştirme, toplamda inanılmaz bir enerji harcar ve meydana gelebilecek herhangi bir hata önemli proteinleri bozabilir. Genetik hastalıklardan birinde, insanın deri hücrelerindeki yanlış uçbirleştirme yüzünden, parmak izlerindeki çizgiler ve kıvrımlar silinir ve parmak uçları tamamen boş kalır. Başka uçbirleştirme aksaklıkları daha ciddidir, örneğin *dystrophin* genindeki hatalar kas distrofisine yol açar.

Hayvanlar bu israfa ve tehlikeye müsamaha gösterir, çünkü intronlar hücrelerimize çok yönlülük kazandırır. Belirli hücreler arada sırada eksonları atlayabilir, intronun bir parçasını yerinde bırakabilir ya da aynı RNA'yı farklı şekilde düzenleyebilir. Bu nedenle intronlara ve eksonlara sahip olmak hücrelere deneme yapabilme özgürlüğünü sağlar, böylelikle farklı zamanlarda farklı RNA'lar üretebilir ya da proteinleri bedenin başka ortamları için özelleştirebilirler.[44] Sırf bu nedenle memeliler çok sayıda uzun intronu tolere etmeyi öğrenmişlerdir.

Ama Mayumi'nin de öğrendiği üzere bu tolerans geri tepebilir. Uzun intronlar ikiz olmayan kromozomların birbirine dolanabileceği alanlardır, çünkü orada bozmaktan endişe edeceğiniz eksonlar yoktur. Philadelphia değiş tokuşu, alışılmadık kadar uzun olan ve bu bölümlerin temas etme olasılığını artıran iki intron (biri dokuzuncu, diğeri yirmi ikinci kromozomdadır) üzerinde meydana gelir. "Yalnızca" yakında düzenlenecek intronlar üzerinde oynama yaptığı için, hoşgörülü hücrelerimiz bu değiş tokuşu ilk başta fazla önemli görmez. Oysa çok önemlidir. Mayumi'nin hücreleri hiçbir zaman

44- Bunun uç bir örneğinde, meyve sinekleri *dscam* geninin RNA'sını 38.016 farklı ürüne böler, bir meyve sineğinin gen sayısının aşağı yukarı üç katıdır bu. Tek gen/tek protein kuramı burada biter.

birleştirilmemesi gereken iki geni birleştirmişti – bu genler bir araya gelince, ayrı ayrı iki genin görevini de doğru düzgün yapamayacak kocaman melez bir protein oluşturuyordu. Sonuç lösemiydi.

Mayumi hastanede kemoterapi görmeye başladı ama kanser çok geç teşhis edilmişti ve hastalığı kötü seyretmeye devam etti. Mayumi'nin durumu kötüleştikçe çift kara kara düşünmeye başlamıştı: Emiko'ya ne olacaktı? ALL hızlı bir kanserdir ama o kadar da hızlı değildir. Mayumi, Emiko'ya hamile olduğu sırada kesinlikle kanserdi. Peki küçük kıza annesinden kanser "bulaşmış" olabilir miydi? Hamile kadınların kansere yakalanması alışılmadık bir şey değildi, neredeyse her bin hamilelikte bir rastlanılan bir durumdu. Ama doktorlar arasında bir ceninin kansere yakalandığını gören olmamıştı: Plasenta, yani anneyi çocuğa bağlayan organ, bu türden herhangi bir istilayı püskürtebilir çünkü bebeğe besin getirip artıkları uzaklaştırmak dışında bebeğin bağışıklık sistemi görevini de görerek, mikropları ve başıboş hücreleri engeller.

Yine de plasenta kusursuz değildir, doktorlar hamile kadınlara kedi kumuna dokunmamalarını önerirler çünkü arada sırada Toxo plasentadan geçip fetal beyni tahrip edebilir. Bazı araştırmalar yapıp uzmanlara danıştıktan sonra, doktorlar ender durumlarda (1860'lardaki bilinen ilk örnekten bu yana yalnızca on-on iki kez) anne ve ceninin aynı anda kansere yakalandığını fark ettiler. Ancak hiç kimse bu kanserlerin bulaşmasıyla ilgili bir şey *kanıtlayamamıştı* çünkü anne, cenin ve plasenta birbirine o kadar sıkı bağlıydı ki sebep sonuç ilişkileri de birbirine karışıyordu. Belki de bu vakalarda anneye kanser bulaştıran cenindi. Belki ikisi de bilinmeyen kanserojenlere maruz kalmışlardı. Belki de bu berbat bir tesadüftü, ikisinin kansere olan genetik yatkınlığı aynı anda tetiklenmişti. Ama 2006'da Chiba'da çalışmakta olan doktorların, daha önceki kuşakların sahip olmadığı bir aracı vardı: Genetik dizileme. Mayumi/Emiko vakası ilerledikçe, annenin cenine kanser geçirmesinin mümkün olup olmadığını ilk kez belirlemek için doktorlar genetik dizilemeden faydalandılar. Dahası, detektiflikleri DNA'nın memelilere özgü

bazı işlevlerini ve mekanizmalarını da aydınlattı. Bunlar memelilerin genetik olarak neden özel olduklarını keşfederken bir sıçrama tahtası görevi görebilecek özelliklerdi.

Elbette Chiba'daki doktorlar yürüttükleri araştırmanın kendilerini alanlarının bu denli dışına götüreceğini düşünmemişti. O anki endişeleri Mayumi'yi tedavi etmek ve Emiko'yu gözlemlemekti. Emiko iyi görünüyordu, ancak annesinin neden kendisinden alındığını ve memelilerde hem anne hem de çocuk için son derece önemli olan emzirmenin kemoterapi sırasında neden durduğunu bilmiyordu elbette. Bu yüzden tabii ki sıkıntı hissediyordu. Ama bunun dışında Emiko bütün gelişimsel kilometre taşlarından geçti ve her tıbbi incelemeden temiz çıktı. Yine her şeyiyle normal bir bebek izlenimi veriyordu.

Böyle söylemek anne adaylarını ürkütebilir ama ceninlerin parazit olduğunu iddia etmek için sağlam nedenler bulabilirsiniz. Döllenmeden sonra embriyo, konağına (anne) sızar ve yerleşir. Besinlerin kendisine yönlendirilmesi için hormonlara müdahale eder. Anneyi hasta eder ve kendini gizlemezse bağışıklık sistemi tarafından yok edileceği için saklanır. Hepsi de ünlü parazit oyunlarıdır. Plasentaya henüz değinmedik bile.

Hayvanlar aleminde plasenta genellikle memelilerin tanımlayıcı özelliğidir. Çok uzun zaman önce soyumuzdan ayrılan tuhaf memeliler (ördek gagalı platipus gibi), tıpkı balıklar, sürüngenler, kuşlar böcekler ve neredeyse bütün canlılar gibi yumurtlar. Ama 2.150 çeşit memeliden, yarasalar ve kemirgenler gibi en yaygın ve başarılı memeliler dahil 2.000 tanesi plasentaya sahiptir. Plasentalı memelilerin mütevazi bir başlangıcın ardından denize ve gökyüzüne, tropiklerden kutuplara dek her girintiye yayılmış olması, plasentanın onlara, yani bizlere büyük bir hayatta kalma desteği verdiğini gösterir.

Muhtemelen plasentanın en büyük yararı da memeli annenin yaşayan, büyüyen yavrusunu içinde taşımasına izin vermesidir. Böylelikle çocuklarını rahminde sıcak tutabilir, onlarla birlikte tehlikeden kaçabilir ve bunlar suda üreyen ya da yuvada tüneyen canlıların sahip olmadığı avantajlardır. Canlı fetüsün aynı zamanda yavaşça gelişmek ve beyin gibi enerji tüketici organlar oluşturmak için önünde daha uzun bir zaman vardır. Plasentanın vücut atıklarını uzaklaştırma yetisi, fetüs toksin içinde boğulmadığı için beynin gelişimine de yardım eder. Dahası anne gelişmekte olan fetüse o kadar çok enerji harcar ki, plasenta yüzünden hissettiği somut ve yakın bağ bir yana, çocuklarını besleme ve gözetme güdüsü de duyar. (Anne bu güdüyü ya da en azından dırdır etme ihtiyacını bazen yıllar boyunca taşır.) Bu yatırım hayvanlar arasında nadiren uzun sürer, bu nedenle memeli çocuklar da anneleriyle oldukça güçlü bağlar oluştururlar. Yani plasenta bütün bunları mümkün kıldığı için biz memelileri şefkatli canlılara dönüştürmüş olur.

Plasentanın eski dostlarımız retrovirüslerden evrilmiş olması her şeyi daha da tüyler ürpertici hale getirir. Ama biyolojik açıdan bakıldığında bu bağlantı anlamlıdır. Virüslerin yeteneği hücrelere kenetlenmektir: Genetik materyallerini enjekte etmeden önce "zarflarını" (dış zarlarını) bir hücreye yapıştırırlar. Bir embriyonik hücre yumağı rahime yüzüp oraya demir attığında, embriyo aynı zamanda özel füzyon proteinleri kullanarak kendine ait bir parçayı rahim hücreleriyle birleştirir. Primat, fare ve diğer memelilerin füzyon proteini yapmak için kullandığı DNA, retrovirüslerin zarflarını bağlayıp birleştirmek için kullandıkları genlerden aşırılmış gibi görünüyor. Dahası plasentalı memelilerin rahmi, görevini yerine getirebilmek için başka virüs benzeri DNA'lardan da ciddi ölçüde yararlanır, bunu yaparken de rahim hücrelerindeki 1.500 geni etkinleştirip kapatan *mer20* adındaki özel bir sıçrayan gen kullanır. Her iki organ da bir kez daha parazitlerin yararlı genetik materyallerini ödünç alarak kendi amaçlarımıza uyarladığımız izlenimini verir. Üstelik retrovirüs proteinlerinin varlığı (ya onları uzaklaştırarak ya

da onlara üstün gelerek) başka mikropların plasentayı çevrelemesini engellediği için, plasentadaki virüs hücreleri fazladan bağışıklık bile sağlar.

Bağışıklık işlevinin bir başka parçası olarak plasenta, kanser hücreleri dahil cenini istila etmeye çalışabilecek hücreleri de süzer. Ne yazık ki plasentanın başka özellikleri onu kanser için düpedüz çekici hale getirir. Plasenta, fetüs hücrelerinin etkin bir biçimde bölünmesini teşvik etmek için büyüme hormonları üretir, bazı kanserler de bu büyüme hormonları sayesinde büyür. Ayrıca plasenta çok fazla miktarda kan çeker ve cenin için besinleri emer. Bu da, lösemi gibi kan kanserlerinin plasentada gizlenerek büyüyebileceği anlamına gelir. Kanserler biyolojik olarak metastaza programlanmıştır; bir cilt kanseri türü olan melanom gibi, bedenin içinde oradan oraya dolaşırken kana sığınır ve plasentayı da oldukça konuksever bulurlar.

Hatta melanom anne ve çocuğun aynı anda yakalandığı en yaygın kanserdir. İlk eşzamanlı kanser vakası 1866'da Almanya'da kaydedildi: Annenin karaciğerine, çocuğun da dizine yerleşen gezici bir melanom vakası. İkisi de dokuz gün içinde öldü. Diğer bir korkutucu vaka da doktorları tarafından "R. McC" olarak anılan yirmi sekiz yaşındaki bir kadının hayatını kaybetmesiyle sonuçlanmıştı. Her şey, Bayan McC'nin 1960 Nisanı'nda bir gün güneşte kötü bir biçimde yanmasıyla başladı. Kısa bir süre sonra kürek kemiklerinin arasında bir santim uzunluğunda bir ben çıktı. Dokunduğunda kanıyordu. Doktorlar beni aldılar, olay 1963 Mayısına kadar unutulup gitti. Birkaç haftalık hamileyken yaptırdığı check-up sırasında, doktorlar kadının midesinin altındaki deride ufak bir nodül fark etti. Ağustos ayına gelindiğinde nodül karnından bile daha hızlı büyümüş, başka acı veren nodüller de ortaya çıkmıştı. Ocak ayına gelindiğinde lezyonlar kollarına ve yüzüne yayıldığı için doktorları ona sezaryen yaptı. Bebek üç buçuk kilogram ağırlığındaydı ve sağlıklı görünüyordu. Ama annenin karnında bazıları siyah olan düzinelerce tümör vardı. Doğum, kalan azıcık gücünü de tüketmişti, bir saat

içinde nabzı otuz altıya düştü, doktorları onu hayata döndürmeye çalıştıysa da birkaç hafta içinde öldü.

Peki McC'nin oğluna ne olacaktı? Önceleri durum umut vericiydi. Bu yayılmış kansere rağmen doktorlar McC'nin oğluyla temas yerlerinde, yani rahmi ve plasentasında tümör bulamadı. Bebek sağlıksızdı ancak bedeninin her yerinde yapılan dikkatli taramalarda şüpheli benlere rastlanmamıştı. Ama çocuğun içine bakamıyorlardı. On bir gün sonra yeni doğmuş bebeğin cildinde koyu mavi lekeler belirdi. İşler bundan sonra hızla kötüye gitti. Tümörler yayılıp çoğaldı ve bebek yedi hafta içinde öldü.

Mayumi'deki melanom değil, lösemiydi ama bu fark dışında Chiba'daki ailesi kırk yıl sonra McC'nin dramın aynısını yaşayacaktı. Hastanede tutulan Mayumi'nin durumu gün be gün kötüye gitti, üç haftalık kemoterapiden sonra bağışıklık sistemi zayıflamıştı. En sonunda bakteriyel bir enfeksiyon kaparak ansefalite (beyin yangısı) yakalandı. Panikleyen ve tekleyen beyninin bir sonucu olarak bedeni kasıldı, kalbi ve akciğerleri güçsüzleşti. Yoğun bakıma rağmen enfeksiyonu kapmasından iki gün sonra hayatını kaybetti.

Daha da kötüsü 2006 Ekim'inde, karısını gömdükten sadece dokuz ay sonra Hideo, Emiko'yla birlikte hastaneye geri dönmek zorunda kaldı. Bir zamanlar gürbüz bir bebek olan kızın akciğerleri su toplamış, en kötüsü de sağ yanağında ve çenesinde kızıl bir kütle oluşmuş, yüzü biçimsizleşmişti. MRI'da bu zamanından önce çıkan gıdık muazzam büyüklükte görünüyordu, boyutu küçük Emiko'nun beyni kadardı. (Yanağınızı mümkün olduğu kadar havayla doldursanız bile onun büyüklüğüne yaklaşmayacaktır.) Yanaktaki konumuna dayanarak Chiba'daki doktorlar sarkoma teşhisi koydu, yani bağ dokusu kanseri. Fakat akıllarının bir köşesinde Mayumi vardı, Tokyo ve İngiltere'deki uzmanlara danıştılar ve ne bulabileceklerini görmek için tümörün DNA'sını taramaya karar verdiler.

Ve bir Philadelphia değiş tokuşu buldular. Bu herhangi bir Philadelpia değiş tokuşu da değildi. Bu krosover da muazzam uzunlukta iki intron arasında gerçekleşir. Bir kromozom 68.000 harf, diğeri

200.000 harf uzunluğundadır. (Bu bölüm yaklaşık 30.000 harften oluşuyor.) Kromozomun iki kolu binlerce farklı noktanın herhangi birinde krosover yapabilirdi. Ama hem Mayumi hem de Emiko'nun kanserlerinde, DNA harfine kadar aynı noktada krosover yapmıştı. Bu bir tesadüf olamazdı. Emiko'nun yanağına yerleşmiş olmasına rağmen temelde aynı kanserdi.

Ama kanseri kim kime bulaştırmıştı? Bilim insanları bu gizemi daha önce çözememişti. McC vakası bile kuşkuluydu çünkü ölümcül tümörler hamilelikten sonra ortaya çıkmıştı. Doktorlar doğum sırasında Emiko'dan alınan kan numunesinin bulunduğu kuru kan kartını çıkardılar ve kanserin o zaman bile var olduğunu saptadılar. Genetik testlerin devamında Emiko'nun normal (tümör olmayan) hücrelerinin Philadelphia değiş tokuşu özelliklerini göstermediği ortaya çıktı. Bu nedenle Emiko kansere yatkınlığını kalıtım yoluyla almamıştı; kanser, gebe kalmasıyla kırk hafta sonraki doğum arasında bir zamanda ortaya çıkmıştı. Dahası Emiko'nun normal hücrelerinde beklendiği gibi hem annesi hem de babasından aldığı DNA bulunuyordu. Ama yanağındaki tümör hücrelerinde Hideo'nun DNA'sı yoktu, sadece Mayumi'den gelen DNA vardı. Bu da kanserin Emiko'dan Mayumi'ye değil, Mayumi'den Emiko'ya geçtiğini tartışmaya yer bırakmayacak biçimde kanıtlıyordu.

Ancak bilim insanları bir zafer duygusu hissetmiş olsa bile, bu buruk bir zaferdi. Tıp araştırmalarındaki en ilginç vakalar genellikle en korkunç acılardan çıkar. Geçmişte anneyle çocuğun eşzamanlı yakalandığı her kanser vakasında, iki taraf da bir yıl içinde hastalığa yenik düşmüştü. Mayumi zaten hayatını kaybetmişti, doktorlar on bir aylık Emiko'yu kemoterapiye sokarken bu iç karartıcı ihtimalin ağırlığını hissetmiş olmalıdır.

Vaka üzerinde çalışan genetikçilerin aklını kurcalayan başka bir şey daha vardı. Bu kanserin bulaşıcılığı temelde bir kişiden diğerine hücre aktarılmasından kaynaklanıyordu. Emiko'ya annesinden bir organ nakledilse ya da yanağına doku nakli yapılsaydı bedeni bunu yabancı sayarak reddedecekti. Oysa bunca şeyin arasından kanser,

plasentanın alarmını çalıştırmadan ya da bağışıklık sisteminin gazabına uğramadan Emiko'nun bedenine yerleşmişti. Peki ama nasıl? Bilim insanları en sonunda cevabı Philadelphia değiş tokuşundan çok uzaktaki bir DNA dizisinde, MHC denen bir bölümde buldular.

Biyologlar, Linnaeus zamanından beri memelileri *memeli* yapan özellikleri sıralamayı büyüleyici bir egzersiz olarak görmüştür. Memeli kavramı Latince meme anlamına gelen *mamma* sözcüğünden türemiş olduğu için, düşünülmesi gereken konulardan biri de emzirmedir. Emzirme besin sağlar ama bunun yanı sıra bebeklerin çoğunlukla bağırsaklarında ama muhtemelen beyin gibi noktalarında bulunan düzinelerce geni de etkinleştirir. Anne adaylarını daha fazla paniğe sokmak istemem, ama görünüşe göre bebek maması, karbonhidrat, yağ protein, vitamin ve hatta bildiğim kadarıyla tat bakımından anne sütüne ne kadar çok benzese de bebeğin DNA'sını aynı şekilde tetikleyemez.

Memelilerin diğer göze çarpan özellikleri arasında kıllarımız (yunuslar ve balinalarda bile kelliklerini örtecek kadar kıl vardır), benzersiz iç kulak ve çene yapımız ve yutmadan önce yiyecekleri çiğneme gibi garip alışkanlığımız (sürüngenlerin böyle bir adeti yoktur) da bulunur. Ama memelilerin kökeninin mikroskobik düzeyde aranacağı başka bir yer de MHC'dir: majör histokompatabilite kompleksi [büyük doku karmaşası kompleksi]. Hemen hemen bütün omurgalılarda bağışıklık sistemine yardım eden bir dizi gen, yani bir MHC bulunur. Ama MHC, memeliler için oldukça değerlidir. Gen bakımından en zengin DNA bölümleri arasındadır ve küçük bir bölgeye sıkıştırılmış yüzün üzerinde genden oluşur. İntron-ekson düzenleyen donanımlarımız gibi, MHC'lerimiz de diğer canlılarda olduğundan daha gelişmiş ve kapsamlıdır[45]. Bu yüzlerce ge-

45- İnsanlardaki MHC'ye HLA da denir ama burada genel olarak memelilere odaklandığımız için genel terimi kullanacağım.

nin bazılarının insanda binin üzerinde farklı çeşidi bulunur, bu da kalıtım için sınırsız sayıda kombinasyon sunar. Yakın akrabaların MHC'leri bile büyük farklılık taşıyabilir; rasgele insanlar arasındaki farklılıkların çoğu, diğer DNA parçalarındaki farklılıklardan yüz kat daha fazladır. Bilim insanları bazen insanların yüzde doksan dokuzun üzerinde genetik benzerlik taşıdığını söyler. Ama MHC'leri aynı değildir.

MHC proteinlerinin temelde iki farklı görevi vardır. İlk olarak, bazıları bir hücrenin içinden rasgele molekül örneği kapıp bunu hücrenin yüzeyinde sergiler. Bu sergi sayesinde diğer hücreler, özellikle de "cellat" görevindeki bağışıklık hücreleri, bu hücrenin içinde ne olup bittiğini bilir. Eğer cellat, MHC'nin yalnızca normal moleküller sergilediğini görürse hücreyi görmezden gelir. Ama anormal madde görürse (örneğin bakteri parçaları, kanser proteinleri ve başka işaretler) hücreye saldırabilir. MHC'nin çeşitliliği burada memelilerin işine yarar, çünkü farklı MHC proteinleri farklı tehlikeleri algılar ve bunlara dikkat çeker; bu nedenle memeli MHC'sinde ne kadar çeşitlilik olursa, canlı o kadar çok şeyle savaşabilir. En önemlisi de diğer özelliklerinin tersine, MHC genleri birbirlerine müdahale etmez. Mendel ilk baskın özellikleri, bazı gen versiyonlarının diğerlerine "üstün geldiği" durumları tanımlamıştı. MHC'de bütün genler bağımsız çalışır ve hiçbir gen diğerini maskelemez. İşbirliği yaparlar ve kodominanttırlar.

MHC'nin ikinci ve daha felsefi işleviyse bedenlerimizin kendinden olanla olmayanı ayırt etmesini sağlamaktır. MHC genleri, protein parçalarını yerleştirirken her hücrenin yüzeyi üzerinde küçük sakal gibi kılların çıkmasına yol açar. Her canlı benzersiz bir MHC kombinasyonuna sahip olduğu için, bu hücresel sakal kılı benzersiz bir renk ve kıvrım düzenine sahip olacaktır. Vücuda giren, kendine ait olmayan yabancı maddede (hayvanlardan ya da başka insanlardan gelen bir hücre) elbette kendi benzersiz sakallarına sahip MHC genleri bulunacaktır. Bağışıklık sistemimiz o kadar kusursuzdur ki, bu sakalların farklı olduğunu hemen anlayacak, bu hücreler hiçbir

hastalık ya da parazit belirtisi taşımasa bile istilacıları öldürmek için birliklerini toplayacaktır.

İstilacıları yok etmek normalde iyidir. Ancak MHC'nin dikkatinin yan etkilerinden biri de organ bağışı konusunda ortaya çıkar; bağışıklık sistemlerini bastırmak için ilaç almayan alıcıların bedeni nakledilen organı reddeder. Bazen bu bile işe yaramaz. Hayvanlardan organ nakli yapmak, dünyanın hiç bitmeyen donör sıkıntısını hafifletebilir. Ama hayvanlar bizimkilere kıyasla o kadar garip MHC'lere sahiptir ki, vücutlarımız bunları hemen reddeder. Hatta nakledilmiş hayvan organlarının çevresindeki doku ve kan damarlarını bile yok ederiz, tıpkı çekilen askerlerin düşmanı yiyeceksiz bırakmak için ekinleri yakması gibi. Doktorlar bağışıklık sistemini mutlak bir biçimde felç ederek, insanları babun kalbi ve karaciğeriyle birkaç hafta yaşatabilmişlerdir ama şimdiye kadar MHC her zaman üstün gelmiştir.

Benzer nedenlerle MHC memeli evrimini de zorlaştırdı. Aslında memeli anne, içindeki cenini yabancı bir tümör olarak algılayıp ona saldırmalıdır, çünkü ceninin DNA'sı ve MHC'si gibi şeylerin yarısı kendine ait değildir. Neyse ki plasenta, cenine girişi kısıtlayarak çatışmada arabuluculuk yapar. Kan plasentaya gider, ama fetüse iletilen şey kan değil besinlerdir. Sonuç olarak Emiko gibi bir bebek, tam bir parazit gibi davranarak Mayumi'nin bağışıklık hücrelerine görünmemeli, Mayumi'nin hücreleri de Emiko'ya asla geçiş yapmamalıdır. Birkaçı plasental kapıdan geçmeyi başarsa bile Emiko'nun bağışıklık sistemi, yabancı MHC'yi tanıyıp yok etmelidir.

Ama bilim insanları Mayumi'nin kanser hücrelerinin MHC'sini incelediğinde öyle bir şey keşfettiler ki, bu şeyin niyeti kötü olmasa zekasını neredeyse takdir edeceklerdi. İnsanlardaki MHC altıncı kromozomun kısa kolundadır. Bilim insanları Mayumi'nin kanser hücrelerinde bu kısa kolun olması gerektiğinden de kısa olduğunu fark etti, çünkü hücreler MHC'lerini silmişti. Bilinmeyen bir mutasyon, MHC'yi genlerinden silivermişti. Bu, onları dışarıdan işlevsel olarak görünmez bırakmış, bu nedenle ne plasenta ne de Emiko'nun

bağışıklık hücreleri onları sınıflandırabilmiş ya da tanıyabilmişti. Bırakın kanser barındırıp barındırmadıklarını, yabancı olup olmadıklarına dair bir kanıt bulmak için bile onları incelemesinin yolu yoktu.

Sonuçta bilim insanları Mayumi'deki kanser istilasını iki sebebe bağladılar: Hücreleri kötü huylu hale getiren Philadelpia değiş tokuşuna ve onları görünmez yaparak, izinsiz girmelerine ve Emiko'nun yanağında barınmalarına izin veren MHC mutasyonuna. İkisinin de gerçekleşme ihtimali düşüktü; aynı anda, aynı hücrelerde, hamile bir kadında gerçekleşme ihtimali astronomik derecede düşüktü. Ama sıfır değildi. Hatta bilim insanları artık annenin fetüse kanser bulaştırdığı geçmiş vakaların çoğunda da benzer bir şeyin MHC'yi etkisizleştirdiğinden ya da tehlikeye attığından kuşkulanıyorlar.

Bu çizgide ilerlersek MHC bizim Hideo, Mayumi ve Emiko'nun hikayesinin bir boyutunu daha aydınlatmamıza yardım edebilir. Bu, memelilerin ilk günlerine kadar giden bir çizgidir. Gelişmekte olan fetüs, her hücrenin içinde genlerden oluşan koca bir orkestrayı yönetir, bazı DNA'ları daha yüksek çalmaya teşvik ederken bazı bölümlerin sesini kısar. Hamileliğin ilk haftalarında en etkin genler, memelilerin yumurtlayan sürüngenimsi atalarından aldığı genlerdir. Bir biyoloji kitabını karıştırıp kuş, kertenkele, balık, insan ve başka embriyoların yaşamın ilk aşamalarında birbiriyle olan esrarengiz benzerliğini görmek insanın tevazu kazanmasını sağlayacak bir deneyimdir. Hatta insanların, hayvan atalarından kalma özellikler denebilecek gelişmemiş solungaç yarıkları ve kuyrukları bile vardır.

Birkaç hafta sonra fetüs sürüngen genlerini okunmaz hale getirir ve memelilere özgü bir grup geni etkinleştirir. Kısa sürede de anneannenizin adını vermeyi hayal edebileceğiniz bir şeye benzemeye başlar. Ancak bu aşamada bile, doğru genler sessizleştirilse ya da ince ayarı yapılsa da atavizmler ortaya çıkabilir. Bazı insanlar, çiftlikte ya-

şayan dişi domuzlarda olduğu gibi fazladan göğüs ucuyla doğarlar.[46] Bu fazladan göğüs uçlarının çoğu gövdeden dikey olarak aşağı inen süt çizgisi üzerinde çıkar. Ama ayak topuğu kadar uzak bir yerde de ortaya çıkabilirler. Başka atavistik genler yüzünden bazı insanların alınları ve yanakları dahil olmak üzere bütün bedenleri tüylerle kaplanabilir. Bilim insanları tüylerin kalınlığına, rengine ve başka niteliklerine bakarak bu tüylerin "köpek" ya da "maymun" tüyü sınıflarından hangisine ait olduğunu bile ayırt edebilirler. Beşinci kromozomun sonunda ufak bir parçası eksik olan bebekler mart kedisi gibi cırlayıp bağırdıkları için *cri-du-chat* ya da "kedi miyavlaması" şeklinde adlandırılan sendrom ortaya çıkar. Bazı çocuklar da kuyruklu doğar. Genellikle kaba etlerinin yukarısında ve ortada bulunan bu kuyruklar kas ve sinir içerir, on iki buçuk santim uzunluğunda, iki buçuk santim kalınlığında olabilir. Bazen geniş anatomik sorunlara sebep olan çekinik genetik bozuklukların yan etkisi olarak ortaya çıkarlar. Ama başka her açıdan normal çocuklarda, özel durumlarla bağlantılı olarak kuyruk ortaya çıkabilir. Çocuk doktorları bu çocukların, kuyruklarını bir fil hortumu gibi kıvırabildiğini, öksürdüklerinde ya da hapşırdıklarında kuyrukların istem dışı olarak kasıldığını bildirmiştir.[47] Aslında altı haftalık fetüslerin hepsinde kuyruk vardır ama genellikle sekiz haftadan sonra kuyruk hücreleri ölür, vücut da artan dokuyu soğurur. Bu esnada ölmeyen kuyruklar muhtemelen rasgele mutasyonlardan kaynaklanır, ama kuyruklu çocukların bazılarının kuyruklu akrabaları da vardır. Çoğu insan doğumdan hemen sonra çocuklarındaki bu zararsız uzantıyı aldırır ama kimileri de yetişkinlik çağına kadar buna zahmet etmez.

Hepimizin içinde atavizmler vardır ama bunlar uykudadır, kendilerini uyandıracak doğru genetik sinyalleri beklerler. Hatta öyle

---

46- Alexander Graham Bell telefonun mucidi olarak tanınır ama genetikle yakından ilgilenmiş ve daha sağlıklı insanlar yaratmayı hayal etmiştir. Biyoloji hakkında daha fazla şey öğrenmek için fazladan meme ucu olan koyunlar yetiştirir ve bunların kalıtım şemalarını inceler.

47- İnsan kuyruklarıyla ilgili daha fazla bilgi edinmek için Jan Bondeson'un *A Cabinet of Medical Curiosity* eserine bakabilirsiniz. Kitapta birinci bölümde değindiğimiz annelik yansımalarıyla ilgili çok ilginç bir bölüm de yer alır. Ve elbette anatomi tarihiyle ilgili çok sayıda ürkütücü hikaye.

Kuyruklu doğan sağlıklı bir bebek; kuyruğu primat geçmişimizden kalma bir atavizmdir. (Jan Bondeson, *A Cabinet of Medical Curiosities*, izinle kopyalanmıştır.)

bir genetik atavizm vardır ki ondan hiçbirimiz kaçamayız. Döllenmeden kırk gün sonra, burun boşluğu içinde, iki yanında birer yarık bulunan iki milim uzunluğunda bir tüp oluşur. Bu yeni oluşan vomeronazal organ (Jacobson organı da denir) memelilerde yaygındır ve onun yardımıyla çevrelerindeki dünyayı haritalandırırlar. Yardımcı bir burun görevini görür, ancak burnu olan her canlının koklayabileceği şeylerin değil (duman, bozuk yemek, vb.) feromonların kokusunu alır. Feromonlar kısmen hormonlara benzeyen örtülü kokulardır, ama hormonlar vücutlarımıza içsel talimatlar verirken feromonlar türümüzün diğer üyelerine talimatlar verir (ya da en azından göz kırpar ve anlamlı bakışlar atar).

Feromonlar toplumsal etkileşimleri yönlendirdiği için belirli memelilerde VNO'yu kapamak birtakım utandırıcı sonuçlar doğurabilir. 2007 yılında Harvard Üniversitesi'ndeki bilim insanları bazı dişi fareleri genetik olarak şekillendirerek VNO'larını etkisizleştirdi. Fareler kendi başlarınayken fazla bir değişiklik yoktu, normal davranıyorlardı. Ancak sıradan dişilerin yanına bırakıldıkların-

da durum değişti. Fırtına gibi genç dişilerin üstüne çıktılar ve gerekli araçları olmadığı halde kalçalarını ileri geri hareket ettirdiler. Bu tersine dişiler, erkekler gibi inleyip o zamana kadar yalnızca orgazm olan erkek farelerin çıkardığı ultrasonik ciyaklamalar çıkarıyorlardı.

İnsanlar kokuya diğer memeliler kadar bağımlı değildir. Evrimimiz boyunca memelilerde ortak olarak bulunan kokuyla ilgili altı yüz geni ya kaybettik ya da kapadık. Ama her şeyi daha da çarpıcı kılacak şekilde genlerimiz hâlâ bir VNO üretir. Bilim insanları fetal VNO'dan beyne giden sinirler bile bulmuş ve bu sinirlerin ileri-geri sinyaller gönderdiğini de görmüşlerdir. Vücutlarımız zahmet edip bu organı yaratır ve beyne bağlar ancak bilinmeyen nedenlerle bu altıncı his ihmal edilir ve on altı hafta sonra VNO küçülmeye başlar. Yetişkinliğe gelindiğinde o kadar küçülmüştür ki, bırakın işlevselliğini, ortada herhangi bir VNO olup olmadığı bile tartışmalıdır.

İnsan VNO'suyla ilgili tartışma daha geniş, koku, cinsellik ve davranış arasındaki varsayılan bağlantıların araştırıldığı pek de saygıdeğer olmayan tarihsel bir tartışmada kendine yer bulur. Sigmund Freud'un kaçık dostlarından Dr. Wilhelm Fliess, 1800'lerin sonlarında burnu bedenin en güçlü cinsel organı olarak tanımlamıştı. Fliess'in geliştirdiği "nazal refleks nevrozu kuramı" aslında numerolojinin, mastürbasyon ve adetle ilgili çeşitli anekdotların, burnun içindeki farazi "cinsel haz noktalarını" gösteren haritaların bilimsel olmayan bir karışımıydı. İnsanların mukozalarına bir parça kokain sürülüp libidolarının izlendiği deneyleri içeriyordu. İnsan cinselliği hakkında gerçekte bir şey açıklamaması Fliess'in itibarını azaltmadı. Tam tersine, çalışmaları Freud'u etkiledi. Freud, Fliess'in kendi hastalarını mastürbasyona düşkünlük gösterdikleri için tedavi etmesine izin verdi (bazıları, Freud'un da bu hastalar arasında olduğunu söyler). Fliess'in düşünceleri yok olup gitti ancak "sözde-bilim" seksoloji hiç ölmedi. Son yıllarda işportacılar feromonlarla zenginleştirilmiş, kokuyu süren kişinin karşı cinsi mıknatıs gibi çekeceğini iddia ettikleri parfüm ve kolonyalar satmıştır. 1994'te ABD ordusunda çalışan bir bilim insanı, feromon baz-

lı bir "eşcinsel bombası" üretmek için hava kuvvetlerinden 7,5 milyon dolar istemişti. Başvurusunda silahı, "tatsız ancak hiçbir şekilde ölümcül olmayan" bir savaş aracı olarak tanımlıyordu. Feromon, çoğunluğu erkek olan düşman birliklerinin üzerine sıkılacak ve koku, bir biçimde (ayrıntılar yüzeyseldi, bilim insanı en azından fantezilerini işe katmamıştı) onları abazanlıktan öyle bir kudurtacaktı ki silahlarını bırakıp savaş yerine aşk yapacaklardı. Gaz maskesi takmış askerlerimize de onları yakalamak kalacaktı.[48]

Parfümler ve eşcinsellik bombaları bir yana, feromonların insan davranışını etkileyebileceğini gösteren bazı geçerli bilimsel çalışmalar da vardır. Kırk yıl önce, bilim insanları birlikte yaşayan kadınların feromonlar yüzünden aynı tarihte adet gördüğünü belirlediler. (Bu bir şehir efsanesi de değildir.) İki insanın birbirine olan aşkını kimyasalların etkileşimine indirgemek istemeyebiliriz ama saf insan şehvetinin (ya da daha ölçülü ifade edersek çekimin) güçlü bir kokusal bileşeni olduğunu gösteren güçlü kanıtlar bulundu. Eski antropoloji kitaplarından başka, Charles Darwin de öpüşme adetinin oluşmadığı toplumlarda, sevgili adaylarının öpüşmek yerine birbirini kokladığını söyler. Daha yakın bir tarihte, İsveçli doktorlar Harvard'da farelerle yapılan dramatik araştırmayı anımsatan bazı deneyler yaptı. Doktorlar heteroseksüel kadınlarla erkeklere ve eşcinsel erkeklere, erkek terindeki bir feromonu koklattı. Bu sırada heteroseksüel kadınlarla eşcinsel erkeklerin beyin taramalarında hafif uyarılma belirtileri gözlendi, ancak heteroseksüel erkeklerde böyle bir etki olmadı. Bunu izleyen deney, kadın idrarındaki feromonların da heteroseksüel erkekleri ve eşcinsel kadınları uyarabildiğini, ama heteroseksüel kadınlarda bunun geçerli olmadığını açığa çıkardı. Farklı cinsel yönelimleri olan insanların beyninin kadın ya da erkek kokusuna farklı tepki verdiği görülür. Bu, insanların işlevsel bir

48 - Araştırması için kaynak bulmayı başaramadı. Ancak hakkını yemeyelim; 7,5 milyon doların tamamını eşcinsel bombasını geliştirmek için harcamayı planlamıyordu. Paranın bir kısmı başka projelerde kullanılacaktı: düşmanın ağız kokusunun mide bulandıracak kadar korkunçlaşmasını sağlayacak olan ayrı bir bomba yapımında gibi. Kendisi fark etmiş midir bilinmez ama bilim insanı bu iki bombayı birleştirip tarihin en sinir bozucu silahını yapabilirdi.

VNO'ya sahip olduğunu kanıtlamaz, ama belki de onun sorumluluklarının genetik olarak burnumuza kayması sayesinde, feromon saptama yeteneğinin bir parçasını hâlâ koruduğumuzu akla getirir.

Kokuların insanlarda cinsel uyarılmayı etkileyebileceğini gösteren en açık kanıt muhtemelen MHC'de (sonunda dönüp dolaşıp yine ona geldik) bulunur. Hoşunuza gitse de gitmese de kolunuzu her kaldırdığınızda bedeniniz MHC'nizin reklamını yapar. Koltukaltımızda yüksek yoğunlukta ter bezi bulunur, vücuttan atılan su, tuz ve yağa karışmış feromonlar, insanların kendilerini hastalıktan korumak için tam olarak hangi MHC genlerine sahip olduğunu açıklar. Bu MHC reklamları burnunuza gelir, burada burun hücreleri başka bir insanın MHC'sinin sizinkinden ne kadar farklı olduğunu çözer. Bu, eş seçiminde yararlıdır çünkü birlikte yapacağınız çocukların muhtemel sağlığını öngörebilirsiniz. MHC genlerinin birbirine müdahale etmediğini unutmayın, onlar kodominanttır. Bu nedenle anneyle babanın farklı MHC'leri varsa, bebek de onların hastalık direncinin hepsini alır. Genetik hastalığa ne kadar çok direnci varsa, bebek o kadar sağlıklı olacaktır.

Bu bilgi bilinçaltından beyinlerimize süzülür, ama yalnızca bir yabancıyı açıklanamaz biçimde seksi bulduğumuzda kendini belli eder. Test yapmadan söylemek imkansızdır ama böyle bir durum varsa, karşıdaki kadın ya da erkeğin MHC'sinin sizinkinden epeyce farklı olması makul bir ihtimaldir. Çeşitli araştırmalarda kadınlar daha önce hiç görmedikleri bir erkeğin yatakta giydiği tişörtü kokladıklarında, en seksi buldukları erkeğin MHC'leri kendilerininkinden çok farklıydı. Elbette başka çalışmalar, genetik çeşitliliğin yüksek olduğu yerlerde (örneğin Afrika'nın bazı bölümleri) aşırı farklı MHC'nin cazibeyi artırmadığını da gösteriyor. Ancak MHC-çekicilik bağlantısı, Utah'taki araştırmaların gösterdiği gibi, genetik açıdan daha homojen yerlerde geçerliliğini korur. Bu bağlantılar aynı zamanda (MHC'lerimiz ortalamadan daha benzer olduğu için) kardeşlerimizle cinsel ilişki fikrini neden tiksindirici bulduğumuzu da açıklayabilir.

Yine de aşkı kimyasallara indirgemenin bir anlamı yoktur. Aşk bundan çoook daha karmaşıktır. Ancak diğer memelilere sandığımızdan daha fazla benziyor olabiliriz. Kimyasallar aşkın tabanını hazırlar, onu ileri iter ve ortadaki en güçlü kimyasallardan bir kısmı da MHC reklamını yapan bu feromonlardır. Eğer genetik açıdan homojen bir bölgeden iki insan (örneğin Hideo ve Mayumi) aşık olup çocuk yapmaya karar vermişse, bu gibi şeyleri biyolojik olarak açıklayabildiğimiz kadarıyla, MHC'lerinin muhtemelen bu işte rol oynadığını söyleyebiliriz. Durumu daha da dokunaklı hale getirense, MHC'nin kaybolmasının Emiko'yu neredeyse öldürecek olan kanseri güçlendirmesidir.

Neredeyse. Eşzamanlı kansere yakalanan anneler ve çocuklarının yaşama oranı, 1866'dan bu yana tıpta kaydedilen ilerlemelere rağmen son derece düşük kaldı. Ama annesinin aksine Emiko tedaviye iyi cevap verdi, bunun sebebi de kısmen doktorların kemoterapiyi tümörün DNA'sına göre uygulayabilmesiydi. Emiko'nun bu tip kansere sahip çocuklara yapılan acı verici kemik iliği nakline bile ihtiyacı olmadı. Bugün itibariyle Emiko hâlâ hayatta, neredeyse yedi yaşına geldi ve Chiba'da oturuyor.

Kanseri bulaşıcı bir hastalık olarak düşünmeyiz. Oysa rahimdeki ikizler birbirine, nakledilen organlar alıcıya ve plasentanın savunmasına rağmen anneler de doğmamış çocuklarına kanser bulaştırabilir. Ama henüz fetüs aşamasındayken bile ilerlemiş bir kansere yakalanmanın ölümcül olmayabileceğini Emiko bize kanıtlıyor. Benzer vakalar MHC'lerin kanserdeki rolüyle ilgili bakış açımızı genişletti ve plasentanın bilim insanlarının düşündüğünden daha geçirgen olduğunu da gösterdi. Emiko'nun ailesiyle birlikte çalışan bir genetikçi "az sayıda hücrenin plasentadan her zaman geçtiğini düşünüyorum," demişti. "Tıptaki garip vakalardan çok şey öğrenebilirsiniz."

Hatta bilim insanları, hepimizin değilse de çoğumuzun, annelerimizden gelen binlerce gizli hücreyi barındırdığını ve hayati organlarımızda fetüs günlerimizden kalma kaçaklar olduğunu belirledi. Her anne de (neredeyse kesinlikle) çocuklarının her birinden ha-

tıra kalan birkaç hücre gizler. Bu tür buluşlar biyolojimizin yeni ve büyüleyici özelliklerini keşfe açar. Bir bilim insanının merak ettiği gibi: "Beyinlerimiz tam olarak bize ait değilse, psikolojik benliğimizi oluşturan şey nedir?" Daha da kişisel bir düzeyde düşünüldüğünde bu bulgular, bir anne ya da çocuğun ölümünden sonra bile, birinin hücrelerinin diğerinde yaşayabileceğini gösterir. Bu da memelileri özel kılan anne-çocuk bağının bir başka yüzüdür.

9

İnsan/Şempanzeler

İnsanlar Maymunlardan Neden ve Ne Zaman Ayrıldı?

TANRI BİLİYOR YA, İNSANOĞLUNUN EVRİMİ kürkle, meme bezleriyle ve plasentalarla sınırlı kalmadı. Bizler aynı zamanda primatız, gerçi altmış milyon yıl önce bu pek de övünülecek bir şey değildi. İlk primatların ağırlığı muhtemelen yarım kiloyu geçmiyor ve altı yıldan fazla yaşamıyorlardı. Büyük olasılıkla ağaçlarda yaşıyor, yürümek yerine oradan oraya hopluyor, böcekten daha büyük bir şey avlamıyor ve yalnızca geceleri barınaklarından çıkıyorlardı. Ama gece yarısı böcek toplayan bu muhallebi çocuklarının şansı yaver gitti ve evrilmeye devam ettiler. On milyon yıl sonra Afrika'da başparmakları kavramayı sağlayacak şekilde gelişmiş, göğüslerini döven zeki primatlar ortaya çıktı ve bu primatlardan birinin soyuna ait olanlar iki ayakları üzerine dikilerek savanlarda yürümeye başladı. İnsanın özüne dair ipuçlarını bulmak için bilim insanları bu gelişimi yoğun bir biçimde araştırıp didik didik incelediler. Resmin bütününe baktığımızda (parmak boğumlarına dayanmaktan vazgeçip ayağa kalkan, bedenindeki tüyleri döküp fırlak çenesi düzleşen meşhur *National Geographic* insanı) ortaya çıkışımız biraz da destansıdır.

İnsanın ortaya çıkışı gerçekten önemli olsa da DNA'mız, Roma İmparatorluğu zamanında zafer kazanmış generali izleyen köle edasıyla kulağımıza fısıldar: *Unutma sen bir fanisin*. Aslında maymun-

su atalarımızdan modern insana geçişimiz takdir ettiğimizden daha büyük zorluklarla doluydu. Genlerimize kazınmış kanıtlar, insan soyunun birkaç kez neredeyse tükenme noktasına geldiğini, büyük planlarımızı hiç umursamayan doğanın, bizi Amerikan mamutları ve Dodo kuşları gibi ortadan kaldırmasına ramak kaldığını gösteriyor. DNA dizimizin, alt primatlar denen sınıfla ne kadar yakın bir benzerlik taşıdığını görmek daha da aşağılayıcıdır; bu benzerlik, doğuştan gelen ayrıcalıklı olma duygusuyla, diğer varlıklardan bir biçimde üstün olduğumuz inancıyla çatışır.

Doğamıza yerleşmiş bu duygunun sağlam bir kanıtı da insan dokularını başka bir canlının dokusuyla karıştırma düşüncesinden bile duyduğumuz tiksintidir. Ama ciddi bilim insanları tarih boyunca insan-hayvan kimeraları yapma girişiminde bulunmuştur, ama bu girişimlerin en yakın tarihlisinde insan ve hayvan DNA'ları birbiriyle karıştırılmıştır. Bu alanda gerçekleştirilen muhtemelen tüm zamanların en endişe verici deneyi, 1920'lerde İlya İvanoviç İvanov'un insan genlerini şempanze genleriyle birleştirdiği, Joseph Stalin'in de bizzat onayladığı tüyler ürpertici deneylerdir.

İvanov bilim kariyerine 1900'lerde başladı, psikolog İvan Pavlov'la (salyalı köpeklerin efendisi) birlikte çalıştı, daha sonra branşını genişletip çiftlik hayvanlarının, özellikle de atların döllenmesi üzerine dünya çapında bir uzman oldu. İvanov, çalışmaları için kendi araçlarını kendi üretmişti: meniyi emecek özel bir sünger ve kısırakların içine yerleştirecek lastik sondalar. On yıl boyunca, Romanov hükümetine güzel atlar sağlayan resmi bir büro olan Devlet Damızlık At Yetiştirme Departmanı için çalıştı. Bu politik ayrıcalıklar düşünüldüğünde, Romanovların 1917'de neden devrildiğini tahmin etmek güç değildir; Bolşevikler başa gelip Sovyetler Birliği'ni kurduğunda İvanov işsiz kalmıştı.

O dönemde pek çok kişinin yapay döllenmeyi utanç verici buluyor olması, İvanov'un geleceği için pek de umut vaat etmiyordu. Bu yöntemi savunanlar bile, doğal birleşmeyi bozmamak için gülünç çarelere başvuruyordu. Meşhur bir doktor, kısır çiftin odasının dışında

bekliyor, onlar iş başındayken kapı deliğinden içeriyi dinliyor, sonra sperm dolu bir damlalıkla içeri dalıp kocayı bir kenara iterek spermi kadına fışkırtıyordu. Tüm bunlar, yumurta hücrelerinin, döllenmenin cinsel birleşme sırasında olduğunu düşünmesi içindi. Vatikan 1897'de Katoliklerin yapay döllenme kullanmasını yasakladı, aynı şekilde Rus Ortodoks Kilisesi de bu yöntemi uygulayanları (İvanov gibi) suçlu buldu.

Ama kilisenin kızgınlığı neticede İvanov'un kariyerine yardımcı oldu. Çiftlik avlusunda çamura bulanmışken bile İvanov çalışmasının önemli olduğunu düşünüyordu. Bu yalnızca daha iyi inekler ve keçiler üretmenin bir yolu değildi, aynı zamanda farklı türlerin embriyolarını karıştırmak suretiyle Darwin ve Mendel'in temel biyoloji kuramlarını araştırmanın da bir yoluydu. Ne de olsa süngerleri ve sondaları sayesinde bu işteki ana engeli, yani rasgele hayvanları birbirleriyle çiftleşmeye ikna etme sorununu ortadan kaldırıyordu. İvanov 1910'dan beri Darwinci evrimin nihai testi sayılan insan/şempanzeler üzerinde kafa patlatıyordu. Hermann Muller'e (Sovyet hayranı *Drosophila* bilim adamı) danıştıktan sonra 1920'lerde nihayet cesaretini toplayıp araştırması için fon istedi.

İvanov halkın eğitim ve aydınlanma komiserine, Sovyetlerin resmi bilimsel fonlarını denetleyen yetkiliye başvurdu. Eskiden bir tiyatro ve sanat uzmanı olan komiser teklifi rafa kaldırdı, ancak bazı üst düzey Bolşevikler, İvanov'un fikrinde umut verici bir şeyler gördü: Sovyetler Birliği'nin açık düşmanı olan dine hakaret etme fırsatı. Bu ileri görüşlü adamlar, insan/şempanze üretmenin "emekçi halkı Kilisenin hakimiyetinden kurtarmaya yönelik propaganda ve mücadelede" hayati önem taşıyacağını ileri sürdü. Görünüşte bu nedenle, Eylül 1925'te Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Scopes davasından[49] yalnızca birkaç ay sonra, Sovyet hükümeti deneylere başlaması için İvanov'a 10.000 dolar (bugünün parasıyla 130.000 dolar) verdi.

49- Amerika Birleşik Devletleri'nde, Charles Darwin'in evrim kuramını öğreterek yasaları çiğnediği öne sürülen John T. Scopes adlı bir lise öğretmeninin yargılandığı ünlü dava. –çn

Çalışmasının başarılı olacağını düşünmek için İvanov'un sağlam bilimsel nedenleri vardı. Bilim insanları insan ve primat kanının birbirine şaşırtıcı derecede benzediğini biliyorlardı. Daha da heyecan verici olansa Rusya doğumlu meslektaşı Serge Voronoff'un erekliklerini geri kazanmaları için yaşlı adamlara primatların salgı bezlerini ve testislerini naklettiği sansasyonel ve başarılı olduğu iddia edilen bir dizi deneyi tamamlamak üzere olmasıydı. (Dedikodulara göre İrlandalı şair William Butler Yeats bu işlemden geçmişti. Bunun aslı yoktu ama insanların bu saçmalığı dikkate alması Yeats hakkında çok şey söylüyordu.) Voronoff'un nakilleri en azından fizyolojik anlamda alt primatlarla insanları ayıran pek az şey olduğunu gösterir gibiydi.

İvanov birbirinden çok farklı türlerin birlikte üreyebileceğini de biliyordu. Kendisi antiloplarla inekleri kobay fareleriyle tavşanları, zebralarla eşekleri melezlemişti. Çar ve yardakçılarını eğlendirmenin (bu çok önemliydi) yanı sıra bu çalışma, soyları milyonlarca yıl önce ayrılmış hayvanların birlikte çocuk yapabileceğini kanıtlıyordu; sonrasında başka bilim insanlarının çalışmaları bu yönde daha fazla kanıt ortaya çıkaracaktı. Aklınıza gelebilecek her çift (aslanlarla kaplanlar, koyunlarla keçiler, yunuslarla katil balinalar) bilim insanları tarafından bir yerlerde yan yana getirilmiştir. Doğru, bu melezlerden bazıları üreyemiyordu, dolayısıyla genetik açıdan bir işe yaramazlardı. Ama yalnızca bazıları: Biyologlar vahşi hayatta pek çok garip çiftleşme bulmuştur ve doğal ortamda "tür dışında üreyen" üç yüz memeli türünden üçte biri üreyebilen yavrular ortaya çıkarmıştır. İvanov'un melezlemeye inancı tamdı. Hesaplarına serpiştirdiği bir tutam Marksist materyalizm, şempanzelerle birleşmeye tenezzül etmeme ihtimali olan ruh gibi münasebetsiz bir şeyi insandan esirgediği için, insan/şempanze deneyleri hiç de olanaksız görünmüyordu.

Ne kadar ihtimal dışı ve tiksindirici görünse de insan/şempanzelerin mümkün olup olmadığını bilim insanları bugün bile bilmiyor. İnsan spermi laboratuvarda gerçekleştirilen deneylerde, döllen-

Modern zonkey (zeşek). İlya İvanov "insanzeleri" araştırmaya geçmeden önce zonkeyler ve pek çok başka genetik melezler yarattı. (Tracy N. Brandon)

menin ilk adımını aşıp bazı primat yumurtalarının dış zarını delebilir, zaten insan ve şempanze genleri makro düzeyde de aşağı yukarı aynı görünür. İnsan DNA'sıyla şempanze DNA'sı birbirlerinin varlığından bile hoşlanır. İki DNA'nın da içinde olduğu bir solüsyon hazırlayıp çift sarmal çözülene dek ısıtırsanız, insan DNA'sı şempanze DNA'sını benimsemekte ve ortam soğuyunca onunla tekrar çift zincir oluşturmakta sorun yaşamaz. Birbirlerine bu kadar benzerler işte.[50]

Dahası birkaç primat genetikçisi, ayrı bir tür oluşturmamızdan çok *sonra* bile atalarımızın şempanzelerle çiftleştiğini düşünür. Tartışılsa da kalıcılığını yitirmeyen bir kurama göre şempanzelerle çiftleşmemiz oldukça uzun bir süre boyunca devam etti: yaklaşık bir milyon yıl kadar. Eğer bu doğruysa şempanze soyundan nihai ayrı-

50- Hatta bilim insanları yaşayan en yakın akrabalarımızın goriller değil, şempanzeler olduğunu da böyle belirledi. Bilim insanları DNA melezleme deneylerine ilk kez 1980'lerde şempanze, goril ve insan DNA'sını, buharı tüten sıcak banyolarda karıştırarak başladı. Karışım soğuduğunda insan DNA'sının şempanze DNA'sına yapışması, goril DNA'sına yapışmasından daha kolay oluyordu.

lışımız zorlu ve kaotiktir, ama kaçınılmaz değildir. İşler başka türlü gitseydi, cinsel eğilimlerimiz insan soyunun varlığını derhal sonlandırabilirdi.

Kuram şöyledir: Yedi milyon yıl önce küçük bir primat popülasyonu bilinmeyen bir nedenle (belki bir depremin açtığı yarık, belki grubun yarısının bir öğleden sonra yiyecek ararken kaybolması, belki de iki grup arasında yokyere kopan bir savaş) diğerlerinden ayrıldı. Birbirlerinden ayrı geçirdikleri zaman boyunca şempanze ve insan atalarımızdan oluşan bu iki ayrı grup muhtemelen kendilerine benzersiz özellikler kazandıracak mutasyonlar biriktirdi. Buraya kadarı standart biyolojidir. Ancak daha sıra dışı olan şey şu: İki grubun bir süre sonra yeniden bir araya geldiğini hayal edin. Bunun nedenini tahmin etmek de imkansızdır; belki buz çağı yaşam alanlarının birçoğunu silip süpürdü ve onları küçük, ormanlık bir alana sıkıştırdı. Yine de sonrasında olanlar için Marquis de Sade tarzı tuhaf dürtüler önermemize gerek yoktur. Proto-şempanzelerle avunmayı milyonlarca yıl önce bırakmış olmalarına rağmen, gruplar tekrar birleştikten sonra, yalnız kalan ya da sayıları az olan proto-insanlar onları yataklarına (lafın gelişi) tekrar kabul etmiş olabilirlerdi. Bir milyon yıl bize sonsuz gibi gelebilir, ama bu iki proto arasındaki genetik farklılık muhtemelen günümüzde melezlenen pek çok türden daha azdı. Bu melezlenme primat "katırlar"ın yanı sıra, doğurgan melezler de ortaya çıkarabilirdi.

Proto-insanlar için tehlike burada yatıyordu. Primat tarihinde bunun gibi en az bir örnek vardır: Uzun zamandır ayrı olan iki makak türü tekrar çiftleşmeye başladığında, tek bir tür olarak birleşmişler ve aralarındaki özel farklılıklar kaybolmuştu. Şempanzelerle üremeyiz de bir hafta sonu kaçamağı ya da cilveleşme sayılmazdı. Uzun süreli ve yakın bir ilişkiydi. Atalarımız boş verip proto-şempanzelerle kalıcı olarak otursaydı, aynı şekilde bizim benzersiz genlerimiz de genel gen havuzunda boğulabilirdi. Soy ıslahı taraftarı gibi konuşmak istemem ama kendi varoluşumuzu cinsel ilişki yüzünden ortadan kaldırabilirdik.

Elbette bütün bunlar şempanze ve insanların ilk ayrılmadan sonra tekrar çiftleşmeye başladığını varsayıyor. O halde bu suçlamanın kanıtı nedir? Büyük bir kısmı cinsiyet kromozomlarımızda, özellikle de X kromozomunda yatar.

Dişi melezlerin doğurganlık sıkıntısının sebebi genellikle sahip oldukları X'lerin birinin bir türden diğerininse öteki türden gelmiş olmasıdır. Bunların arasında herhangi bir sebeple uyumsuzluk çıkarsa üreme gerektiği gibi gitmez. Uyumsuz cinsiyet kromozomları erkekleri daha da kötü etkiler: Farklı türlerden gelen X ve Y'ler onları her zaman kısır bırakır. Ama kadınlar arasında kısırlık, grubun hayatta kalması açısından daha büyük bir tehdittir. Birkaç doğurgan erkek pek çok kadını hamile bırakabilir ama dişi doğurganlığının azalmasını hiçbir şey telafi edemez, çünkü kadınların çocuk yapma hızı bellidir.

Burada doğanın çözümü soykırımdır. Daha doğrusu genkırımı. Doğa, türler arası çiftleşenler arasındaki herhangi bir potansiyel uyumsuzluğu, türlerden birinin X kromozomunu yok ederek ortadan kaldırır. Hangisi olduğu önemli değildir, ama biri yok olmak zorundadır. Bu, aslında karşı tarafı yıpratma savaşıdır. Kaç proto-şempanze ve proto-insanın çiftleştiğinin, ilk kuşak melezlerin tam olarak kiminle ürediğinin, ayrı ayrı doğum ve ölüm oranlarının karışık ayrıntılarına bağlı olarak, muhtemelen ilk başlarda türlerden birinin X kromozomu sayısı, gen havuzu içinde diğerlerinden daha yüksek orandaydı. Sonraki kuşaklarda, sayı avantajına sahip olan X yavaş yavaş diğerini boğacaktır, çünkü benzer X'lere sahip melezler diğerlerine nazaran daha çok üreyecektir.

Cinsiyet kromozomu dışında kalan vücut kromozomlarını (otozom) ortadan kaldıracak en büyük baskı aracı budur. Bu kromozomlar farklı türlerden gelen kromozomlarla eşleşmeye hayır demezler. (Ya da reddetseler bile kavgaları bebek yapmalarına engel değildir, DNA için önemli olan da budur.) Sonuç olarak melezler ve soyları, uyumsuz otozomlarla dolu olsa bile, rahatça hayatta kalabilecekti.

2006 yılında, bilim insanları gnozomlarla (cinsiyet kromozom-

ları) otozomlar (vücut kromozomları) arasındaki bu farkın, insan DNA'sının garip bir özelliğini açıklayabileceğini düşündüler. Soylarının ayrılmasından sonra proto-şempanzeler ve proto-insanlar farklı yollara girmiş ve her kromozomda farklı mutasyonlar edinmiş olmalıydılar. Aslında büyük ölçüde de böyle oldu. Ancak bugün insanlarla şempanzelere bakıldığında, iki tarafın X'leri diğer kromozomlara nazaran daha benzer görünür. Görünüşe göre X'teki DNA saati sıfırlanmıştır, çünkü taze genç kız görüntüsünü hâlâ korur.

DNA kodlama bölgemizin yüzde doksan dokuzunun şempanzelerle aynı olduğu istatistiğini muhtemelen duymuşsunuzdur, ama bu ortalama aslında genel bir ölçümdür. Bu istatistik, İvanov'un çalışmasındaki en önemli kromozomun, yani insan ve şempanze X'lerinin, dizinin başından ve sonundan bakıldığında birbirine daha da benzer göründüğü gerçeğini gizler. Bu benzerliği açıklamanın kısa bir yolu da, türler arası çiftleşme ve muhtemelen tek bir X tipini ortadan kaldıracak yıpratma savaşıdır. Hatta bilim insanlarının proto-insan ve proto-şempanze çiftleşmesiyle ilgili kuramı geliştirmesinin nedeni de budur. Kendileri de bunun kulağa çılgınca geldiğini kabul ederler ama insan ve şempanze X kromozomlarının neden diğer kromozomlardan daha az çeşitlilik gösterdiğini açıklamanın başka bir yolunu bulamazlar.

Buna uygun düşecek şekilde, (cinsiyet savaşı da göz önüne alınırsa) Y kromozomuna yönelik araştırmalar, insanla şempanze arasındaki üremeyle ilgili erotik kanıtlarla çelişebilir. Örneğin bilim insanları bir zamanlar son üç yüz milyon yılda büyük çapta küçülmeye giden ve bugün kromozomal bir koçan olarak kalan Y'nin, kendi genlerini bu şekilde kırpmaya devam ederse bir gün tamamen yok olacağına inanıyordu. Bunun, evrimsel bir kalıntı olduğu düşünülüyordu. Oysa aslında Y, insanlar şempanzelerle birlikte olmaya tövbe ettiğinden (ya da belki tam tersi olmuştur) beri son birkaç milyon yıl içinde bile hızla evrilmiştir. Y, sperm yapan genleri barındırır; sperm üretimi de aşırı çoğalan türlerde acımasız bir rekabettir. Tek bir proto-kadınla pek çok farklı proto-erkek çiftleşeceği için, bir beyefendinin

spermleri hanımefendinin vajinası içinde sürekli olarak başka beyefendilerin spermleriyle mücadele etmek zorundaydı. (Bu konu pek iştah açıcı olmayabilir ancak doğrudur.) Burada avantajı garantilemek için yararlanılan evrimsel stratejilerden biri de her boşalma esnasında oldukça fazla sperm üretmektir. Elbette bunu yapmak pek çok DNA'nın kopyalanıp yapıştırılmasını gerektirir, çünkü her spermin kendi genetik yükünü üzerinde bulundurması gerekir. Ne kadar çok kopyalanma olursa da o kadar çok mutasyon meydana gelir. Bu bir kumardır.

Ancak bu kaçınılmaz kopyalama hataları, üreme biyolojimiz nedeniyle X kromozomunu diğer bütün kromozomlardan daha az rahatsız eder. Sperm yapımında olduğu gibi, yumurta yapımında da çok sayıda DNA'nın kopyalanıp yapıştırılması gerekir. Bir dişide her kromozomdan eşit sayıda vardır. İki tane Kromozom 1, iki tane Kromozom 2 vb. ve iki tane X. Bu nedenle yumurta üretimi sırasında, X'ler de dahil olmak üzere her kromozom eşit sıklıkta kopyalanır. Erkeklerde de birden yirmi ikiye kadar tüm kromozomların iki kopyası vardır. Ama onlarda çift X yerine, bir X bir de Y bulunur. O halde sperm üretimi sırasında X diğer kromozomlara göre daha az kopyalanır. Daha az kopyalandığı için de daha az mutasyon alır. Y kromozomuyla beslenen sperm yarışı nedeniyle erkekler çok miktarda sperm üretir, bu yüzden de X ve diğer kromozomlar arasındaki mutasyon farkı giderek daha fazla açılır. Bu nedenle bazı biyologlar şempanzelerle insanları karşılaştırırken, X'teki mutasyon eksikliğinin karmaşık ve gayrimeşru bir cinsel geçmişle ilgili olmayabileceğini öne sürerler. Bu, temel biyolojimizin bir sonucu olabilir çünkü X daima daha az mutasyon almalıdır.[51]

51- Burası tartışmayı bir sonuca bağlamak için doğru yer değil tabii; ancak melezleme kuramını ilk kez ortaya atan bilim insanları elbette bu sözde yalanlamayı çürütmeyi denediler. İlk bilim insanları haklıdır: Kuramı 2006'da açıklayan makalelerinde, sperm üretim oranları yüzünden, X'ler arasında daha fazla ortak nokta olduğuna dair bir eleştiri geleceğini tahmin etmişlerdi. X kromozomları arasındaki benzerliğin gerçekten de bu sebepten kaynaklandığını, hatta inceledikleri X kromozomlarının bu senaryonun açıklayabileceğinden bile daha benzer göründüğünü özellikle belirttiler.

Doğal olarak, çürütmeyi yapan bilim insanları şimdi bu karşıçürütmeye karşı çıkmakla meşgul. Çok teknik, hatta bir parça esrarlı görünebilir ama ortaya önemli ve riskli bir sonuç çıkabileceği düşünülürse, bu tartışma aslında heyecan vericidir.

Kimin haklı olduğu şu gerçeği değiştirmedi: Bu yöndeki çalışmalar Y'nin memeli genomundaki uyumsuz öğe olduğuna dair eski görüşleri çürüttü, ki Y de kendi çapında epey karmaşıktır. Ama bu revizyonlarla dolu tarihin insanlar açısından daha iyi olup olmadığını söylemek zordur. Şempanzelerdeki güçlü sperm oluşturma baskısı insanlarda olduğundan çok daha fazladır, çünkü erkek şempanzeler daha fazla sayıda farklı partnerle cinsel ilişkide bulunur. Buna karşılık evrim, şempanze Y'sini baştan aşağı yeniden yaratmıştır. Hem de –muhtemelen çoğu erkek buna inanmak istemeyecektir– şempanzelerin evrimsel açıdan insan erkeklerini çok ama çok geride bırakacağı ölçüde. Şempanzelerin daha dayanıklı, daha zeki ve yön duygusu daha kuvvetli spermleri vardır, insan Y'si onun yanında eski moda kalır.

Size düşen DNA da bu – biraz mütevazı. Bir Y kromozomu uzmanı şöyle söyler: "Şempanze genomunun dizilimini yaptığımızda insanlar neden dile sahip olduğumuzu ve şiir yazdığımızı anlayacağımızı sandılar. Ama sperm üretiminin aslında en çarpıcı farklılıklardan biri olduğu ortaya çıktı."

İvanov'un deneylerini DNA terimleriyle ele almak, kronolojik anlamda biraz hatalıdır. Ama İvanov döneminde bilim insanları kromozomların genetik bilgiyi kuşaktan kuşağa taşıdığını ve anne babadan alınan kromozomların, özellikle sayı bakımından uyumlu olması gerektiğini biliyordu. Kanıt üstünlüğünü elinde bulunduran İvanov, şempanze ve insan biyolojilerinin deneylere başlamak için yeterince benzer olduğuna karar verdi.

Parayı temin ettikten sonra Paris'teki bir meslektaşı aracılığıyla, sömürge döneminin Fransız Gine'sinde (bugünkü Gine) bulunan bir primat araştırma merkezinde bir iş ayarladı. Merkezdeki koşullar üzücüydü: Şempanzelerin yaşadığı kafesler açık havadaydı, bölgedeki kaçak avcıların getirdiği yedi yüz şempanzenin yarısı hasta-

lık ya da bakımsızlıktan ölmüştü. Yine de İvanov, oğlunun (İlya İlyiç İvanov) yardımına başvurdu ve Rusya, Afrika ve Paris arasında mekik dokuyarak binlerce deniz milini aşmaya başladı. Nihayet Kasım 1926'da sıcak ve nemli Gine'ye varan İvanovlar deneylere başlamaya hazırdı.

Esirler cinsel olgunluğa ulaşmamış ve gebe kalamayacak kadar genç olduğundan, İvanov regl olup olmadıklarını görmek için aylar boyunca sinsice pubik kıllarını kontrol etti. Bu arada yeni esirler yığıldıkça yığılıyordu, ta ki 1927 yılının Sevgililer Günü'ne kadar. İvanov, melez canavarlarla ilgili yerel efsanelere inanan ve insanların primatlarla çiftleşmesine karşı güçlü tabuları olan Ginelilerin öfkeli sorularından kaçınmak için çalışmasını gizli tutmak zorundaydı. Ama en sonunda 28 Şubat'ta Babette ve Sylvette adında iki şempanze adet gördü. Ertesi sabah saat sekizde kimliği bilinmeyen bir yerel donörü ziyaret ettikten sonra İvanov ve oğlu ellerinde sperm dolu bir şırıngayla şempanzelerin kafesine yaklaştı. Oğul İvanov birkaç gün önce ısırılmış ve hastanede yatmış olduğu için yanlarına iki Browning tabanca da almışlardı. İvanovların sonuçta Browninglere ihtiyacı olmadı ama bunun nedeni yalnızca Babette ve Sylvette'i ağlarla bağlayıp resmen tecavüz ettikleri içindi. Bakire şempanzeler çırpınıp mücadele ettiği için İvanovlar şırıngayı istedikleri gibi rahimlerine değil, ancak vajinalarına saplayabildiler. Bu deney doğal olarak başarısız oldu. Babette ve Sylvette haftalar sonra tekrar adet gördü. Sonraki aylarda ise pek çok genç şempanze dizanteriden öldü. İvanov o ilkbahar bir dişiyi (şempanze uyutulmuştu) daha döllemeyi başardı. Bu deneme de başarısızlıkla sonuçlandı. Bu, İvanov'un araştırmasını finanse edecek parayı almak için Sovyetler Birliği'ne götürecek canlı bir insan/şempanze elde edemediği anlamına geliyordu.

Aydınlanma komiserinin kendisine ikinci bir şans vermeyebileceğinden korkan İvanov bazen gizlice, yeni projeler ve yeni araştırma yolları kovalamaya başladı. Afrika'ya gitmeden önce, Sovyetler Birliği'ndeki az sayıdaki yarı tropikal bölgeden biri ve Sovyet lideri Joseph Stalin'in anayurdu olan günümüz Gürcistan'ındaki

Sukhumi'de kurulmuş ilk primat merkezinde çığır açıcı araştırmalara yardım etmişti. İvanov aynı zamanda zengin ama tuhaf bir sosyetik sima olan Kübalı Rosalia Abreu'ya da yanaşmıştı. Şempanzelerin psişik güçleri olduğuna ve korunmaları gerektiğine inanan kadının Havana'daki özel mülkünde özel bir primat barınağı vardı. Abreu başta İvanov'un deneylerine ev sahipliği yapmayı kabul ettiyse de, gazetelerin hikayeyi öğreneceğinden korkarak teklifini geri çekti. Endişelenmekte haklıydı. *New York Times* yine de hikayeyi öğrendi. İvanov'un bazı Amerikalı destekçileri, araştırmaya ödenek sağlaması için, adını duyurmak isteyen Amerikan Ateizmi Geliştirme Derneği'ne başvurmuştu. Onlar da bu fikri borazanla ilan etmeye başladı. *Times*'daki haber[52] üzerine Ku Klux Klan örgütü İvanov'a mektuplar göndererek Atlas Okyanusu'nun öte tarafında şeytan işleriyle uğraştığı konusunda onu uyardı. Bu, "Yaradan'a hakaretti".

Bu sırada İvanov şempanzelerden oluşan koca bir haremi sağlıklı ve güvende tutmayı masraflı ve can sıkıcı bulmaya başlamıştı, bu nedenle deney protokolünü ters yüz edecek bir plan yaptı. Primat topluluklarında dişiler ancak belli bir sürede çocuk sahibi olabilirdi, oysa tek bir kuvvetli erkek az bir masraf yaratarak tohumunu geniş ölçüde yayabilirdi. Bu nedenle insan spermiyle dölleyebileceği çok sayıda dişi şempanze tutmak yerine, İvanov bir erkek şempanze ele geçirip insan kadınları döllemeye karar verdi. Bu kadar basit.

İvanov bunun üzerine Kongo'daki bir sömürge doktoruyla gizli bir anlaşma yaparak doktordan hastalarını döllemesine izin vermesini istedi. Doktor hastalarının böyle bir şeye nasıl rıza göstereceğini sorduğunda, İvanov onlara bir şey söylenmeyeceğini açıkladı. Bu cevap doktoru tatmin etti, İvanov da Fransız Ginesi'ndeki dişileri bırakıp Kongo'dakilere yöneldi. Burada her şey hazırdı. Ancak son saniyede bölge valisi araya girerek İvanov'a deneyi hastanede yapama-

52- Müstehcen ayrıntıların yanı sıra haberde garip ve tuhaf derecede eşitlikçi bir alıntı da yer alıyordu: Bir bilim insanı "orang[utan] sarı ırkla, goril siyah ırkla ve şempanzeler de beyaz ırkla melezlenirse, bu üç melez de kendi aralarında üreyebilir." Rengine bakmaksızın bütün insanların hayvanlarla akraba olduğu ısrarı özellikle o dönemler için çarpıcıydı.

yacağını bildirdi: Bunu dışarıda bir yerde yapmalıydı. Bu müdahaleye kızan İvanov, sağlıksız koşulların hem çalışmasını hem de hastalarının güvenliğini tehlikeye atacağını söyledi. Ama vali kararından dönmedi. İvanov günlüğünde, bu fiyaskoyu "korkunç bir darbe" şeklinde nitelendiriyordu.

İvanov Afrika'daki son gününe kadar dölleyecek başka adaylar aradı ama çabaları sonuçsuz kaldı. Bu nedenle 1927 Temmuz'unda nihayet Fransız Ginesi'nden ayrıldıktan sonra, ücra köşelerde daha fazla vakit kaybetmemeye karar verdi. Çalışmalarını Sukhumi'deki yeni açılmış Sovyet primat merkezine kaydıracaktı. Aynı zamanda tek bir erkek damızlık bulup Sovyet kadınlarını onunla üremeye ikna ederek, dişi şempanzelerden oluşan haremin yarattığı güçlükleri bertaraf edecekti.

İvanov değiştirdiği deneyler için ödenek bulmakta zorluk çekti ama Materyalist Biyologlar Derneği, İvanov'un çalışmasını uygun bir Bolşevik davası olarak benimseyip parayı verdi. Ancak çalışmasına başlayamadan, Sukhumi primatlarının çoğu o kış hastalanıp öldü. (Sukhumi, Sovyet standartlarına göre ılık olabilirdi ama Afrika primatları için epey kuzeydeydi). Neyse ki bir primat kışı atlattı: Tarzan adında yirmi altı yaşında bir orangutan. Artık İvanov'un yalnızca insan deneklere ihtiyacı vardı. Ancak İvanov'un adaylara taşıyıcı anne olmaları için para teklif etmesine izin yoktu. Kadınlar, Sovyet Devleti'ne duydukları ideolojik aşktan dolayı bu işe gönüllü olmalıydılar, bu da para kadar somut bir ödül değildi. Bu, işleri daha da geciktirdi ama yine de 1928 ilkbaharında İvanov bir denek bulmuştu.

Adını yalnızca "G" olarak biliyoruz. Zayıf mı şişman mı, çilli mi açık tenli mi, bir hayat kadını mı yoksa yönetici mi, bu konuda hiçbir fikrimiz yok. Elimizde bir tek İvanov'a yazdığı yürek parçalayıcı ve eksik mektup vardır. "Sevgili profesör[:] özel hayatım bir yıkım içindeyken daha fazla yaşamakta bir anlam görmüyorum...ama bilime hizmet edebileceğimi düşününce sizinle temasa geçmek için yeterli cesareti topladım. Size yalvarırım, beni reddetmeyin."

İvanov da reddetmeyeceğini bildirdi. Ama G'yi Sukhumi'ye geti-

Sovyet biyolog İlya İvanovich İvanov, primatla insanın üremesi konusunda en ileri giden bilim insanıydı. (Institute of the History of Natural Sciences and Technology, Russian Academy of Sciences)

rip dölleme hazırlıkları yaparken Tarzan beyin kanamasından öldü. Kimsenin ondan sperm almak için vakti de olmamıştı. Deney bir kez daha durdu.

Bu kez kalıcı olarak. Bir başka maymun yakalamasına fırsat kalmadan, Sovyet gizli polisi İvanov'u bilinmeyen nedenlerden dolayı tutukladı ve Kazakistan'a sürgüne gönderdi. (Resmi suçlama tanıdıktı: "devrim karşıtı etkinlikler".) Zaten altmışını geçmiş İvanov'un kaderi hapsedilmiş primatlarla aynıydı. Sağlığı bozuldu. 1932'de düzmece suçlamalardan aklandı ama hapishaneden ayrılacağı gün (tıpkı Tarzan gibi) beyin kanaması geçirdi. Birkaç gün içinde de gökyüzündeki dev primat araştırma merkezindeki Tarzan'a katıldı.

İvanov öldükten sonra bilimsel çalışmaları da sona erdi. Primatları dölleme becerisine sahip az sayıda bilim insanı vardı; ayrıca bilimde ilerlemiş hiçbir ülke, Sovyetler Birliği'nin yaptığı gibi her türlü ahlaki ilkeyi çiğneyip böyle bir çalışmaya para vermek istemiyordu. (Haksızlık etmeyelim; İvanov hastanede yatan Kongolu kadınları şempanze spermiyle gizlice dölleme planlarını açıkladığında, görmüş geçirmiş Politbüro yetkilileri bile az kalsın kusuyordu.) Sonuç

olarak 1920'den bu yana bilim insanları insan/primat melezler üzerine araştırma yapmamıştır. Bu da İvanov'un ısrarlı sorusunun hâlâ yanıtlanmamış olduğu anlamına gelir: Tarzan gibi bir hayvanın G'yle çocuk yapabilmesi mümkün müydü?

Bir açıdan düşünüldüğünde belki de mümkündü. 1997 yılında New York'ta bir biyolog, insan ve şempanzeden alınan embriyonik hücreleri karıştırıp taşıyıcı anneye yerleştirecek bir işlem için patent başvurusu yaptı. Biyolog, projenin teknik olarak uygulanabilir olduğunu düşünüyordu; kendisi bir insan/şempanze kimerası üretmek istemese bile alçağın birinin önce davranıp patent almasını engellemek istiyordu. (Patent bürosu 2005 yılında bu talebi reddetti, çünkü bir yarı insanı patentlemek, köleliği ve insanların mülk edinilmesini yasaklayan 13. ek maddeye ters düşer.) Ancak bu işlem fiili bir melezleme, yani iki türün DNA'sının karıştırılmasını gerektirmeyecekti. Çünkü insan ve şempanze embriyonik hücreleri ancak döllenmeden sonra temasa geçecekti. Bu nedenle vücuttaki bütün hücreler ya tamamen insan ya da tamamen şempanze hücresi olarak kalacaktı. Bu canlı bir melez değil, bir mozaik olacaktı.

Bugünlerde bilim insanları şempanze DNA'sından parçaları insan embriyosuna ya da insan DNA'sı parçalarını şempanze embriyolarına kolaylıkla ekleyebilir; ama biyolojik açıdan bakıldığında bu işlem pek de ufak tefek bir düzeltmede sayılmaz. Gerçek melezleme yumurta ve spermin yarı yarıya oranla birleşmesini gerektirir. Bugün her saygın bilim insanı insan ve şempanze döllenmesinin olanaksız olduğunu iddia edecektir. Bir kere, zigotu oluşturan ve onu bölen moleküller türe özeldir. Eğer yaşayan bir insan/şempanze zigotu oluşsa bile insanlar ve şempanzeler DNA'yı farklı biçimlerde düzenler. Bu nedenle bu kadar DNA'nın işbirliği yapmasını, eşzamanlı olarak genleri etkinleştirip susturmalarını, doğru karaciğer, deri ve özellikle beyin hücreleri oluşturmalarını sağlamak göz korkutucu bir iştir.

İnsan ve şempanzelerin üreyebileceğinden kuşku duymak için bir başka neden de, iki türün farklı sayıda kromozoma sahip olması-

dır. Bu bulguya İvanov'un yaşadığı dönemden çok sonra ulaşılmıştı. Kromozomları doğru saymak, yirminci yüzyılın büyük bölümü boyunca zor bir iş olmaya devam etti. DNA, hücrenin bölünüp kompakt kromozomların meydana gelmesinden önceki birkaç saniye dışında, çekirdeğin içinde dolaşık durumda bulunur. Kromozomların da hücreler öldükten sonra birbirine geçmek gibi kötü bir alışkanlıkları vardır, bu da saymayı daha da zorlaştırır. Bu nedenle en kolayı, erkek gonadlarındaki sperm yapan hücreler gibi sık bölünen, kısa süre önce canlı olan hücre örneklerinde sayım yapmaktır. 1900'lerin başlarında bile taze maymun testisi bulmak çok güç değildi (Tanrı biliyor, o zamanlar yeterince maymun öldürmüşlerdi) ve şempanzeler, orangutanlar ve goriller gibi yakın primat akrabalarımızın hepsinin kırk sekiz kromozomu olduğu da biyologlar tarafından belirlenmişti. Ancak tabular nedeniyle insan testisi bulmak daha zordu. O zamanlarda insanlar vücutlarını bilime bağışlamıyordu ve bazı çaresiz biyologlar –Rönesans zamanında mezar soyan anatomistler gibi– asılan suçluların testislerini almak için kentlerdeki darağaçlarının yakınlarında dolanıyordu. Bozulmamış örnek bulmanın başka yolu yoktu.

Bu zor koşullar nedeniyle insanlardaki kromozom sayısını belirleme çalışmaları kabataslaktı, tahminler on altıdan elli küsure kadar gidiyordu. Başka türlerde sürekli sayım yapılmasına rağmen, ırkçı kuramları destekleyen bazı Avrupalı bilim insanları, Asyalı, siyah ve beyaz insanların kromozom sayılarının kesinlikle farklı olduğunu ilan ediyordu. (En çok kromozomun kimde olduğunu tahmin edene ödül yok.) Daha sonraları sirke sineklerindeki dev tükürük bezlerini bulacak olan Theophilus Painter adındaki Texaslı bir biyolog, değişen kromozom sayısı kuramını 1923'teki tam ve eksiksiz bir araştırmayla nihayet ortadan kaldırdı. (Painter hammadde bulmak için adalet sistemine değil, muhtemelen şansına güveniyordu, çünkü eski öğrencilerinden biri akıl hastanesinde çalışıyor ve yeni hadım edilmiş hastalara ulaşabiliyordu.) Ancak Painter'ın en iyi slaytlarında bile ya kırk altı ya da kırk sekiz kromozomlu insan hücreleri görü-

nüyordu. Painter onları dönüp dolaşıp tekrar tekrar her açıdan saymış ama hâlâ karar verememişti. Biliyormuş gibi davranmadığı takdirde makalesinin reddedileceğinden korkan Painter, bu kafa karışıklığını kabullendi, derin bir soluk aldı vee... yanlış tahminde bulundu. İnsanların kırk sekiz kromozomu olduğunu söyledi, bu da standart sayı haline geldi.

Aradan otuz yıl geçtikten ve çok daha iyi mikroskoplar üretildikten sonra (insan dokusu üzerindeki kısıtlamaların rahatlatılması da cabası) bilim insanları hatayı düzeltti. 1955'e gelindiğinde artık insanların kırk altı kromozomu olduğu biliniyordu. Ama çoğunlukla olduğu gibi, bir gizemi çözmek yalnızca bir başkasını ortaya çıkarmaya yaradı, çünkü bu kez de bilim insanları neden iki kromozomun eksik olduğunu bulmak zorundaydı.

Şaşırtıcı bir biçimde, bu sürecin Philadelpia değiş tokuşu gibi bir şeyle başladığını saptadılar. Yaklaşık bir milyon yıl önce, kaderimizi belirleyen bir kadın ya da erkekte, on ikinci ve on üçüncü kromozomlar (ve pek çok primatta hâlâ on ikinci ve on üçüncü kromozomdurlar) parça değişimi yapmak için kollarını en uçtan birbirlerine doladı. Fakat normal bir biçimde ayrılmak yerine, bu iki kromozom birbirine yapıştı. Bir kemerin başka bir kemere takılması gibi, bunların uçları da birleşti. Bu karışım, en sonunda ikinci kromozom haline geldi.

Bu tür birleşmeler aslında sıra dışı değildir, her bin doğumda bir kez meydana gelirler ve çoğunlukla insanların sağlığını bozmadığı için fark edilmezler. (Kromozomların uçlarında çoğunlukla gen bulunmaz, bu nedenle hiçbir bozukluk olmaz.) Ancak bir birleşmenin, kırk sekizden kırk altıya düşüşü tek başına açıklayamayacağını da belirtelim. Bir birleşme insanda kırk altı değil kırk yedi kromozom bırakır ve aynı hücrede iki özdeş birleşme olma ihtimali oldukça düşüktür. Sayı kırk yediye düştükten sonra bile kişinin hâlâ genlerini aktarması gerekir, bu da ciddi bir sorundur.

Bilim insanları en sonunda meseleyi çözdüler. Gelin, protoinsanların çoğunun kırk yedi kromozoma sahip olduğu döneme, bir

milyon yıl öncesine gidelim ve kırk yedi kromozomlu farazi bir Guy'ı izleyelim. Uçlarından birleşmiş bir kromozom Guy'ın günlük sağlığını etkilemeyecektir, ama sahip olduğu kromozom sayısının çift değil tek olması spermlerinin yaşayabilme ihtimalini zedeleyecektir. Nedeni çok basit. (Erkek yerine bir kadını düşünmeyi tercih ederseniz, aynı şey onun yumurtaları için de geçerli olacaktır.) Diyelim ki kromozomlardaki birleşme sonrasında Guy'da normal bir Kromozom 12, normal bir Kromozom 13 ve bir 12-13 melezi oluştu. Sperm üretimi sırasında bedeni bir noktada bu üç kromozomu iki hücreye bölmek zorundadır ve hesabını yaparsanız onları bölmenin yalnızca birkaç yolu vardır. {12} ve {13, 12-13} ya da {13} ve {12, 12-13} ya da {12, 13} ve {12-13}. İlk dört spermde ya bir kromozom eksiktir ya da bir çift kopya vardır ve bu da embriyonun ölüm fermanı anlamına gelir. Son iki örnekte normal bir çocuk için yeterli DNA vardır. Ama Guy birleşmeyi yalnızca altıncı örnekte çocuklarına aktarır. O halde genel olarak tek sayı yüzünden, Guy'ın çocuklarının üçte ikisi rahimde ölür ve bu çocuklardan yalnızca altıda biri birleşmeyi kalıtsal olarak alır. Ama birleşmeye sahip her çocuk üremeye çalışırken aynı korkunç ihtimallerle karşı karşıya kalacaktır. Birleşmeyi yaymak için iyi bir yöntem değildir ve hâlâ kırk altı değil, kırk yedi kromozom vardır.

Guy'ın ihtiyacı olan, aynı iki kromozomun birleşimine sahip bir Doll'dur. Aynı birleşime sahip iki insanın karşılaşıp çocuk yapma olasılığı son derece küçük görünebilir, tabii akrabalar arası evlilik yapan aileleri düşünmezsek. Akrabalar arasında gen paylaşımı çoktur, o yüzden birleşime sahip bir kişinin, aynı birleşime sahip bir kuzen ya da üvey kardeş bulma şansı sıfır değildir. Dahası Guy ve Doll'un sağlıklı çocuk sahibi olma olasılığı düşük olsa da, genetik rulet tekerleğinin her otuz altıncı dönüşünde (çünkü 1/6 x 1/6 = 1/36'dır), çocuk *her iki* birleşmiş kromozomu birden alacak, bu da ona toplam kırk altı kromozom verecektir. İşte size sonuç: Çocuk ve kırk altı kromozomu çok daha zahmetsiz şekilde üreyebilecektir. Unutmayın, birleşmenin kendisi, bir kromozomun DNA'sını bozmaz ya da

mahvetmez. Dünyada pek çok sağlıklı insanda birleşmeler bulunur. Yalnızca üreme çetrefilli bir hal alır; çünkü birleşme, embriyolarda DNA fazlalığı ya da eksikliğine yol açar. Ama çift sayıda kromozomu olduğu için çocuğun sperm hücreleri dengesiz olmayacaktır: Her birinde insan bedeninin normal işleyişini sürdürmesi için gereken doğru miktarda DNA bulunacak, bunlar yalnızca farklı biçimde paketlenmiş olacaktır. Sonuç olarak çiftin bütün çocukları sağlıklı olur. Çocuklar kendi çocuklarını yapmaya başladığında –özellikle de kırk altı ya da kırk yedi kromozomu olan akrabalarla– birleşim yayılmaya başlayabilir.

Bilim insanları bu senaryonun yalnızca bir varsayım olmadığını da biliyorlar. 2010 yılında bir doktor Çin'in kırsal kesiminde geçmişte akraba evlilikleri yapmış bir aileye rastladı. Aile ağacının örtüşen çeşitli dalları arasında kırk dört kromozomu olan bir erkek keşfetti. Bu ailenin vakasında on dördüncü ve on beşinci kromozomlar birleşmişti. Guy ve Doll örneğiyle tutarlı olacak şekilde, geçmişteki doğal düşük kayıtları oldukça kabarıktı. Ama bu felaketin arasından iki kromozomu eksik olsa da sağlığı mükemmel bir erkek çıkmıştı; bu, bir milyon yıl önce atalarımız kırk altı kromozoma giden yola girdiğinden beri bilinen ilk sabit eksilmeydi.[53]

O halde, Theophilus Painter bir açıdan haklıydı: Primat tarihimizin büyük bölümünde insan soyunun kromozom sayısı pek çok primatınkiyle aynıydı. Bu geçiş meydana gelene kadar, İvanov'un arzuladığı melezler çok daha yakın bir ihtimaldi. Gerçi kromozom sayılarının farklı olması her zaman üremeyi engellemez, atlarda altmış dört, eşeklerde ise altmış iki kromozom vardır. Fakat kromozomlar birbirini tutmayınca moleküler çarklar ve dişliler o kadar da sorunsuz dönmez. Gerçekten de Painter'ın araştırmasını 1923'te, İvanov

53– Sorulmadan cevaplayayım: Evet, kromozomlar füzyon denen bir süreçle de ayrılabilir. Bizim bugün sahip olduğumuz üçüncü ve yirmi birinci kromozomlar, primat soyunda bir zamanlar ekip olarak çalışıyordu, milyonlarca yıl boyunca da en uzun kromozomumuz olarak kaldı. On dördüncü ve on beşinci kromozomlarımız da çok uzun zaman önce, büyük maymunlar henüz ortaya çıkmadan bölündü. Bugün ikisinin garip dengesiz biçimi o günlerden kalma bir mirastır. Bazı açılardan, Çinli adamdaki on dördüncü ve on beşinci kromozom füzyonu, onu maymun öncesi atadan kalma şekline döndüren nihai genetik atavizmdi!

deneylerine başlamadan hemen önce yayımlamış olması çarpıcıdır. Painter kırk sekiz yerine kırk altı kromozom tahmininde bulunmuş olsaydı, bu sonuç İvanov'un umutlarına ciddi bir darbe indirecekti.

Belki sadece İvanov'a da değil. Mesele halen tartışmalıdır. Pek çok tarihçi bu hikayeyi düpedüz bir aldatmaca olmasa da, efsane olarak değerlendirir ve dikkate almaz. Ancak Rus bir bilim tarihçisinin Sovyet arşivlerinde ortaya çıkardığı belgelere göre, İvanov'un araştırmasına verilen ödeneği Joseph Stalin bizzat onaylamıştır. Bu gariptir, zira Stalin genetikten nefret ediyordu: Bilim alanındaki celladı Trofim Lisenko'nun Sovyetler Birliği'nde Mendel genetiğini yasaklamasına izin vermiş, Lisenko'nun etkisiyle Hermann Muller'in daha sağlıklı Sovyet vatandaşları yetiştirmek için önerdiği öjeni programını öfkeyle reddetmişti. (Muller bu yüzden Sovyetler Birliği'ni terk etti, geride bıraktığı meslektaşlarıysa "halk düşmanı" olarak kurşuna dizildi.) İvanov'un ahlaksız tekliflerini destekleyip Muller'inkini öfkeyle reddetmesi çelişkiliydi, bu yüzden birkaç Rus tarihçisi (kuşkulu bölüm de burasıdır), Stalin'in insan/şempanzeleri köle olarak kullanmayı hayal ettiğini iddia etmişti. Efsane 2005 yılında bir dizi dolambaçlı atıf aracılığıyla ivme kazandı. İngiltere'deki *Scotsman* gazetesi, adı verilmeyen Moskova gazetelerinden bir alıntı yapmıştı. Moskova gazeteleriyse ortaya çıkarılan başka belgelerde geçen, sözümona Stalin'in söylediği, "Yeni, yenilmez bir insan istiyorum. Acı hissetmeyen, dayanıklı ve yediği yiyeceğin kalitesini umursamayan" sözlerini alıntılamıştı. Aynı gün bulvar gazetesi *The Sun* yine Stalin'den alıntı yapıyordu. Stalin şempanzelerin "muazzam güce ama... gelişmemiş bir beyne" sahip olmalarının en iyisi olduğunu düşünmüştü, böylece muhtemelen isyan etmeyecekler ya da intihar edecek kadar berbat hissetmeyeceklerdi. Belli ki Stalin, Gulagların bulunduğu topraklardan geçen Trans Sibirya demir yolunu –tarihin en boş işlerinden biri– bu hayvanların inşa etmesini arzuluyordu, ama asıl amacı I. Dünya Savaşı'nda (ve Rusya'nın verdiği pek çok savaşta) büyük kayıplar alan Kızıl Ordu'ya yeni askerler katmaktı.

Stalin'in İvanov'a ödenek verilmesini onayladığı doğru olsa da, bu abartılacak bir şey değildir; yüzlerce başka bilim insanına verilen ödeneği de onaylamıştır. Stalin'in bir insan/şempanze ordusu hayal ettiğine dair bırakın somut kanıtı, aslında hiç kanıt görmedim. (Ya da bazılarının öne sürdüğü gibi insan/şempanzelerin salgı bezlerini alarak kendine ve diğer Kremlin üst düzey yetkililerine nakledip ölümsüzlüğü bulma planları olduğuna dair herhangi bir kanıt da yoktur.) Yine de bu konuda yorum yapmanın çok eğlenceli olduğunu söylemeliyim. Eğer Stalin gerçekten de İvanov'un çalışmasına tuhaf bir ilgi gösterdiyse, bu durum Stalin gücünü sağlamlaştırıp orduyu yeniden oluşturmaya karar verdiğinde, İvanov'un neden ödenek aldığını ya da primat merkezini neden Stalin'in doğum yeri Gürcistan'da kurduğunu açıklayabilir. Ya da gizli polisin neden İvanov'u başarısızlıklarından sonra tutukladığını, İvanov'un taşıyıcı annelere neden para veremediğini ve Rusya ananın sevgisiyle üreyebilecek gönüllüler bulmak zorunda kaldığını (emzirmeden sonra "kızlarını" ya da "oğullarını" Stalin Baba'ya vereceklerdi zaten) açıklayabilir. Uluslararası iddialar daha da büyüleyicidir. Stalin Kuzey Amerika'yı işgal etmek için Kuzey Kutbu'na maymun taburlar gönderir miydi? Hitler, Stalin'in beyaz ırkı bu şekilde kirlettiğini bilse yine de bir saldırmazlık anlaşması imzalar mıydı?

İvanov'un insan/şempanze yaratabileceğini varsaysak bile, Baba'nın sözde askeri planları muhtemelen suya düşerdi. Yarı şempanzelere tank kullanma ve Kalaşnikofla ateş etmeyi öğretmenin zorluğu bir yana, Sovyetler Birliği'nin iklimi muhtemelen onları yok ederdi. İvanov'un primatları palmiye ağaçlı Gürcistan kıyısında bile kırılmışken, bir melezin Sibirya'da ya da aylar süren siper savaşında hayatta kalması pek inandırıcı görünmez.[54]

Stalin'in gerçekte ihtiyacı olan insan/şempanzeler değil, Neandertallerdi: soğuk havaya uyum sağlamış iri kıyım, sert, kıllı insan-

54- İvanov'un yaşamıyla ilgili daha fazla bilgi edinmek için en yetkin kaynak Kirill Rossiianov'un *Science in Context*'in 2002 Yaz sayısında çıkmış makalesidir. "Beyond species: Ilya Ivanov and his experiments on cross-breeding humans with anthropoid apes."

sılar. Ama belirsiz nedenlerden ötürü Neandertallerin soyu on binlerce yıl önce tükenmişti. Bazı bilim insanları bir zamanlar, Neandertallerin soyunun tükenmesinde bizim savaş ya da soykırım yoluyla etkin rol oynadığımıza inanıyorlardı. Ancak bu kuram artık gözden düşmüş, yiyecek rekabeti ya da iklim değişiklikleri kuramları öne çıkmıştır. Ama ne bizim hayatta kalmamız ne de onların ölümü kaçınılmazdı. Hatta biz insanlar, evrimimizin büyük bölümünde İvanov'un primatları kadar narin ve dayanıksızdık: Ani soğuklar, habitat kaybı ve doğal afetler sayımızı birçok kez azaltmış olmalıdır. Bu uzak geçmiş de değildir, yansımalarıyla hâlâ mücadele ediyoruz. Dikkatinizi çekerim, insan DNA'sının bir başka gizemini daha açıkladık: Akrabalar arası üremenin, iki kromozomu birleştirip teke düşürdüğünü, bu yeni DNA'nın da insanlarda standart hale geldiğini gördük. Eski 12–13 birleşiminin, aileye hayatta kalma avantajı veren yeni karmaşık genler yaratmış olması mümkündür. Ancak büyük olasılıkla böyle olmadı. Daha mantıklı bir açıklama, genetik bir darboğaza girmiş olmamızdır. Bir şey, dünyada birkaç kabile dışında herkesi yok etti ve acemi şansıyla hayatta kalanların taşıdığı genler geniş ve uzak bölgelere yayıldı. Bazı türler darboğazlara girer ve bundan asla kaçamazlar. Alın size Neandertaller. DNA'mızdaki yaralar da kanıtlıyor ki, biz insanlar epey dar bir boğazdan tırnaklarımızla kazıyarak geçtik; Darwin'in çöp kutusundaki kalın kaşlı atalarımızın yanını boylamamız işten bile değildi.

III.
BÖLÜM

GENLER ve DÂHİLER

İnsan Nasıl Daha İnsan Oldu?

10

Kızıl A'lar, C'ler, G'ler ve T'ler

İnsan Soyu Tükenmenin Eşiğine Nasıl Geldi?

KIZARMIŞ ÇITIR FARE. KUŞBAŞI PANTER. Gergedan tartı. Fil hortumu. Kahvaltıda timsah. Dilimlenmiş domuz balığı. At dili. Kanguru jambonu.

Evet, William Buckland'ın ev hayatı biraz alışılmadık cinstendi. Oxford'daki evine gelen konukları, fosilleşmiş canavarların sırıtan kafataslarının bir yeraltı mezarlığını andıracak şekilde sıralandığı ön holü hatırlıyordu en çok. Kimileri de oradan oraya sallanan canlı maymunları, kep ve akademik cüppe giydirilmiş evcil ayıyı ya da bir akşamüstü ailenin sırtlanı tarafından ezilene kadar yemek masasının altında insanların ayak başparmaklarını kemiren kobay faresini. 1800'lerin doğa bilimcileriyse Buckland'ın sürüngen cinselliği üzerine açık saçık konuştuğunu hatırlıyordu. (Buckland her zaman müşfikçe anılmıyordu tabii; genç Charles Darwin onun bir soytarı olduğunu düşünüyordu.) *London Times*, Buckland'ın "hanımların yanındayken" sözlerine dikkat etmesi gerektiğini yazıyordu burun kıvırarak. Bir ilkbahar günündeki performansını hiçbir Oxfordlu unutamazdı. Çimenlerin üzerine yarasa dışkısının gübre olarak tanıtmak için dışkıyla "G-u-a-n-o"[55] yazdı. Gerçekten de bu sözcük

55- Esasen penguen ya da karabatak gibi deniz kuşlarının dışkılarından oluşan bir madde. –çn

William Buckland hayvanlar aleminin çoğunu midesine indirdi. (Antoine Claudet)

bütün yaz yeşil yeşil parladı.

Fakat çoğunluk, William Buckland'ı beslenme düzeni nedeniyle tanıyordu. Kutsal Kitap jeoloğu[56] olan Buckland, Nuh'un gemisi hikayesine çok değer verirdi ve Nuh'un kümesindeki hayvanların çoğunu tatmıştı. Bu onun "hayvanlarla beslenme [zoophagy]" adını verdiği bir alışkanlıktı. Her hayvanın sıvısı ya da eti, mideye indirilmek için uygundu. Kan, deri, kıkırdakya da daha fena bir şey, fark etmezdi. Bir keresinde kiliseyi gezerken, kirişlerden damlayan "aziz kanını" gururla gösteren papazı şok etmiş, taş zemine çöküp lekeye dilini sürmüştü. Yalamaya devam ederken, "bu yarasa idrarı" diye bildirmişti Buckland. Genel olarak sadece birkaç hayvanı hazmedilemez bulmuştu. "En iğrencinin köstebeğin tadı olduğunu düşünüyordum," demişti bir keresinde "ta ki kurt sineğini tadana kadar."[57]

56- Jeolojik kanıtları Nuh'un gemisi ve Kutsal Kitap tarihine dayanan bir jeoloji modeli kullanarak yorumlarlar. –çn

57- Buckland anekdotlarının sonu gelmez. Dostlarının en sevdiklerinden biri de uzun bir tren yolculuğu sırasında yaşananlardır. Buckland uyanığında, cebindeki kırmızı sümüklü böceklerin kaçmış olduğunu ve karşısında oturan adamın kel kafasında ilerlediklerini görür, sonraki istasyonda gizlice tren-

Buckland hayvan yemeyi, fosil toplamak için gittiği Avrupa'nın ücra köşelerinde (fazla yemek seçeneği bulunmayan yerlerde) tesadüfen keşfetmiş olabilirdi. Kemiklerini kazıp çıkardığı hayvanların zihnine girmek için aptalca bir tasarı da olabilirdi. Ancak asıl nedeni ızgara yapmayı sevmesiydi ve aşırı etobur etkinliklerini epey yaşlanana kadar bırakmadı. Fakat Buckland'ın beslenme düzenindeki en hayret verici kısım, çeşitlilik değildi. Buckland'ın bağırsaklarının, damarlarının ve kalbinin bu kadar eti sindirmesi, onyıllar içinde kaskatı kesilmemiş olmasıydı. Primat kuzenlerimiz aynı besinleri yiyerek asla hayatta kalamazdı.

Maymun ve orangutanların bitki ezmeye yönelik öğütücü dişleri ve mideleri vardır ve vahşi hayatta genellikle vegan tarzında beslenirler. Şempanze gibi birkaç primat, termit ya da başka hayvanlardan günde ortalama yirmi ya da elli gram kadar yer, arada sırada da küçük savunmasız memelilerle ziyafet çekmeye bayılırlar. Ama çoğu maymun ve orangutan için, yüksek yağ ve kolesterol içeren bir beslenme düzeni iç organları tahrip eder ve sağlıklarının modern insana kıyasla korkunç bir hızda bozulmasına yol açar. Düzenli olarak ete (ve süt ürünlerine) erişebilen tutsak primatlar kafeslerinde hareket ederken nefes nefese kalmaya başlarlar, kolesterolleri 300'e dayanır ve damarları yağla kaplanır. Atalarımız proto-insanların et yediğine kuşku yoktur. Büyük memeli kemiklerinin yanında bu kadar çok taş balta bırakmış olmaları tesadüf olamaz. Ama muhtemelen çok uzun zaman önce, savanada gezinen bu Yontma Taş Elvisleri et sevdikleri için en az maymunlar kadar acı çekmişlerdir.[58]

---

den iner. Hayvan yeme alışkanlığını babasından alan ve en az onun kadar eksantrik olan oğlu Frank de, Buckland ailesinin yediği egzotik yemeklerin bir kısmına ön ayak oldu. Londra hayvanat bahçesiyle yaptığı kalıcı anlaşmaya göre, orada ölen hayvanların inciklerini alabilecekti.

Buckland'a hakaret etmesine rağmen Darwin de bu hayvan yeme işine bulaşmıştı. Hatta Cambridge'deki Glutton Club'a bile katıldı. Burada dostlarıyla birlikte şahin, baykuş ve diğer hayvanları akşam yemeğinde yiyorlardı. *Beagle* yolculuğunda, Darwin devekuşu yumurtasından omlet, kendi zırhında kızartılmış armadillo ve kahverengi bir kemirgen olan agutiyi tıka basa yedikten sonra, bunun yediği "en güzel et" olduğunu ilan etmişti.

Buckland'ın hayatı, çalışmaları ve tuhaflıkları konusunda ayrıntıları öğrenmek için Lynn Barber'ın *The Heyday of Natural History*'sini ve Marianne Sommer'ın *Bones and Ochre*'ını öneririm.

58 - Elvis Presley sebze-meyveden çok et tüketimine dayanan bir beslenme rejimi uyguluyordu, sonunda kalp krizinden öldü. –çn

Peki o zamandan bugüne ne değişti? Eski Afrika'daki Grunk ile Oxford'da yaşayan William Buckland arasında ne fark vardı? DNA'mız. Maymunlardan ayrıldığımızdan bu yana, *apoE* geni iki kez mutasyona uğradı ve bizde farklı versiyonları ortaya çıktı. Genel olarak insanlarda "et yeme geni" olmak için tek aday değildir ama bu adaylar arasında en güçlü olanıdır. İlk mutasyon mikroplara (örneğin bir ağız dolusu çiğ ette bulunan ölümcül mikroplara) saldıran katil kan hücrelerinin performansını yükseltti. Aynı zamanda kronik inflamasyona (mikrobiyal enfeksiyonlar tam olarak temizlenmediğinde oluşan yan doku hasarı) karşı koruma sağladı. Ne yazık ki bu *apoE*, kısa vadeli bir kazanç için muhtemelen uzun vadeli sağlığımızı feda etti: Artık daha çok et yiyebiliyorduk ama damarlarımız margarin kutusuna benziyordu. Şansımıza 220.000 yıl önce ağır yağları ve kolesterolü parçalamaya yardım eden ve bizi erken ihtiyarlıktan kurtaran ikinci bir mutasyon ortaya çıktı. Dahası besinsel toksinleri vücuttan süpürüp atarak hücrelerin daha zinde olmasını sağladı; erken bir ölüme karşı fazladan güvence olarak da kemikleri daha yoğun ve kırılması zor hale getirdi. Böylece, ilk insanlar fruteryan kuzenleriyle kıyaslandığında çok daha et temelli bir diyet uygulamalarına rağmen *apoE* ve diğer genler, onlardan iki kat fazla yaşamalarına yardım etti.

Ancak maymunlardan daha iyi *apoE* genlerine sahip olduğumuz için kendimizi tebrik etmeden önce belirtilmesi gereken birkaç nokta var. İlk olarak, üzerinde darbe izleri olan kemikler ve başka arkeolojik kanıtlar, kolesterolle savaşan *apoE* ortaya çıkmadan en az iki buçuk milyon yıl önce et yemeye başladığımızı gösteriyor. Bu nedenle milyonlarca yıl boyunca, ya erken emeklilikle etoburluğu birbirine bağlayamayacak kadar aptal ya da et yemeden yeterli kalori alamayacak kadar acınacak durumdaydık, ya da bizi öldüreceğini bildiğimiz bir yiyecekten vazgeçemeyecek kadar nefsimize düşkündük. İlk *apoE* mutasyonunun mikrop öldürücü özellikleri daha da onur kırıcı bir şeye işaret eder. Arkeologlar 400.000 yıl öncesine ait yontma mızraklar bulmuştur, demek ki bazı çılgın mağara adamları o zamanlar eve domuz pastırması getiriyordu. Peki ya ondan öncesinde? Doğru

düzgün silahların olmaması ve *apoE*'nin mikroplarla savaşması (örneğin taze havuç yiyor olsalar, daha az mikroba maruz kalacaklardı) proto-insanların leş karıştırdığını ve bozulmuş artıkları yediğini akla getirir. En iyi ihtimalle başka hayvanların avlanmasını bekliyor, sonra da onları korkutup avlarını çalıyorlardı, bunun da pek cesurca bir girişim olduğu söylenemez. (En azından bu alanda yalnız değiliz. Bilim insanları bir süredir *Tyrannosaurus rex*'in Kretase döneminin baş katili mi yoksa kaçak avcısı mı olduğunu araştırıyor.)

Bir kez daha DNA kendimize bakış açımızdaki kibri yok edip görüşümüzü bulandırır. *ApoE*, DNA araştırmalarının kendi geçmişimize ilişkin bilgilerimizi tazelediği pek çok örnekten yalnızca bir tanesidir: Bazı hikayelerde unutulmuş boşlukları doldurur, bazılarında süregelen inançları yıkar ama her seferinde insansıların tarihinin ne kadar zorlu olduğunu da açığa çıkarır.

DNA'nın geçmişimizi ne ölçüde tamamlayabileceğini, ona ek açıklamalar getirebileceğini ya da tarihimizi düpedüz baştan yazabileceğini anlayabilmek için, araştırmacıların insan kalıntılarını ilk kez kazıp çıkardığı ve onları incelemeye başladığı günlere, arkeoloji ve paleontolojinin başlangıcına geri dönmek yararlı olacaktır. Bu araştırmacılar insanın kökenlerine duydukları güvenle işe başladılar, sarsıcı bulgular yüzünden kafa karışıklığı yaşadılar ve yalnızca kısa bir süre önce (büyük ölçüde genetik sayesinde) tam olarak olmasa da kısmi bir netliğe ulaştılar.

Hollandalı denizcilerin Dodo kuşlarını katledişi gibi doğal olmayan vakalar dışında, 1800'den önce hiçbir bilim insanı türlerin neslinin tükendiğine inanmıyordu. Onlar öylece yaratılmıştı, o kadar. Ama 1796 yılında, Fransız doğa bilimcisi Jean-Léopold-Nicolas-Frédéric Cuvier bu anlayışı altüst etti. Cuvier, yarı Darwin yarı Machiavelli denebilecek, güçlü kuvvetli bir adamdı. Daha sonra Napolyon'la yakınlaştı ve küçük diktatörün sayesinde Avrupa'nın

bilim alanındaki en güçlü insanı oldu. Hayatının sonunda Baron Cuvier'ydi. Ama bu süreç boyunca Baron gelmiş geçmiş en iyi doğa bilimcilerden biri olduğunu kanıtladı (elindeki gücü hak ediyordu), türlerin gerçekten de yok olabileceği yönünde güvenilir kanıtlar topladı. İlk ipucu Paris yakınlarında eski bir taş ocağında ortaya çıkarılan kadim bir kalın derili hayvanın soyundan gelen canlı bir örnek olmadığını fark ettiğinde geldi. Daha da ilginci Cuvier, *Homo diluvii testis* iskeleti hakkındaki eski efsanelerin yanlış olduğunu kanıtladı. Yıllar önce Avrupa'da ortaya çıkarılan bu kemikler, gelişmemiş kol ve bacaklara sahip deforme bir erkeğin iskeletine benziyordu. Gelenekler, bu "adamı" Tanrı'nın tufanla birlikte temizlediği ahlaksız ve yoz insanlardan biri olarak tanımlamıştı. Bu kadar saf olmayan Cuvier haklı olarak iskeletin yeryüzünden uzun süre önce yok olmuş dev bir semender olduğunu teşhis etti.

The Exhumation of Mastodon, Charles Wilson Peale. 1801'de New York'ta mastodon kemiklerinin bulunmasını anlatan resmi. ABD başkanı Thomas Jefferson mastodonların hâlâ Kuzey Amerika'da gezindiğini öne sürerek Lewis ve Clark'ı gözlerini dört açmalarını emretmişti. (MA5911, Maryland Historicam Society'nin izniyle)

Yine de hiç kimse türlerin kalıcı olmadığı konusunda Cuvier'ye inanmadı. Amatör doğa bilimci (ve daha sonra ABD başkanı olacak olan) Thomas Jefferson, Lewis ve Clark'a Louisiana bölgesinde dev tembel hayvanlar ve Amerikan mamutu bulmak için gözlerini dört açma talimatını vermişti. Kuzey Amerika'da daha önce her iki canlının da fosili bulunmuş ve insanlar akın akın arkeolojik alanları kazmaya koşmuştu. (Charles Willson Peale'ın *The Exhumation of the Mastodon*'u böyle bir sahneyi zarif bir biçimde tasvir eder.) Jefferson yurtsever nedenlerle, bu hayvanların canlı örneklerinin izini bulup yakalamak istiyordu: Amerika'nın yakınından bile geçmeden oradaki faunayı hastalıklı, zayıf, bodur olarak nitelendirip dikkate almayan Avrupalı doğa bilimcilerinden, "Amerikan yozluğu" denen züppe kuramdan bıkmıştı. Jefferson, Amerikan vahşi doğasındaki hayvanların da Avrupalı canavarlar kadar büyük, kıllı ve güçlü olduğunu kanıtlamak istiyordu. Amerikan mamutları ve dev tembel hayvanların hâlâ Büyük Düzlüklerde gezindiğini (ya da süründüğünü) düşünmesinin temelinde de türlerin soyunun tükenemeyeceği inancı yatıyordu.

Aslında William Buckland ateşli soy tükenişi karşıtlarından çok, ölçülü soy tükenişi taraftarlarından yanaydı, ama tartışmaya tipik tantanalı tavırlarıyla katkıda bulundu. Balayında, Buckland eşini de kendisiyle birlikte örnek aramak için Avrupa'ya sürüklemişti. Issız kaya çıkıntılarında etrafı kazıp fosil ararken bile akademik cüppesi üzerinde, silindir şapkası da kafasındaydı. Kemiklerin dışında, koprolitler (fosilleşmiş hayvan dışkısı parçaları) de onda saplantı haline gelmişti, bunları cömertçe müzelere bağışlıyordu. Ancak Buckland tuhaflıklarını affettirecek, heyecan verici keşifler yaptı. Bir keresinde Yorkshire'da eski bir yırtıcı hayvanın yeraltındaki yuvasını kazdı. Halkı hayrete düşürecek kadar çok diş ve kemirilmiş kafatası ortaya çıktı. Ancak çalışmasının büyük bir bilimsel değeri vardı ve ulaştığı sonuç, soy tükenişçilerin görüşünü destekliyordu: Yırtıcı hayvanlar mağara sırtlanlarıydı. Bu sırtlan artık İngiltere'de yaşamadığına göre, nesli tükenmiş olmalıydı. Daha ciddi ve et yeme düşkünlüğü-

ne de uygun düşen bir katkısı, Buckland'ın İngiltere'deki bir taş ocağından çıkarılan büyük kemikleri yeni bir tür dev sürüngenin kemikleri olarak tanımlamasıydı. Bu, gelmiş geçmiş en korkunç etoburların, yani dinozorların ilk örneğiydi, ona *Megalosaurus* adını verdi.[59]

Ancak Buckland nesli tükenmiş hayvanlar konusunda ne kadar kendinden emin olursa olsun, daha önemli bir soru karşısında, eski insan soylarının var olup var olmadığı hakkında bocalıyor, hatta kaçamak bir dil kullanıyordu. Bir vaiz olmasına rağmen, Buckland Eski Ahit'in kelimesi kelimesine doğru olduğuna inanmıyordu. *Megalosaurus* ve benzerleriyle dolu jeolojik dönemlerin "başlangıçtan önce" var olduğunu tahmin ediyordu. Yine de bütün bilim insanları gibi Buckland da insanın kökenleri ve yakın geçmişteki özel türeyişimiz konusunda Yaradılış'a aykırı düşmekte tereddüt ediyordu. Buckland 1823'te Paviland'ın Kırmızı Leydisini gün ışığına çıkardı. Deniz kabuklarından mücevherlerle çevrelenmiş ve kırmızı toprak boyasıyla kaplı bir iskeletti. Bir sürü kanıtı görmezden gelerek onun Roma döneminden daha eski olmayan bir cadı ya da fahişe olduğunu ileri sürdü. Leydi aslında otuz bin yıllıktı (ve bir erkekti). Buckland bir başka kazı alanında bulunan, Yaradılış öncesine ait mamut ve kılıç dişli kaplanlar gibi hayvanlarla aynı toprak katmanında yer alan çakmaktaşı aletlerin ortaya koyduğu açık kanıtı da reddetti.

Daha da kötüsü, Buckland en çarpıcı arkeolojik keşiflerden birine neredeyse dumanı tüten bir koprolit düşürmüştü. 1829'da Philippe-Charles Schmerling Belçika'da bazı eski hayvan kalıntılarıyla birlikte insanınkine benzeyen ama tam olarak insana ait olmayan birkaç esrarengiz kemik ortaya çıkardı. Sonuçlarını özellikle bir çocuğun kafatasından gelen parçalarla karşılaştıran Schmerling, kemiklerin soyu tükenmiş bir insansı türüne ait olduğunu öne sürdü. Buckland 1835'te bilimsel bir toplantıda bu kemikleri inceledi ama Kutsal Kitap'ın at gözlüklerini hiç çıkarmadı. Schmerling'in kuramını

59- Daha sonra, bir başka bilim insanının *Megalosaurus* kemiklerini (ağaç gövdesi büyüklüğünde bir uyluk kemiği dahil) 1600'lerde keşfetmiş olduğu ortaya çıktı. Ama onların dev insanlara ait kemikler olduğunu düşünmüştü. Buckland'ın çalışmaları bu sonucu çürüttü.

reddetti, bunu sessizce söylemek yerine onu küçük düşürmeye çalıştı. Buckland fosilleşmiş kemiklerin çeşitli kimyasal değişiklikler nedeniyle kolayca dile yapıştığını, oysa daha taze kemiklerin yapışmadığını iddia etmişti. Toplantıdaki bir konuşma sırasında Buckland, Schmerling'in insansı kalıntılarıyla birlikte bulduğu hayvan kemiklerinden birine (bir ayı kemiğiydi) dilini yapıştırdı. Ayı kemiği hemen yapıştı, Buckland konuşmasına ağzında gülünç bir biçimde sağa sola sallanan kemikle devam etti. Sonra "soyu tükenmiş insan kemiğini" kendi diline yapıştırmasını isteyerek Schmerling'e meydan okudu. Kemikler yapışmadı. Dolayısıyla eski değillerdi.

Kesin bir kanıt sayılamayacak olsa da, bu çürütme paleontologların zihninde yer etti. Bu nedenle 1848 yılında Cebelitarık'ta başka esrarengiz kemikler ortaya çıkarıldığında sağduyulu bilim insanları onları dikkate almadı. Sekiz yıl sonra, Buckland'ın ölümünü izleyen aylarda madenciler Almanya'nın Neander vadisindeki kireçtaşı ocağını kazdıkça bulunan bu tuhaf kemiklerin sayısı daha da arttı. Buckland'in izinden giden bir araştırmacı, kemiklerin Napolyon'un ordusu tarafından yaralanarak ölmek için bir uçurum mağarasına sığınan deformasyona uğramış bir Kazak'a ait olduğunu söyledi. Ama bu sefer başka iki bilim insanı kalıntıların nesli tükenmiş bir insansı soyuna, Kitabı Mukaddes'te bahsedilen İsmailîlerden bile daha çok dışlanmış bir ırka ait olduğunu ileri sürdüler. Belki de çeşitli kemikler arasında, bugün hâlâ Neandertallerle ilişkilendirdiğimiz çıkık, kalın kaş kemerini[60] vurgulayan bir yetişkin kafatasının üst bölümünü (göz yuvarlarına varana dek) eksiksiz halde bulmaları da böyle düşünmelerinde etkili olmuştu.

Böylece gözleri açılan paleontologlar –1859 yılında Charles Darwin'in minik kitabının da yayımlanmasıyla birlikte– Afrika'da, Orta Doğuda, ve Avrupa'da Neandertaller ve bize akraba insansılar

60- Sözde Kazak'ı teşhis eden profesör, alnın bu biçimi aldığını çünkü çektiği acı yüzünden kurbanın günlerce alnını buruşturduğunu düşünmüştü. Hatta profesör, Kazak'ın ölümcül bir yara aldığı halde yirmi metrelik kayalara tırmandığına, tamamen soyunup kendini altmış santim kalınlığındaki çamura gömdüğüne bile inanıyordu.

bulmaya başladılar. Eski insanların varlığı bilimsel bir olgu haline geldi. Ancak tahmin edildiği gibi yeni kanıtlar yeni kafa karışıklıklarını da beraberinde getirdi. Kaya oluşumları çökerken iskeletler toprakta yer değiştirebilir ve onları yorumlama ya da tarihlendirme girişimlerini karman çorman edebilir. Kemikler dağılabilir ya da parçalanabilir ve bilim insanları bütün bir canlıyı birkaç öğütücü diş ya da metatarsal (ayak tarağına ait kemik) üzerinden tekrar inşa etmek zorunda kalabilir; bu da anlaşmazlıklara ve farklı yorumlara açık, öznel bir işlemdir. Bilim insanlarının temsili örnek bulacaklarının garantisi de yoktur: MS 1.000.000 yılında bilim insanları Wilt Chamberlain, Tom Thumb ve Joseph Merrick'in kalıntılarını bulsa onların aynı türe mensup olmadığını bile düşünebilirlerdi. Bütün bunlardan dolayı 1800'ler ve 1900'lerde yapılan her yeni *Homo* şu, *Homo* bu keşfi, çoğu zaman edepsizce sürdürülen tartışmaların sayısının giderek artmasına sebep oldu. Nihai sorular (Bütün arkaik insansılar akrabamız mıydı? Değilse insan soyunun kaç kolu vardı?) onyıllar boyunca netliğe kavuşmadı. Eskiden yapılan bir espriye göre, yirmi paleontologu bir odaya koysanız, insanın evrimine dair yirmi bir tasarıyla çıkardınız. Arkaik insan genetiği üzerine dünya çapında bir uzman olan Svante Pääbo şöyle diyordu: "Paleontolojide bilim insanlarının ne kadar çok kavga ettiğine şaşırıyorum doğrusu... sanırım bunun nedeni paleontolojinin veri bakımından biraz fakir bir bilim olması. Muhtemelen dünyadaki paleontolog sayısı önemli fosil sayısından daha fazladır."

Genetik bilimi 1960'ların başlarında paleontoloji ve arkeolojiyi istila ettiğinde genel durum buydu. *İstila etmek* de duruma en uygun düşen sözcüktür. Kavgalarına, yüz seksen derece dönüşlerine ve demode aletlerine rağmen paleontologlar ve arkeologlar, insanın kökenlerine dair pek çok şey öğrenmişti. Bir kurtarıcıya ihtiyaçları yoktu, mersi. Bu nedenle pek çok arkeolog ve paleontolog, ellerindeki DNA saatleri ve moleküler temelli aile ağaçlarıyla biyologların, onlarca yıllık araştırmayı tek bir makaleyle altüst etmeye kararlı ukalaların izinsiz girişine içerlemişti. (Bir antropolog katı moleküler yak-

laşıma şu sözlerle dudak büküyordu: "Kavga yok, gürültü yok, ellerin de ak-pak kalıyor. Bir laboratuvar aletine azıcık protein at, çalkala tamamdır! Üç kuşaktır aklımızı kurcalayan soruların cevabını bulduk gitti.") Gerçekten de yaşça büyük bilim insanlarının kuşkuları haklı sebeplere dayanıyordu: Paleogenetik müthiş zordu, umut vaat eden fikirlerine rağmen paleogenetikçiler değerlerini kanıtlamak için yıllarca uğraştı.

Paleogenetikle ilgili sorunlardan biri de, DNA'nın termodinamik açıdan kararsız olmasıdır. Zamanla C kimyasal olarak bozulup T'ye, G de bozulup A'ya dönüşür; bu nedenle paleogenetikçiler eski örneklerde okudukları şeye her zaman inanamazlar. Dahası en soğuk iklimlerde bile DNA 100.000 yıl içinde bozulup anlaşılmaz hale gelir, daha eski örneklerdeyse bozulmamış sağlam DNA neredeyse hiç bulunmaz. Nispeten yeni örneklerde bile bilim insanları kendilerini yalnızca elli harflik parçalardan milyon baz çiftli bir genomu bir araya getirirken bulabilir. Bu süreç, ciltli, kalın bir kitabı çizgiler, halkalar, kıvrımlar ve i'nin noktasından bile küçük parçalar kullanarak yeni baştan yazmaya benzer.

Üstelik elinizdeki parçaların çoğu da çöptür. Bir ceset nerede olursa olsun –en soğuk buzul ya da en kuru sahradaki kum tepesi– bakteri ve mantarlar onu kemirip kendi DNA'larını etrafa bulaştıracaklardır. Bazı eski kemiklerde yüzde doksan dokuzun üzerinde yabancı DNA bulunur, hepsi de zahmetle ayıklanmalıdır; üstelik bu uğraşması en kolay kirlenme türüdür. DNA, insan temasıyla o kadar kolay yayılır (bir örneğe dokunmak ya da üzerine soluğunu vermek bile onu kirletebilir) ve eski insansı DNA'sı bizimkine o kadar benzer ki örneklerde meydana gelebilecek insan kirlenmesini göz ardı etmek neredeyse imkansızdır.

Bu engeller (ayrıca yıllar boyunca birkaç kez mahcup edici bir şekilde sözlerini geri almak zorunda kalmaları) yüzünden, paleogenetikçiler kirlenme konusunda neredeyse paranoyak olmuştur. Biyolojik silah laboratuvarında bile yadırganmayacak kontroller ve tedbirler talep ederler. Paleogenetikçiler insan eli değmemiş örnekleri tercih

ederler; en ideali işçilerin ameliyat maskeleri ve eldivenleri kullanıp her şeyi steril torbalara attığı, uzak kazı alanlarından gelme ve üzerlerindeki toprağın hâlâ temizlenmediği örneklerdir. Saç en iyi malzemedir, çünkü daha az sayıda kirletici emer ve temizlenebilir. Ama paleogenetikçiler daha az kırılgan kemiklere de razı olur. (Kirlenmemiş alanların azlığı düşünülürse, çoğu zaman müzelerin depolarında duran kemiklere, özellikle de çok sıkıcı oldukları için kimsenin daha önce araştırmaya zahmet etmediği kemikleri de kabullenirler.)

Örnek seçilince, bilim insanları onu "temiz bir oda"ya getirirler. Bu oda, kapı açıldığında içeri hava akımları (daha doğrusu hava akımlarında sürüklenebilecek DNA parçaları) girmesin diye normal hava basıncından daha yüksek bir basınçta tutulur. İçeri girmesine izin verilen herkes tepeden tırnağa steril ameliyat önlükleri ve çizmeler giyer, yüz maskeleri ve eldiven takar. Çoğu, yüzeyin temizlendiği çamaşır suyu kokusuna epey alışmıştır. (Bir laboratuvar, teknisyenlerinin –tahminen koruyucu giysileri içindeyken– çamaşır suyuyla sünger banyosu yaptığıyla övünmüştü.) Eğer örnek kemikse bilim insanları diş matkapları ya da el aletleriyle onu tıraş ederek birkaç gram toz elde ederler. Dakikada bin devirli standart matkabın ısısı DNA'yı pişirebileceği için matkabı bile dakikada yüz devir yapacak şekilde değiştirirler. Daha sonra tozu kimyasallarla çözündürürler, bu da DNA'yı serbest bırakır. Bu noktada paleogenetikçiler çoğu zaman her parçaya etiket –yapay DNA parçaları– eklerler. Böylece, etiketi olmayan[61] yabancı DNA'nın, örnek temiz odadan ayrıldıktan sonra içeri sızdığını anlayabilirler. Bu bilim insanları, laboratuvar-

---

61– Son zamanlarda bazı DNA etiketleri (namı diğer, DNA filigranları) epey karmaşıklaştı. Artık adları, e-posta adreslerini ya da ünlü sözleri -doğanın tesadüfen koyamayacağı şeyleri- kodluyorlar. Craig Venter'in öncülüğündeki bir araştırma ekibi aşağıdaki alıntıları A'lar, C'ler, G'ler ve T'lerle kodladı, sonra onlarla sıfırdan sentetik bir genom oluşturup bu genomu bakteriye aktardılar.

Yaşamak hata yapmak, başarısız olmak, zafer kazanmak yaşamdan yaşam yaratmak. —James Joyce, *A Portrait of the Artist as a Young Man*

Olanı değil, olabileceği görmek —Robert Oppenheimer'ı anlatan bir kitap *American Prometheus*'tan.

İnşa edemediğim şeyi anlayamam. —Richard Feynman (öldüğünde karatahtasında yazılı olan sözler)

Ne yazık ki Venter son alıntıda hata yapmıştı. Feynman aslında "Yaratamadığım şeyi anlayamam," yazmıştı. Venter, Joyce alıntısıyla ilgili de sıkıntı yaşadı. Joyce'un mal varlığını kontrol eden ailesinin, yazılı izin olmadan bir bakterinin bile Joyce'tan alıntı yapması konusunda oldukça sıkı davrandığı söyleniyor.

daki teknisyen ve diğer bilim insanlarının da (muhtemelen hademelerin bile) ırksal kökenlerini de kaydederler, bu nedenle beklenmedik bir etnik dizilim belirdiğinde örneklerinin bozulup bozulmadığını anlayabilirler.

Bütün bu hazırlıktan sonra asıl DNA dizilemeye geçilir. Bu işlemi daha sonra ayrıntısıyla ele alacağız, ama temel olarak bilim insanları tek tek her DNA parçasının A-C-G-T dizisini belirler ve sonra gelişmiş bir yazılım kullanarak çok sayıdaki parçayı birleştirirler. Paleogenetikçiler bu yöntemi doldurulmuş kuaggalara (soyu tükenmiş bir zebra türü), mağara ayısı kafataslarına, tüylü mamut püskülüne, kehribar taşındaki arılara, mumya derisine hatta Buckland'ın sevgili koprolitlerine bile başarıyla uyguladılar. Ama bu alandaki en çarpıcı çalışma Neandertal DNA'sından gelir. Neandertallerin keşfinden sonra pek çok bilim insanı onları arkaik insanlar olarak sınıflandırmıştı; ilk kayıp halka. Kimileri Neandertalleri kendine ait ayrı bir evrim dalına koyarken, bazı Avrupalı bilim insanları Neandertallerin bazı insan ırklarının atası olduğunu, kimi ırklarlaysa ilgisi olmadığını düşünüyordu. (E tabii, yine hangi ırkları ayırdıklarını tahmin edebilirsiniz, Afrikalılar ve Aborjinler.) Kesin taksonomisi ne olursa olsun, bilim insanları Neandertallerin aptal ve odun gibi olduğu görüşündeydi, ölüp gitmiş olmaları kimseyi şaşırtmıyordu. En sonunda bazı muhalifler Neandertallerin sanıldığından daha zeki olduğunu tartışmaya başladı: Taş aletler kullanmışlar, ateşten yararlanmışlar, ölülerini bazen yaban çiçekleriyle gömmüşlerdi, hasta ve zayıf olanlara bakmışlar, mücevher takıp kemikten yapılmış flütler çalmışlardı. Fakat bilim insanları Neandertallerin (fazla zeka gerektirmeyecek şekilde) bu davranışları yapan insanları izleyip onları taklit etmediklerini kanıtlayamıyordu.

Ancak DNA, Neandertallere bakışımızı kalıcı olarak değiştirdi; 1987 gibi erken bir tarihte bile mitokondriyal DNA, Neandertallerin insanın doğrudan atası olmadığını gösteriyordu. Aynı zamanda 2010 yılında Neandertal genomu eksiksiz olarak ortaya çıkarıldığında, genomlarımızın yüzde 99'luk kısmının aynı olduğu anlaşıl-

dı. Bazı durumlarda bu örtüşme basitti: Neandertaller muhtemelen kızıl saçlı beyaz tenliydi, en yaygın kan grubu 0'dı ve çoğu insanda olduğu gibi yetişkinliklerinde sütü sindiremiyorlardı. Daha anlamlı başka bulgular da vardı. Neandertallerin bizimkine benzer MHC bağışıklık genleri vardı, dil becerisiyle ilişkilendirilen bir gen *foxp27* de ortaktı, yani belki de konuşabiliyorlardı.

Neandertallerin *apoE*'nin alternatif versiyonlarına sahip olup olmadığı henüz netleşmedi, ama bizimle kıyaslandıklarında proteinlerinin daha büyük kısmını etten alıyorlardı, yani muhtemelen kolesterolü metabolize etmek ve enfeksiyonlarla savaşmak için birtakım genetik uyarlamaları vardı. Gerçekten de arkeolojik kanıtların ortaya koyduğu üzere, Neandertaller (belki ilkel şamanistik ritüellerin parçası olarak, belki daha karanlık nedenlerden dolayı) kendi ölülerini bile yemekte sakınca görmüyordu. Bilim insanları İspanya'nın kuzeyindeki bir mağarada, cinayete kurban gitmiş kimi yetişkin kimi çocuk on iki Neandertalin elli bin yıllık kalıntılarını buldu, bunların çoğu akrabaydı. Cinayetten sonra muhtemelen aç olan katilleri onları taş aletlerle kesmiş, iliği emmek için kemiklerini kırmış, yenebilecek her bir gram eti yemişlerdi. Korkunç bir sahne, ama bu tıka basa ziyafetten geriye kalan 1700 kemik sayesinde, bilim insanları Neandertel DNA'sına ait ilk bilgileri elde ettiler.

Hoşunuza gitse de gitmese de insan yamyamlığına dair benzer kanıtlar mevcuttur. Ne de olsa kırk beş kiloluk bir yetişkin, açlık çeken yoldaşlarına on altı kiloluk değerli kas proteinin yanı sıra, yenebilir yağ, kıkırdak, karaciğer ve kan sağlayabilir. Daha rahatsız edici olansa, arkeolojik kanıtlara göre insanların uzun zamandır, açlık çekmezken bile birbirini yiyor olmasıdır. Ancak yiyecek kıtlığının olmadığı durumlarda yamyamlığın dinsel güdülerle seçici olarak mı yapıldığı, yoksa rutin bir mutfak alışkanlığı mı olduğu sorusu yıllarca yanıtlanamadı. DNA'ya bakılırsa rutindir. Yeryüzündeki bilinen her etnik grup, vücutlarımızın yamyamların yakalandığı belirli hastalıklarla, özellikle de insan beyni yemekten kaynaklanan deli dana benzeri hastalıklarla savaşmasına yardım eden iki genetik im-

zadan birini taşır. Bu savunmacı DNA, bir zamanlar fazlasıyla gerekli olmasaydı dünyanın her yerinde bulunmazdı.

Yamyamlık DNA'sının da gösterdiği gibi geçmişimizle ilgili bilgi edinmek için bilim insanları her zaman eski kalıntılardan yararlanmaz. Modern insanın DNA'sında da çeşitli ipuçları bulunur. Modern insanın DNA'sını araştırmaya başladıklarında bilim insanlarının ilk fark ettikleri şey çeşitlilikteki eksiklik oldu. Bugün yedi milyar küsur insana karşılık, yaklaşık yüz elli bin şempanze ve aşağı yukarı aynı sayıda goril yaşamaktadır. Yine de bu şempanzelerle kıyaslandığında insanların genetik çeşitliliği dikkat çekecek kadar düşüktür. Bu da yakın bir geçmişte dünya çapında insan sayısının şempanze ve goril sayısından belki de birkaç kat daha az olduğunu akla getirir. Nesli Tükenmekte Olan Türler Yasası o zamanlar var olsaydı, *Homo sapiens* Paleolitik dönemin risk altındaki türü sayılabilirdi.

Bilim insanları sayımızın neden bu kadar azaldığı konusunda bir fikir birliğine varamadı. Ancak tartışmanın başlangıcı, ilk kez William Buckland zamanında ifade edilmiş iki farklı kurama ya da aslında iki farklı dünya görüşüne dayanır. Bu zamandan önce neredeyse her bilim insanı afetçi bir tarih görüşüne sahipti; tufanlar, depremler ve diğer afetler gezegene hızla şekil vermiş, uzun geçen bir haftanın ardından dağlar oluşmuş ve bir gecede türler yeryüzünden silinmişti. Daha genç kuşaksa –özellikle de Buckland'ın öğrencisi jeolog Charles Lyell– aşamacı bir görüşü kabul ettirmeye çalışıyordu. Rüzgarlar, gelgitler, erozyon ve diğer hafif kuvvetlerin dünyayı ve içinde yaşayanları iç kıyıcı bir yavaşlıkla biçimlendirdiğini iddia ediyordu. Buckland'ın ölümünden sonra yürütülen bazı karalama kampanyaları dahil, birçok sebepten dolayı aşamacılık gerçek bilimle, afetçilik ise tembel mantık yürütmeyle özdeşleştirildi. 1900'lerin başlarına gelindiğinde, afetçilik en kibar şekliyle ifade etmek gerekirse bilimden silinmişti. En sonunda devir yine değişti ve 1979'dan sonra,

jeologlar bir kent büyüklüğündeki bir göktaşı ya da kuyrukluyıldızın dinozorların yok oluşunda rol oynadığını keşfettiğinde afetçilik tekrar saygınlık kazandı. O günden beri bilim insanları, tarihin büyük bölümü için uygun bir aşamacı bakış açısını savunurken, bir yandan da bazı apokaliptik olayların gerçekleşmiş olabileceği ihtimalini de kabullendiler. Bu kabullenmeye rağmen, dinozorları yok eden çarpmanın keşfinden sonraki yıl eski bir afetin ilk izlerine rastlanmış ancak ilginç bir biçimde, bu durum çok daha az dikkat çekmiştir. Özellikle de bazı bilim insanlarına göre, Toba süper yanardağının bizim için dinozorlardan çok daha değerli bir türü, *Homo sapiens*'i neredeyse yok ettiği göz önüne alırsa.

Toba'yı kavramak biraz hayal gücü gerektirir. Toba, Endonezya'da bulunan bir dağdı, en azından 70.000 küsur yıl önce 2.700 km^3 hacmindeki zirvesi patlamadan önce. Ama hayatta kalan tanık olmadığı için, yarattığı dehşeti, takımadalardaki bilinen ikinci büyük patlamayla, onun yanında hafif bir örnek olarak kalan 1815'teki Tambora patlamasıyla kıyaslayarak kavrayabiliriz.

1815 Nisanı başlarında Tambora'nın zirvesinde cehennemden çıkma üç ateş sütunu patladı. Parlak turuncu lavlar dağın yamacından aşağı akarken on binlerce insan öldü ve saatte 240 kilometre hızla ilerleyen bir tsunami yakındaki adaları yerle bir etti. İlk patlamayı 2200 kilometre uzaklıktaki insanlar bile duydu, bir duman bulutu gökyüzünde on kilometre yukarıya yükselirken, yüzlerce kilometre çevresinde dünya karanlığa gömüldü. Duman, içinde inanılmaz miktarda sülfürlü kimyasallar taşıyordu. İlk başta bu aerosoller zararsız görünüyordu, hatta hoş tarafları bile vardı: İngiltere'de o yaz günbatımının pembelerini, turuncularını ve kan kırmızılarını daha bir canlı hale getirdiler. Muhtemelen ressam J. M. W. Turner'ın manzara ve günbatımı resimlerine ilham veren göksel bir dramdı bu. Sonraki etkileriyse bu kadar hoş değildi. Genellikle yazsız yıl olarak bilinen 1816'ya gelindiğinde sülfürlü volkan külü homojen bir biçimde üst atmosfere karışmış ve güneş ışığını uzaya geri yansıtmaya başlamıştı. Sıcaklığın düşmesi, o sıralarda gelişmekte olan Ame-

rika Birleşik Devletleri'nde temmuz ve ağustos aylarında kar fırtınalarına yol açtı, ekinleri büyük ölçüde tahrip etti (Thomas Jefferson'ın Monticello'daki mısırları dahil). Avrupa'da Lord Byron Temmuz 1816'da "Karanlık" adında kasvetli bir şiir yazdı. "Bir rüya gördüm hepsi rüya olmayan/Parlak güneşin söndüğü.../Sabahın gelip gittiği, geldiği ve gün getirmeden gittiği/Ve insanlar.../Üşümüş, ışık için yalvaran bencilce." O yılın yaz aylarında, birkaç yazar Byron'la birlikte Cenevre gölü yakınlarında tatil yapıyordu. Ama günler o kadar kasvetliydi ki çoğunlukla içerde oturup sıkılıyorlardı. Bu ruh halinden yararlanıp eğlenmek için hayalet hikayeleri anlatmaya başladılar; genç Mary Shelley'nin hikayesi daha sonra *Frankenstein*'a dönüştü.

Tambora'yla ilgili bu gibi şeyleri aklınızda tutun ve Toba'nın beş kat daha uzun süre püskürdüğünü, Tambora'nınkinden on iki kat fazla madde çıkardığını, doruk noktasında saniyede milyonlarca ton kayanın buharlaştığını[62] göz önüne alın. Çok daha büyük olduğu için, Toba'nın muazzam duman bulutu çok daha fazla hasar verebilirdi. Hakim rüzgarlar yüzünden dumanın çoğu batıya doğru sürüklendi. Bazı bilim insanları DNA darboğazının, dumanın Güney Asya'ya yayılıp insanların yaşadığı Afrika çayırlarına indiğinde başladığını düşünür. Bu kurama göre, yıkım iki aşamada gerçekleşti. Kısa vadede Toba altı yıl boyunca güneşi kararttı, mevsim yağmurlarının düzenini bozdu, akarsuları tıkadı ve ana besin kaynağını oluşturan dönümlerce bitki üzerine muazzam miktarda sıcak kül yaydı (dev bir kül tablasında yürüdüğünüzü düşünün). İnsan nüfusunun aniden düştüğünü hayal etmek zor değil. Başka primatlar ilk başta bu kadar zorluk çekmemiş olabilir çünkü insanlar Afrika'nın batı ucunda Toba'nın rotasında yaşıyordu, oysa primatların çoğu daha iç kısımlarda, dağların arkasında ve nispeten korunaklı bir yerdeydi. Ama Toba başta bu hayvanların canını bağışlamış olsa da, ikinci aşa-

62- St. Helens Yanardağı'na göre iki bin kat daha fazla lav ve kül püskürttü. Dünyadaki yanardağlar arasında Toba, Wyoming'de bir gün Yellowstone ve civarındaki her şeyi gökyüzüne uçuracak olan ve için için yanan volkanın az sayıdaki rakibinden biridir.

madan hiç kimse kaçamadı. MÖ 70.000'de yeryüzü zaten bir Buzul Çağı yaşıyordu ve güneş ışığının sürekli uzaya yansıması bunu pekala şiddetlendirmiş olabilirdi. Ortalama sıcaklığın bazı bölgelerde yirmi derece düştüğüne dair kanıtlarımız var, bundan sonra da eski yurdumuz Afrika savanaları muhtemelen Ağustos sıcağındaki su birikintileri gibi küçülmüştü. O halde, Toba-darboğaz kuramı ilk patlamanın geniş çaplı kıtlığa yol açtığını öne sürse de insanların sayısını asıl azaltan şey şiddetlenen Buzul Çağı olmuştur.

Makak, orangutan, aslan, goril ve şempanze DNA'sı da Toba çevresinde darboğaz belirtileri gösterir ama asıl darbeyi insanlar almıştır. Bir araştırmaya göre, tüm dünyadaki insan sayısı kırk yetişkine kadar inmiş olabilir. (Bir telefon kulübesine en çok insan sığdırmada dünya rekoru yirmi beştir.) Bu, afet araştırmacıları arasında bile garip kaçacak kadar karamsar bir tahmindir ancak yaygın inanışa göre, birkaç bin yetişkin kalmıştı. Bu insanların tek bir yerde toplanmadığı, Afrika'nın küçük yalıtılmış oyuklarına dağıldığı düşünülürse geleceğimiz açısından işler daha da vahim görünür. Eğer Toba darboğazı kuramı doğruysa insan DNA'sındaki çeşitlilik eksikliğinin basit bir açıklaması vardır. Soyumuzun tükenmesine ramak kalmıştı.

Pek çok arkeoloğun düşük genetik çeşitliliğe getirilen açıklamayı fazlasıyla basmakalıp bulması (daha çok sürtüşme) şaşırtıcı değildir ve kuram hâlâ tartışmalıdır. Onları kızdıran kendi başına bir darboğazın varlığı değildir. Proto-insanlarda üreyebilen popülasyonun (aşağı yukarı doğurgan yetişkin sayısına eşittir) son bir milyon yılda zaman zaman endişe verecek kadar düştüğü olmuştu. (Bu durum, muhtemelen başka şeylerle birlikte kırk altı kromozom gibi anormal bir özelliğin yayılmasını da sağladı.) Birçok bilim insanı da, modern insan 200.000 yıl önce anatomik olarak ayağa kalktıktan sonra DNA'mızda en az bir önemli darboğaz gerçekleştiğine dair güçlü kanıtlar görür. Bilim insanlarını kızdıran, her darboğazın Toba'ya bağlanmasıdır; eski kötü afetçiliğe duyulan kuşku hâlâ zihinlerdedir.

Bazı jeologlar Toba'nın meslektaşlarının iddia ettiği kadar güçlü olmadığını ileri sürer. Kimileri de Toba'nın yüzlerce kilometre uzaktaki popülasyonu azaltabileceğinden ya da ufak bir dağın Buzul Çağını küresel oranda şiddetlendirecek kadar yüksek sülfürlü duman püskürtebileceğinden kuşku duyar. Bazı arkeologlar kalınlığı on beş santimi bulan Toba kül katmanlarının hemen üstünde ve altında, taş aletlere dair kanıtlar da (tabii ki bu da tartışmalıdır) bulmuştur. Bu kanıtlar Toba'nın en çok zarar vermesi gereken yerde soy tükenişine değil, sürekliliğe işaret eder. Toba darboğazını sorgulamak için genetik nedenlerimiz de var. En önemlisi de, genetikçiler kısa ama sert bir darboğazın yarattığı çeşitlilik eksikliğiyle, daha uzun ama düşük şiddette bir darboğazın yol açtığı çeşitlilik eksikliği arasındaki farkı olay meydana geldikten sonra ayırt edememektedir. Bir başka deyişle, ortada bir belirsizlik vardır: Eğer Toba bizi ezip geriye yalnızca bir düzine yetişkin bıraktıysa, DNA'mızda belirli kalıplar görürdük; ancak nüfus birkaç bin kişiyle sınırlı kalmışsa, bu durum devamlılık gösterdiği sürece, bu insanların DNA'larında belki bin yıl sonra bile *aynı* işaretler görülürdü. Zaman dilimi genişledikçe, Toba'nın darboğazla ilişkisi olma ihtimali de bir o kadar azalır.

William Buckland ve diğerleri bu tartışmayı anında tanırdı. Küçük ama süreğen baskılar zeki türümüzü bu kadar uzun süre baskı altında tutabilir miydi, yoksa bunun için bir afet mi gerekiyordu. Afetçilik Buckland'ın döneminde bozguna uğrayıp sonraki yüzyılda küçümsenmişti. Bugün ise bilimsel afetçilerin kendilerini ifade edip seslerini duyurabilmesi bir ilerleme belirtisidir. Kim bilir, Toba süper yanardağı belki de bir gün dünyanın en büyük felaketleri arasına girip dinozor öldüren göktaşının yanında yerini alabilir.

O halde bütün bu DNA arkeolojisi ne anlama geliyor? Bu alanda taşlar yerine oturdukça bilim insanları, modern insanın nasıl ortaya çıkıp yeryüzüne yayıldığıyla ilgili kapsayıcı bir özet çıkardılar.

En önemlisi belki de, DNA'nın Afrika kökenlerimizi doğrulamasıdır. Her zaman birkaç arkeolojik muhalif çıkmış ve insanlığın Hindistan ya da Asya'da ortaya çıktığına inanmıştır; ama türler genellikle en yüksek genetik çeşitliliği, gelişirken en çok zaman geçirdiği yerde, kökenlerinin yakınında gösterir. Bilim insanlarının Afrika'da gördüğü de tam olarak budur. Örneğin, Afrika halkları çok önemli insülin geniyle bağlantısı olan belirli bir DNA parçasının tam yirmi iki versiyonuna sahiptir, dünyanın geri kalanında bunların yalnızca üçüne rastlanır. Antropologlar bütün Afrika halklarını yıllarca tek bir "ırk" olarak gördü, ama genetik gerçek şu ki dünyadaki tüm çeşitlilik Afrika'daki çeşitliliğin bir alt kümesi sayılabilir.

DNA insanın kökenleri hikayesini, çok uzun zaman önce nasıl davrandığımız ve hatta nasıl göründüğümüz hakkındaki ayrıntılarla zenginleştirebilir. 220.000 yıl önce et yeme geni *apoE* ortaya çıkıp yayılmaya başladı ve üretken bir yaşlılık olasılığını da beraberinde getirdi. Sadece yirmi bin yıl sonra bir başka mutasyon saçlarımızın (maymun saçı ya da beden kılının aksine) bir noktada durmadan uzamasına izin verdi, bu da bir "saç modeli geni"ydi. Ardından otuz bin yıl geçtikten sonra, hayvan derilerini giysi olarak kullanmaya başladık. Bilim insanları bu gerçeği, saç bitleriyle (sadece kafa derisinde yaşarlar) onlarla akraba olsa da farklı bir tür sayılan beden bitlerinin (sadece giysilerde yaşarlar) DNA saatlerini karşılaştırıp bu ikisinin ne zaman ayrıldıklarını saptayarak ortaya çıkarmışlardır. Bunun gibi irili ufaklı pek çok değişim toplumları dönüştürdü.

Uygun giyimli ve saçına kusursuz bir model vermiş insanlar aslında 130.000 yıl önce Afrika'dan çıkıp Orta Doğu'ya yayılmaya (ilk imparatorluk güdüsü) başladı. Ama bir şey –soğuk hava, vatan hasreti, yırtıcı hayvanlar, Neandertaller giremez tabelası, vb.– yayılmalarını durdurdu ve onları Afrika'ya geri gönderdi. İnsan popülasyonu sonraki on-yirmi bin yıl boyunca, belki de Toba yüzünden darboğaza girdi. Yine de insanlar bu durumu güç bela da olsa atlatıp sonunda toparlandı. Ancak bu defa sinip soylarını tüketecek bir sonraki tehlikeyi beklemek yerine, küçük insan kabileleri (belki toplamda bir-

kaç bin kişi) altmış bin yıl önce dalga dalga Afrika'nın dışına yerleşmeye başladı. Bu kabileler Kızıl Denizi muhtemelen Musa yöntemiyle, Bab'ül Mendep Azap Kapısı denen güneydeki bir noktadan, denizin alçaldığı dönemde geçtiler. Darboğazlar bin yıl boyunca bu kabileleri diğerlerinden ayırdığından benzersiz genetik özellikler oluşturmuşlardı. Bu nedenle yeni topraklara yayıldıkça ve sayıları ikiye, dörde katlandıkça bu özellikler bugünkü Asya ve Avrupa nüfusunun benzersiz özellikleri olarak gelişti. (Buckland'ın da takdir edeceği bir incelikle, Afrika'dan gerçekleşen bu çok yönlü dağılmaya bazen Zayıf Cennet Bahçesi kuramı denir. Ama bu hikaye aslında Kitabı Mukaddes versiyonundan daha iyidir, çünkü Cenneti kaybetmeyip yeryüzünde başka cennetler yapmayı öğrendik.)

Biz Afrika'nın dışına yayılırken, DNA harika bir seyahat günlüğü tuttu. Genetik analizler Asya'da iki farklı koloni dalgasını açığa çıkardı: İlk dalga altmış beş bin yıl önce Hindistan'ın kıyısından dolaşmış ve Avustralya yerleşimiyle sonuçlanarak Aborijinleri tarihin ilk kaşifleri haline getirmişti. Daha sonraki dalga günümüz Asyalılarını ortaya çıkardı ve insan soyunun ilk nüfus patlamasıyla sonuçlandı; kırk bin yıl önce insan nüfusunun yüzde altmışı Hindistan, Malezya ve Tayland yarımadalarında yaşıyordu. Kuzey Amerika'daki farklı genetik havuzlara yönelik bir araştırma ilk Amerikalıların yaklaşık on bin yıl kadar önce Sibirya ve Alaska arasındaki Bering Boğazı'nda durakladığını gösterir. Sanki Asya'dan ayrılıp Yeni Dünya'ya girmeye korkmuş gibidirler. Güney Amerika'da bilim insanları Amerika Kızılderililerine ait MHC genlerini, Paskalya adası yerlilerinde de bulmuşlardır. Bu genlerin, adalıların her bakımdan Asyalı olan kromozomlarına tamamen karışmış olması, henüz 1000'li yılların başlarında, Kolomb daha büyük büyük büyük... ebeveyninin gonadlarına yayılmış bir DNA zerreciğiyken, birilerinin *Kon-Tiki* benzeri deniz yolculukları yaparak Amerikalar'a gidip geldiğini gösterir. (Tatlı patateslerin, su kabaklarının ve tavuk kemiklerinin genetik analizleri de Kolomb öncesi teması ima eder.) Okyanusya'daki bilim insanları, insan DNA'sının yayılmasını ve ayrılmasını dillerinin yayılıp ay-

rılmasına bağlamıştır. Güney Afrika'da insanlığın beşiğinde yaşayan insanlar, diğer herkesten daha zengin DNA'lara sahip olmakla kalmazlar, dilleri de daha zengindir. Ünlü *klik klik* sesleri (bunlara şaklama denir) dahil yüz kadar farklı ses kullanırlar. Arada kalan farklı topraklarda konuşulan diller daha az sese sahiptir (İngilizcede kırk küsur ses vardır). Eski göçümüzün en son noktalarında diller (Hawai dili gibi) yalnızca bir düzine kadar ses kullanır ve buna uygun düşecek biçimde Hawaililer türdeş DNA'ya sahiptirler. Yani her şey birbirini tutuyor.

Kendi türümüzün DNA'sından biraz öteye bakarsak, DNA arkeolojinin en büyük gizemlerinden birini de aydınlatabilir: Neandertallere ne oldu? Neandertaller uzun bir süre Avrupa'da yaşadıktan sonra, bir şey onları giderek daha küçük bölgelere sıkıştırdı, sona kalanlar da otuz beş bin yıl önce Güney Avrupa'da tükendi. Onları bu kötü sona sürükleyenin ne olduğuna dair bolca kuram vardır: iklim değişikliği, insanlardan kaptıkları hastalıklar, yiyecek rekabeti, *Homo sapiens* tarafından öldürülmeleri, aşırı beyin yemekten kaynaklanan deli Neandertal hastalığı... Bu bolluk aslında kimsenin en ufak bir fikri olmadığını açıkça gösterir. Ama Neandertal genomunun deşifre edilmesiyle birlikte Neandertallerin ortadan kaybolmadığını, en azından tamamen kaybolmadığını nihayet öğrendik. Onların tohumlarını içimizde her yere taşıdık.

Yaklaşık altmış bin yıl önce Afrika'dan çıkan insan kabileleri en sonunda Levant'taki Neandertal topraklarına ulaştı. Oğlanlar kızları süzdü ve diktatör hormonlar yönetimi ele geçirdi. Kısa bir süre sonra küçük insandertaller ortalıkta koşuyordu, arkaik insanların proto-şempanzelerle cinsel ilişkiye girdiklerinde olanlar tekrar ediyordu (bazı şeyler hiç değişmez). Belki bazı yaşlılar öfkeyle çekip gitti ve tecavüze uğramış çocuklarıyla insandertal torunlarını da beraberlerinde götürdü. Belki de yalnızca Neandertal erkekler, daha sonra kabileleriyle birlikte ayrılan insan kadınlarla birlikte oldular. Belki de gruplar dostça ayrıldı, ama insanlar ilerlemeye devam edip gezegeni tamamen kolonileştirince Neandertallerle bırakılan bütün me-

lezler öldü. Her neyse, Neandertal âşıklarından ayrılırken, bu Paleolitik kaşifler gen havuzlarında bir miktar Neandertal DNA'sı da taşıyordu. Bu miktar, bugün içimizde hâlâ küçük bir oranda barınmasını sağlamaya yetecek kadardı, her bir büyük büyük büyük ebeveyninizden aldığınız miktara eşit. Bütün bu DNA'nın ne işe yaradığı henüz net değildir ama bazıları MHC bağışıklık DNA'sıydı; yani Neandertaller, insanlara işgal ettikleri topraklarda karşılaşacakları yeni hastalıklarla savaşacak DNA'yı vermiş, böylece kendi yok oluşlarında farkında olmadan rol oynamışlardı. Tuhaftır ama bu alışveriş karşılıklı değildi: Şimdiye kadar hiçbir Neandertalde insana özgü, hastalıkla savaşan ya da başka bir türde DNA'ya rastlanmadı. Kimse nedenini bilmiyor.

Ayrıca yalnızca bazılarımız Neandertal DNA'sı aldı. Bütün bu aşk macerası Afrika sınırları içinde değil, Asya ve Avrupa ekseninde gerçekleşti. Bu da Neandertal genlerini geleceğe taşıyanların eski Afrikalılar (bilim insanlarının söyleyebildiği kadarıyla onlar Neandertallerle hiç ilişki kurmamıştı) değil, soyları dünyanın geri kalanına yerleşen ilk Asyalı ve Avrupalılar olduğu anlamına geliyor. Buradaki ironiyi kaçırırsak yazık olur. 1800'lerin kendini beğenmiş ırkçı bilim insanları farklı insan ırklarını, meleklerin hemen altından başlayıp vahşilerin hemen üstüne kadar basamak basamak sıralarken daima siyah teni Neandartaller gibi "insan kadar değeri olmayan" kaba varlıklarla bir tutmuştu. Ama gerçek gerçektir: Saf kuzeyli Avrupalılar günümüzde herhangi bir Afrikalıdan daha fazla Neandertal geni taşır. DNA bir kez daha küçük düşürür.

Ama sırf arkeologlara saç baş yoldurmak için, 2011 yılında Afrikalıların da tür dışı ilişkileri olduğuna dair kanıtlar bulundu. Orta Afrika'da evlerinden ayrılmayan ve hayatlarında hiç Neandertal görmemiş belli kabileler, artık soyu tükenmiş bilinmeyen başka arkaik insanlardan, kodlamayan DNA parçaları almış ve bu alışverişi Asyalılarla Avrupalıları oluşturacak insanların Afrika'dan ayrılışından sonra gerçekleştirmişti. Bilim insanları dünya çapındaki insan çeşitliliğini sınıflandırmaya devam ettikçe başka gruplarda başka buluş-

maların DNA'da bıraktığı hatıralar da ortaya çıkacak ve giderek daha fazla sayıdaki "insan" DNA'sının gerçekte başka canlılara ait olduğunu kabullenmek zorunda kalacağız.

Fakat gerçekten hangi etnik grubun daha az arkaik DNA'ya sahip olduğunun çetelesini tutmak işin en önemli kısmını kavramamıza engel olur. Ortaya çıkan can alıcı gerçek, kimin daha çok Neandertal olduğu değildir. Bütün halklar, fırsatını bulduğu her yerde arkaik insanlarla aşk ilişkisi kurmuşlardır. Bu DNA hatıraları içimizde ilkel benliğimizden bile daha derine gömülüdür ve bize insanların yeryüzüne nasıl yayıldığını anlatan büyük destanın kişisel, mahrem, fazlasıyla insani düzeltmeler ve açıklamalara da gerek duyacağını hatırlatırlar: randevular, aşığına kaçmalar ve her yerde genlerin birbirine karışması gibi. En azından, bu utancı bütün insanlar paylaşır. Bu kızıl, bu cilveli A'lar, C'ler, G'ler ve T'ler hepimizde ortaktır.

11

Büyüklük Önemlidir

İnsan Beyni Nasıl
Anormal Boyutlara Ulaştı?

ATALARIMIZIN YERYÜZÜNE YAYILMASI şans ve inattan daha fazlasını gerektiriyordu. Art arda gelen soy tükenişlerden kaçabilmek için aynı zamanda beyne de ihtiyacımız vardı. İnsan zekasının biyolojik bir temeli olduğu açıktır. Evrenselliği, zekanın DNA'mızda kayıtlı olduğunu gösterir ve çoğu hücrenin aksine beyin hücreleri sahip olduğumuz DNA'nın neredeyse tamamını kullanır. Ancak frenolojistlerden NASA mühendislerine, Albert Einstein'dan aptal dâhilere dek pek çok kişinin katkıda bulunduğu, yüzyıllardır devam eden incelemelere rağmen zekamızın nereden geldiğini kimse tam olarak bilmiyor.

Zekanın biyolojik temelini bulma yönündeki ilk girişimler "ne kadar büyük o kadar iyi" fikrini benimsiyordu: Beyin kütlesi arttıkça düşünce gücü de o kadar fazlalaşıyordu. Tıpkı daha çok kas sayesinde daha ağır şeyleri kaldırabilmek gibi. Sezgisel olmakla birlikte, bu kuramın eksikleri vardır. Yeryüzünün hakimleri balinalar ve onların dokuz kiloluk beyinleri değildir. Bu nedenle Napolyon Fransa'sının en önemli bilim insanlarından Baron Cuvier, bir canlının beyin-beden oranını incelemelerini ve nispi beyin ağırlığını ölçmelerini istedi.

Yine de Cuvier'nin zamanında bilim insanları daha büyük beynin daha iyi bir zihin anlamına geldiğine inanıyorlardı, özellikle de

bir türün kendi *içinde*. En iyi kanıt Cuvier'nin kendisiydi. Koca bir balkabağını andıran kafasıyla ünlenen, hatta bütün bakışları üzerinde toplayan bir adamdı. Yine de hiç kimse Cuvier'nin beyniyle ilgili kesin bir şey söylemiyordu, ta ki 1832 yılının 15 Mayıs'ında, Paris'in en büyük ve utanmaz doktorları otopsisini yapmak üzere Cuiver'nin başında toplanana dek. Gövdesini açtılar, iç organlarına ulaştılar ve normal organlara sahip olduğunu belirlediler. Bu iş bittiğinde heyecanla kafatasını kestiler ve devasa bir örnek çıkardılar. Tam olarak 1842 gram gelen beyin daha önce ölçülmüş beyinlerden yüzde on daha büyüktü. Bu adamların gördüğü en zeki bilim insanı, şimdiye kadar gördükleri en büyük beyne de sahipti. Epey ikna edici.

Ancak 1860'lara gelindiğinde boyut-zeka kuramı yıpranmaya başlamıştı. Bazı bilim insanları Cuvier ölçümünün kesinliğini sorguluyordu çünkü durum fazlasıyla garip görünüyordu. Hiç kimse Cuvier'nin beyninin turşusunu kurmaya zahmet etmemişti ne yazık ki, bu nedenle sonraki kuşak bilim insanları bulabildikleri her kanıta sıkı sıkı tutundular. En sonunda birisi Cuvier'nin şapkasını bulup çıkardı: Gerçekten de genişti, takan herkesin gözlerine kadar iniyordu. Ama şapka işinden anlayanlar şapkanın keçesinin zamanla bollaşarak aşırı tahminlere de yol açabileceğini belirtti. Berberlikten anlayanlar aslında Cuvier'nin gür saç modelinin, başını muazzam büyüklükte gösterdiğini, doktorlarda büyük beyin bekleme yönünde bir önyargı oluşturduğu için de büyük bir beyin bulunduğunu öne sürdü. Kimileri de Cuvier'nin jüvenil hidrosefaliden (çocukken beynin ve kafatasının ateşle birlikte şişmesi) mustarip olduğu yönünde kanıtlar topladı. Bu durumda Cuvier'nin büyük kafasının dehasıyla hiç ilgisi bulunmayabilir, tamamen tesadüfi olabilirdi.[63]

Cuvier hakkında tartışmak hiçbir şeyi çözmeyecekti, bu nedenle daha fazla insandan veri toplamak için kafatası anatomisi uzmanları, beyin hacmi ölçme yöntemleri geliştirdiler. Esasen, her deliği

63- Stephen Jay Gould, *Pandanın Başparmağı* adlı kitabında Cuvier'nin otopsisini çok eğlenceli bir biçimde yorumlar. Gould aynı zamanda *The Lying Stones of Marrakech* derlemesinde 15. Bölümde tanışacağımız Jean-Baptiste Lamarck'ın hayatı üzerine iki bölümlük mükemmel bir makale de yazdı.

Napolyon döneminde ve sonrasında Fransız bilimine hükmeden biyolog Baron Cuvier, şimdiye kadar kaydedilen en büyük beyinlerden birine sahipti.

tıkayıp kafatasını belirli miktarda (tercihe bağlı olarak) bezelye, fasulye, pirinç, darı, beyaz karabiber tanesi, darı, hardal tohumu, su, cıva ya da kurşun saçmayla doldurdular. Masanın üstüne sıralanmış bir dizi kafatası hayal edin. Her birinin üzerinde huni vardı ve ortalıkta kova kova cıva ya da pazardan aldıkları çuval çuval tahılı taşıyan asistanlar dolaşıyordu. Bu deneyler üzerine eksiksiz monografl ar yayımlandı ve kafa karıştırıcı sonuçlar da arttı. En büyük kafatasına sahip olan Eskimolar dünyanın en zeki insanları mıydı? Dahası yeni keşfedilen Neandertal türünün kafatası, insanınkine göre ortalama 15 cm^3 daha genişti.

Sonradan anlaşılacağı üzere karmaşa daha yeni başlıyordu. Tam anlamıyla kesin bir bağlantı olmasa da, daha büyük beyin genel olarak bir türü daha zeki kılar. Maymunlar, orangutanlar ve insanlar oldukça zeki olduğundan, bilim insanları beyin büyüklüğünü artırmak için primat DNA'sı üzerinde yoğun bir baskı oluşması gerektiğini varsaydılar. Bu, temelde bir silahlanma yarışıydı: Büyük beyin-

li primatlar en çok yiyeceği kazanır ve krizleri daha iyi atlatırlar. Onları yenmenin tek yolu da sizin daha zeki olmanızdır. Ama doğa cimri de olabilir. Genetik ve fosil kanıtlara dayanan bilim insanları, artık birçok primat soyunun milyonlarca yıl içinde nasıl evrildiğini takip edebilirler. Sonuç olarak, belirli türlerin vücutlarının ve beyinlerinin zamanla küçüldüğü ortaya çıktı – kafatasları cüceleşir. Beyin yüksek miktarda enerji tüketir (insanlardaki kalorinin yüzde yirmisini), bu yüzden sürekli olarak yiyecek sıkıntısı çekilen zamanlarda, beyinleri büyütmede kısıntıya giden cimri DNA primatlar arasında galip gelmişti.

Bugün en iyi bilinen cüce, Endonezya'daki Flores adasında bulunan "cüce insan"dır. 2003'te keşfedildiğinde bilim insanları onun gelişmemiş ya da mikrosefal (küçük başlı) bir insan olduğunu ilan ettiler. Beyinlerimiz dışında fazla meziyetimiz olmadığı için evrimin bir insansının beynini bu kadar küçültecek kadar sorumsuzlaşmasına imkan yoktu. Fakat bugünlerde çok sayıda bilim insanı, cüce insanların (bilimsel adıyla *Homo floresiensis*) beyinlerinin gerçekten de küçüldüğünü kabul ediyor. Ama bu küçülmenin bir kısmı ada cüceliği denen olguyla da ilgili olabilir: Adaların sınırları belli olduğundan buralarda daha az yiyecek bulunur, bu nedenle büyüklüğünü ve uzunluğunu kontrol eden yüz kadar geni bastırabilen bir hayvan, daha az kalori harcayarak hayatta kalabilir. Ada cüceliği mamutları, su aygırlarını ve adada mahsur kalmış başka türleri pigme boyutlarında küçültmüştür. Bedeli daha ufak beyin[64] olsa da, bu baskının bir

64- Cüce insanların neden küçüldüğünü öğrenmek amacıyla bilim insanları şimdilerde DNA örneği almak için bir cüce insan dişini deliyorlar. Cüce insanlar da (Neandertaller gibi) DNA'yı hızlıca bozan tropikal bir iklimde yaşadıkları için, bu işlem biraz risklidir. Cüce insan DNA'sı alma girişimleri şimdiye kadar hep sonuçsuz kaldı.

Cüce insan DNA'sını araştıran bilim insanları, cüce insanın gerçekten de bir *Homo* cinsine ait olup olmadığını belirleyebilecek. Bilim insanları 2010 yılına kadar, *Homo sapiens* yeryüzüne yayıldığında hayatta olan yalnızca iki *Homo* türünden haberdardı: Neandertaller ve muhtemelen cüce insanlar. Ancak son yıllarda bu listeye Denisovanları da eklemek zorunda kaldılar. Denisovan adı, Sibirya'da on bin yıl önce beş yaşında bir kızın öldüğü mağaradan gelir. 2010 yılında, eski toprak katmanları ve keçi dışkıları altında bulunan kemikleri Neandertallere benziyordu ama aşık kemiğinden alınan DNA örneği, farklı bir *Homo* soyundan olduğunu gösterecek kadar farklılık içeriyordu. Bu, anatomik değil de genetik kanıtla keşfedilen ilk farklı türdü.

Denisovan DNA'sının izleri bugün ilk olarak Yeni Gine ve Fiji arasındaki adalara yerleşmiş Melanezyalılar arasında görünür. Görünüşe göre Melanezyalılar Afrika'dan güney denizlerine yaptıkları uzun

insansıyı küçültmeyeceğini düşünmek için neden yoktur.

Bazı açılardan bakılırsa modern insanlar da cücedir. Muhtemelen hepimiz bir müzeye gidip İngiltere'nin falanca kralının ya da kılıç sallayan meşhur bir adamın minicik zırhına bakıp amma da bücürmüş diye kıs kıs gülmüşüzdür. Ama atalarımız da bizim giysilerimizi görse aynı şekilde gülebilirdi. Zira MÖ 30.000'den bu yana DNA'mız insanın ortalama vücut ölçüsünü yüzde on küçültmüştür (aşağı yukarı on iki buçuk santim). Yere göğe sığdıramadığımız insan beyni de bu süre içinde en az yüzde on küçüldü, hatta birkaç bilim insanı bu küçülmenin daha fazla olduğunu öne sürer.

1900'lerde kafataslarını saçmalarla ve darılarla dolduran bilim insanları elbette DNA'yı bilmiyordu, ama ilkel aletleriyle bile beyin boyutu-zeka kuramının mantıklı olmadığının farkındaydılar. 1912'de *New York Times*'da iki sayfa yer bulan ve dâhileri inceleyen ünlü bir araştırma gerçekten de esaslı büyüklükte organlar bulmuştu. Bir buçuk kiloluk ortalamaya karşın, Rus yazar İvan Turgenyev'in beyninin ağırlığı iki kilonun üzerindeydi. Bununla birlikte, devlet adamı Daniel Webster ve ilk programlanabilir bilgisayarı hayal eden matematikçi Charles Babbage'in beyni ortalama ağırlıktaydı. Zavallı şair Walt Whitman'ınsa topu topu bin üç yüz gramlık bir kumanda merkezi vardı. Franz Joseph Gall'ın durumu daha da kötüydü. Zeki bir bilim insanı olmasına rağmen –beynin farklı bölgelerinin farklı işlevleri olduğunu öneren ilk kişiydi– Gall aynı zamanda frenolojiyi de (kafatası şeklinin analizi) kurmuştu. Taraftarlarının hiç silemeyecekleri bir utançtı bu, ama beyni yalnızca bir kilo yüz gram çekiyordu.

Adil olmak gerekirse, bir teknisyen Whitman'ın beynini ölçmeden önce yere düşürmüş, beyin kurumuş kek gibi parçalarına ayrılmıştı. Hepsini bulup bulmadıkları meçhul, yani Walt belki daha iyi bir ağırlığa ulaşabilirdi. (Gall'de böyle bir aksilik yaşanmamış-

---

yolculuk sırasında bir noktada Denisovanlarla karşılaşmış ve atalarının Neandertallerle yaptığı gibi onlarla karışmıştır. Bugün Melanezyalılar yüzde sekize varan oranlarda *Homo sapiens* harici DNA taşır, ancak bu ipuçlarının dışında Denisovanlar gizemini korumaktadır.

tı.) Yine de 1950'ye gelindiğinde boyut-zeka kuramı ölümcül yaralar almıştı ve beyin büyüklüğüyle zeka arasında kurulabilecek herhangi bir ilişki de Albert Einstein 1955'te öldükten birkaç saat sonra tamamen yok oldu.

13 Nisan 1955'te aortik anevrizma geçirdikten sonra Einstein kendini uluslararası bir ölü nöbetinin başrolünde buldu. En sonunda 18 Nisan'da saat biri çeyrek geçe iç kanamadan öldüğünde, naaşı rutin otopsi için New Jersey, Princeton'daki yerel bir hastaneye getirildi. Bu noktada, görevli patolog Thomas Harvey tatsız bir seçimle karşı karşıya kaldı.

Hangimiz aynı dürtüye kapılmazdık ki? Einstein'ı *Einstein* yapan şeyin ne olduğunu öğrenmeyi kim istemez? Einstein öldükten sonra beyninin incelenmesi isteğini ifade etmiş, hatta beyin taramasına girmişti. En iyi parçasının saklanmasına karşıydı, çünkü insanların onu bir ortaçağ aziziymiş gibi kutsallaştırması düşüncesinden nefret ediyordu. Ama Harvey o gece otopsi odasında neşterlerini hazırlarken insanlığın yüzyıllardır gördüğü en büyük bilimsel düşünürün gri maddesini kurtarmak için tek bir şansı olduğunu biliyordu. Ertesi sabah saat sekizde, Harvey –birinci dereceden akrabalarının izni olmadan ve Einstein'ın noter tasdikli yakılma isteğine de karşı gelerek– fizikçinin beynini, (*çalmak* çok aşırı bir deyim kaçabilir) *özgürlüğe kavuşturdu* diyelim ve beyinsiz naaşı ailesine iade etti.

Hayal kırıklığının ortaya çıkması uzun sürmedi. Einstein'ın beyni bir kilo iki yüz otuz gramdı. Yani normalin en alt kısmında. Harvey'nin başka bir şey ölçmesine fırsat olmadan, Einstein'ın da korktuğu gibi, kalıntının söylentileri yayıldı. Ertesi gün okulda Einstein'ın ölümüyle ilgili bir tartışma yapılırken Harvey'nin normalde fazla konuşmayan oğlu, "Einstein'ın beyni bizim evde," deyiverdi. Bir gün sonra ülkedeki bütün gazeteler baş sayfadaki ölüm ilanında Harvey'nin planlarından söz ediyordu. Harvey en sonunda Einste-

in ailesini –kesinlikle sinirlenmiş olmalıydılar– daha fazla inceleme yapması için kendisine izin vermeye ikna etti. Böylece boyutlarını kaliperle ölçüp 35 mm'lik siyah beyaz fotoğraf makinesiyle fotoğraflarını çektikten sonra Harvey beyni şekerleme boyutunda 240 parçaya ayırdı ve her birini selloidinle kapladı. Çok geçmeden, elde edilecek bilimsel açıklamaların küçük suçunu affettireceğinden emin bir halde, küçük parçaları kavanozlarla nörologlara yollamaya başladı.

Elbette bu kötüye giden ilk ünlü otopsisi değildi. Doktorlar 1827'de sağırlığını incelemek üzere Beethoven'ın kulak kemiklerini bir kenara ayırmışlardı, ama bunlar bir hastane hademesi tarafından çalınmıştı. Sovyetler Birliği kısmen Lenin'in beynini inceleyip bir devrimciyi devrimci yapan şeyin ne olduğunu bulmak için koca bir enstitü kurmuştu. (Stalin ve Çaykovski'nin beyinleri de korunmayı

Einstein'ın 1955'te ölümünden sonra katı selloidine sarılı beyin parçaları. (Getty Images)

hak ediyordu.) Benzer biçimde, cesedi halk tarafından tahrip edilmesine rağmen Amerikalılar da boş durmayıp bir diktatörü diktatör yapanın ne olduğunu belirlemek için II. Dünya Savaşı'ndan sonra Mussolini'nin beyninin yarısını aldılar.Aynı yıl ABD ordusu nükleer radyasyon hasarını araştırmak için Japon adli tabiplerinin elinden dört bin insan parçasını zorla aldı. Ganimetleri arasında kalp, karaciğer ve beyin parçaları, hatta gözbebekleri de vardı. Doktorlar her şeyi kavanozlara koyarak Washington, D.C.'de, vergi mükelleflerine yılda altmış bin dolara mal olan radyasyon geçirmez kasalarda sakladı. (ABD, kalıntıları 1973'te iade etti.)

Daha da korkuncu, William Buckland –uydurma olması muhtemel bir hikayedir ama çağdaşları inanıyordu– bir arkadaşına XIV. Louis'nin kalbinin kurutulmuş bir parçasını gösterdiğinde gurme kariyerinin zirvesine ulaştı. "Pek çok tuhaf şey yedim ama bir kralın kalbini hiç yemedim," diye dalıp gitti Buckland. Birisi onu durdurmayı akıl edene kadar Buckland kalp parçasını midesine indirmişti bile. Tüm zamanların en müstehcen çalıntı beden parçalarından biri de Cuvier'nin hamisi Napolyon'un en mahrem yeriydi. Kindar bir doktor 1821'de otopsi sırasında imparatorun penisini kesivermiş ve dolandırıcı bir rahip de bunu Avrupa'ya kaçırmıştı. Aradan bir yüzyıl geçtikten sonra 1927'de New York'ta satışa çıktı. Bir gözlemci "geyik derisinden hor kullanılmış bir ayakkabı bağı parçası gibi," diye söz etmişti ondan. Küçülüp üç buçuk santim kalmıştı ama yine de New Jerseyli bir ürolog tarafından 2900 dolara satın alındı. Bu tüyler ürpertici kataloğu New Jerseyli bir başka doktordan söz etmeden kapatamayız. Bu doktor 1955'te utanmadan Einstein'ın gözlerini alıp kaçtı. Doktor daha sonra gözleri almak isteyen Michael Jackson'ın milyonlarca dolarlık teklifini reddetti – kısmen onlara uzun uzun bakmak hoşuna gittiği için. Einstein'dan geriye kalanlara gelirsek... Metin olun. Yakıldı. Ailenin Princeton'da külleri nereye saçtığını kimse bilmiyor.[65]

65- Daha fazlasını öğrenmek ister misiniz? Galileo'nun parmağı, Oliver Cromwell'ın kafatası ve Je-

Belki de bütün bu Einstein fiyaskosunun en üzücü yanı bilim insanlarının elde ettiği önemsiz bilgilerdir. Nörologlar kırk yıl içinde Einstein'ın beyniyle ilgili ancak üç makale yayımladı çünkü birçoğu onda olağanüstü bir şey bulamadı. Harvey bilim insanlarını beyne bir kez daha bakmaları için sıkıştırıp duruyordu ama ilk sıkıcı sonuçlar geldikten sonra beyin parçaları öylece ortalıkta durdu. Harvey her parçayı tülbente sarılı halde, formalin dolu iki geniş ağızlı kurabiye kavanozuna koydu. Kavanozlar "Costa Cider" yazılı bir karton kutuda, Harvey'nin bürosundaki kırmızı bira soğutucusunun arkasında duruyorlardı. Harvey daha sonra işini kaybedip Kansas'ta daha yeşil kırlara giderken (burada eroinman yazar William S. Burroughs'un kapı komşusu oldu) Einstein'ın beyni de otomobilinde ona eşlik etti.

Ancak geçtiğimiz on beş yılda, Harvey'nin ısrarlarında tam olarak haksız olmadığı da anlaşıldı. Birkaç temkinli makale Einstein'ın beyninin hem mikroskobik hem de makroskobik düzeyde farklı yönlerini vurguladı. Beyindeki büyümenin genetiğiyle ilgili çok sayıda araştırmayla birlikte bu bulgular, insan beyniyle hayvan beyni arasındaki farkı ve Einstein gibilerini standartların ötesine iten şeyin ne olduğunu anlamamızı sağlayabilirler.

Öncelikle genel beyin büyüklüğüne yönelik saplantı, yerini belirli beyin bölümlerinin büyüklüğüne yönelik saplantıya bırakmıştır. Özellikle primatların diğer hayvanlara göre daha büyük nöron (sinir hücresi) çıkıntıları vardır (aksonlar), her bir nöron üzerinden daha hızlı bilgi aktarımı yapabilirler. Daha da önemlisi, en dıştaki beyin katmanının, yani korteksin kalınlığıdır. Düşünme, hayal kurma ve diğer süslü meşgaleleri düzenler. Bilim insanları belirli genlerin ka-

---

remy Bentham'ın kesik başının tamamı (korkunç biçimde çekmiş derisi dahil), hepsi de yüzyıllar içinde sergilendi. Thomas Hardy'nin kalbi söylentilere göre bir kedinin midesine indi. Joseph Haydn'ın başı gömülmeden hemen önce frenolojistler tarafından çalındı. Franz Schubert'in "larva-yuvası" başı, mezarlık işçileri onu yeni bir mezara aktarırken çalındı. Birisi Thomas Edison can çekişirken son nefesini saklamak için ağzına bir kavanoz tuttu. Kavanoz anında bir müzede sergilenmeye başladı.

Yeniden yaşamaya başlayan ünlü beden parçalarını listelemeye kalksam muhtemelen bir sayfayı bulur. Percy Bysshe Shelley'nin kalbi, Grover Cleveland'ın kanserli çenesi, sözde İsa'ya ait sünnet derisi (Kutsal Prepüs)... ama John Dillinger'in penisinin Smithsonian Enstitüsünde olduğuna dair dedikoduların aslı olmadığını söyleyerek bitireyim.

lın bir korteks için çok önemli olduğunu biliyorlar. Çünkü bu genlerdeki hataların sonuçları üzücü bir netlikle görülebilir: İnsanların gelişmemiş küçük beyinleri olur. Bu genlerden biri *aspm*'dir. Primatlardaki *aspm* geninde diğer memelilere kıyasla fazladan DNA bölümleri vardır. Bu DNA, korteksi büyüten fazladan amino asit dizilerinin kodlamasını yapar. (Bu diziler genellikle izolösin ve glutamin amino asitleriyle başlar. Biyokimyacıların amino asitler için kullandığı alfabetik kısaltmalarda, glutamin genellikle *Q* [*G*'nin sahibi vardı] ve izolösin sade *I* olarak kısaltılır; bu da tesadüfen "IQ alanı" denen bir DNA dizisinin zekamızı ileri ittiği anlamına gelir.)

Korteks büyüklüğünü artırmanın yanı sıra *aspm*, kortekstеki nöronların yoğunluğunu artıran bir süreci yönetmeye de yardım eder. Bu da zekayla bağlantılı bir başka özelliktir. Bu yoğunluk artışı yaşamımızın ilk günlerinde gerçekleşir, yani herhangi bir yolu seçip herhangi bir tür hücreye dönüşebilecek çok sayıda kayıt dışı kök hücreye sahip olduğumuz zamanda. Kök hücreler yeni yeni şekillenen beyinde bölünmeye başladığında, ya daha fazla kök hücre üretir ya da bir yere yerleşip iş güç sahibi olarak olgun nöronlar haline gelirler. Nöronlar faydalıdır elbette ama her nöron oluşumunda, gelecekte daha fazla nöronlar yapabilecek yeni kök hücrelerin üretimi durur. Bu durumda büyük bir beyin sahibi olmak önce kök hücrelerin temel sayısını artırmayı gerektirir. Bunu yapmanın anahtarı da kök hücrelerin eşit bölündüğünden emin olmaktır. Eğer hücrenin iç kısmı iki evlat hücre arasında eşit olarak bölünürse, her biri bir kök hücre olur. Eğer bölünme eşit değilse nöronlar erken oluşur.

Eşit bölünmeyi kolaylaştırmak için *aspm*, kromozomlara bağlanan "iğler"i yönlendirir ve sonra kromozomları güzel, temiz, simetrik biçimde ayırır. *Aspm* görevini yapamazsa bölünme eşit olmaz, nöronlar çok erken oluşur ve çocuk normal bir beyinden mahrum kalır. Kuşkusuz, *aspm* büyük beyinden sorumlu "o" gen değildir: Hücre bölünmesi pek çok gen arasında karmaşık bir koordinasyon olmasını gerektirir, ana düzenleyici genler de her şeyi yukarıdan yönetir. Ancak *aspm* doğru çalıştığında korteksi nöronlarla dol-

durabilir[66], tutukluk yaptığındaysa nöron üretimini sabote edebilir.

Einstein'ın korteksi birkaç sıra dışı özelliği barındırıyordu. Bir araştırma, normal yaşlı erkeklerle karşılaştırıldığında korteksinin aynı sayıda nöron içerdiğini ve nöron büyüklüğünün ortalama aynı olduğunu buldu. Ancak Einstein'ın korteksinin bir bölümü, prefrontal korteksi daha inceydi, bu da ona daha yüksek bir nöron yoğunluğu veriyordu. Sıkıca paketlenmiş nöronlar beynin bilgiyi daha çabuk işlemesine yardımcı olabilir. Prefrontal korteksin beynin her yerinde düşünceyi yönettiği ve çok aşamalı problemleri çözmeye yardım ettiği göz önüne alınırsa, bu oldukça önemli bir bulgudur.

Başka araştırmalar da Einstein'ın korteksinin belli kıvrımlarını ve oyuklarını inceledi. Beyin büyüklüğünde olduğu gibi, daha fazla kıvrımın beyni otomatikman daha güçlü kıldığı inancı efsanedir. Ama kıvrımlanma, genelde daha üst düzey işleyişi işaret eder. Örneğin daha küçük ve aptal maymunların kortekslerinde daha az sayıda kıvrım bulunur. İşin ilginci, yeni doğan bebeklerde de durum böyledir. Yani bebeklikten çıkıp genç yetişkinlere dönüşmemiz sırasında beynimizi kırıştıran genler çalışmaya başlarken, her birimiz milyonlarca yıllık insan evrimini tekrar yaşarız. Bilim insanları beyinde kıvrım olmamasının yıkıcı olduğunu da biliyor. "Düz beyin" genetik bozukluğu, bebeğin (yaşasa bile) ileri derecede geri zekalı olmasına yol açar. Düz bir beyin yol yol değil, ürkütücü bir şekilde cilalanmış görünür ve enine kesitleri kırışık beyin yapısına değil, bir ciğer parçasına benzer.

Einstein'ın parietal lobunun korteksi sıra dışı kıvrımlara ve girintilere sahipti. Bu bölge matematiksel mantık yürütme ve görsel algılamada rol oynar. Bu, fiziği resimlerle düşündüğünü iddia eden Einstein'ın sözleriyle örtüşür: Örneğin kısmen ışık ışınlarına ata bi-

---

66- Beynin yoğunluk ve büyüklüğünü artırmak için genel genetik algoritma hayret verecek kadar basit olabilir. Biyolog Harry Jerison şu örneği önermiştir: DNA'sı tarafından "Otuz iki kere bölün. Sonra dur." şeklinde programlanan bir kök hücre düşünün. Eğer hiçbir hücre ölmezse elinizde 4.294.967.296 nöron olacaktır. Şimdi de bu koda "otuz dört kere bölün, sonra dur," diyen bir düzeltme düşünün.

4,3 milyar nöronla 17,2 milyar nöron arasındaki fark aşağı yukarı şempanze korteks sayısıyla insan korteks sayısı arasındaki fark olacaktır. "Şifre aşırı basit görünebilir," der Jerison, ancak "biraz daha karmaşık talimatlar genlerin bilgi şifreleme kapasitesinin üzerinde olabilir."

ner gibi binerse ne olacağını hayal ederken görelilik kuramını formüle etmişti. Parietal lob aynı zamanda ses, görme ve diğer duyusal girdileri beynin geri kalanıyla birleştirir. Einstein bir keresinde soyut kavramların zihninde yalnızca "duyusal deneyimlerle olan bağlantıları sayesinde" anlam kazandığını söylemişti. Ailesi, ne zaman bir fizik problemine takılıp kalsa Einstein'ın keman çaldığını hatırlar. Bir saat sonra çoğunlukla "Buldum!" der ve işe dönerdi. Görünüşe göre işitsel girdi, düşüncelerine hız kazandırıyordu. Belki de en çarpıcı olanı Einstein'ın loblarında parietal kıvrımlar ve girintilerin stereoid kullanmışçasına kalın, normalden yüzde on beş daha büyük olmasıydı. Çoğunluğu oluşturan biz zeka fakirleri cılız sağ parietal loblara ve daha da cılız sol parietal loblara sahipken Einstein'ınkiler bir o kadar güçlüydü.

Son olarak da Einstein'ın orta beyninin bir kısmı, parietal operkulum eksik gibiydi ya da en azından tam olarak gelişmemişti. Beynin bu bölümü dil üretiminde rol oynar ve eksikliği Einstein'ın iki yaşına kadar konuşmamasını ve yedi yaşına kadar da yüksek sesle konuşmadan önce, söyleyeceği her şeyi alçak sesle prova etmesini açıklayabilir. Ancak bunun bazı olumlu tarafları da olmuş olabilir. Bu bölgede normalde ince bir çatlak (fisür) ya da küçük bir boşluk bulunur ve düşüncelerimiz uzun yoldan dolaşmak zorunda kalır. Onda bu boşluğun bulunmaması, beyninin iki ayrı bölümünü sıra dışı biçimde doğrudan temasa geçirdiği için, Einstein belirli bilgileri daha hızlı işleyebilir hale gelmiş olabilir.

Bütün bunlar heyecan vericidir. Peki ama heyecan verici zırvalıklar olmadıkları ne malum? Einstein beyninin bir kutsal emanete dönüşmesinden korkuyordu ama biz de benzer bir aptallık yapıp frenolojiye mi döndük? Günümüze gelene dek Einstein'ın beyni çürüyerek kuşbaşı ciğere döndü (rengi bile aynı), bu yüzden bilim insanları genellikle bu kadar hassas olmayan bir yönteme başvurarak eski fotoğraflarla çalışmak zorunda kalır. Açıkça söylemek gerekirse Thomas Harvey, Einstein'ın beyninin "olağanüstü" özelliklerini inceleyen çeşitli araştırmaların yarısında ortak yazar olarak çalıştı. Bilime

ilgisi olduğu kesindi ve çaldığı organdan bir şey öğrenmek istiyordu. Ayrıca Cuvier'nin koca beyninde olduğu gibi, belki Einstein'ın özellikleri de kendine özgüydü ve aslında dehayla bir ilgisi yoktu. Elimizdeki örnekten bunu anlamak zor. Daha zor olansa şu sorunun cevabını bulmak: Einstein'ın dehasına kendisindeki sıra dışı nöral özellikler mi (kalınlaşmış kıvrımlar gibi) yol açmıştı, yoksa beyninin bu bölümlerini "çalıştırmasını" ve güçlendirmesini sağlayan şey onun dehası mıydı? Bazı nörobilimciler küçük yaştan itibaren keman çalmanın (Einstein altı yaşında keman derslerine başlamıştı) beyinde Einstein'ınkinde gözlemlenen değişimlere yol açabileceğini belirtir.

Harvey'nin beyin dilimlerine el atıp DNA almak gibi umutlarınız varsa unutun. 1998'de Harvey, kavanozları ve bir yazarla birlikte kiralık bir Buick'e atlayıp Einstein'ın California'da yaşayan torununu ziyaret etmek üzere bir yolculuğa çıktılar. Büyükbabasının beyni karşısında irkilse de Evelyn ziyaretçileri tek bir nedenle kabul etmişti. Yoksuldu, söylenenlere göre zekası da parlak değildi ve bir işte çalışmakta zorlanıyordu, kısacası bir Einstein değildi. Hatta Evelyn'e her zaman Einstein'ın oğlu Hans tarafından evlat edinildiği söylenmişti. Ama Evelyn biraz matematik biliyordu. Einstein'ın eşi öldükten sonra çeşitli hanım arkadaşlarını bağrına bastığı söylentilerini duyunca, onun gayrimeşru çocuklarından biri olabileceğini fark etti. "Evlat edinme" işi bir tezgah olabilirdi. Evelyn emin olmak için babalık testi yaptırmak istemişti ama tahnit işleminin, beyindeki DNA yapısını bozduğu ortaya çıktı. Başka DNA kaynakları hâlâ ortalıkta dolaşıyor olabilir –bıyık kılı, pipodaki tükürük, ter bulaşmış kemanlar– ama şimdilik elli bin yıl önce yok olmuş Neandertallerin genleri hakkında 1955'te ölen bir adamın genlerinden daha çok şey biliyoruz.

Einstein'ın dehası bir muamma olarak kalmaya devam etse de bilim insanları, diğer primatlara kıyasla insanın günlük dehası hakkında pek çok şey buldular. İnsan zekasını geliştiren DNA'nın bir kısmı bunu dolambaçlı yollardan yapar. Birkaç milyon yıl önce insanlarda meydana gelen iki harflik bir çerçeve kayması mutasyonu,

çene kaslarımızı şişiren bir geni devre dışı bıraktı. Bu, muhtemelen daha ince ve zayıf kafataslarına sahip olmamızı sağladı. Dolayısıyla da kafatasında beynin genişleyebileceği yeterli hacmin oluşmasını sağladı. Bir başka sürpriz de et yeme geni *apoE*'nin, beynin kolesterolü kullanmasına yardım ederek epey büyük rol oynamasıydı. Beynin doğru işleyebilmesi için aksonlarını miyelinle kaplaması gerekir. Miyelin, kablolardaki plastik yalıtkanın görevini yapar ve sinyal iletilirken kısa devre ya da tutukluk olmasını önler. Kolesterol, miyelinin ana bileşenlerinden biridir, *apoE*'nin belirli biçimleriyse beyin kolesterolünü ihtiyaç olan yerlere dağıtır. Görünüşe göre *apoE* beynin değişebilirliğine de katkıda bulunur.

Bazı genler beyinde doğrudan yapısal değişikliklere yol açarlar. *lrrtm1* geni tam olarak hangi nöron bölgesinin konuşma, duygu ve diğer zihinsel özellikleri kontrol edeceğini saptamaya yardım eder. Böylece insan beyninin sıra dışı asimetrisini, sol-sağ özelleşmesini oluşturmasına yadım eder. *lrrtm1*'in bazı versiyonları sol ve sağ beynin bölümlerini bile ters yüz eder, üstüne üstlük solak olma ihtimalinizi artırır, bu da solaklığın bilinen tek genetik bağlantısıdır. Beynin mimarisini neredeyse gülünç şekillerde değiştiren DNA'lar da vardır: Kalıtımla alınabilen belirli mutasyonlar hapşırma refleksini başka eski reflekslerle kesiştirerek insanların güneşe baktıktan sonra, fazla yemek yiyince ya da orgazm olurken kontrol edilemez biçimde aksırmasına yol açabilir; örneğin bir vakada arka arkaya hapşırık sayısı kırk üçe ulaşmıştı. Bilim insanları kısa bir süre önce şempanzelerde, insanlardan silinen 3181 baz çiftinden oluşan ve beyinde yer alan bir "çöp DNA"sı saptadı. Bu bölge büyük beyinlere, ama aynı zamanda beyin tümörlerine de yol açan denetimsiz nöron büyümesini durdurmaya yardım ediyordu. İnsanlar bu DNA'yı silmekle bir kumar oynamıştır ama beyinlerimizin büyümesiyle birlikte riskin faydasını görmüşlerdir. Bu buluş, bizi insan yapan şeyin ya da en azından bizi maymun yapmayan şeyin (Neandertallerde de bu DNA yoktu) her zaman DNA ile kazandıklarımız değil, bazen de kaybettiklerimiz olduğunu gösterir.

DNA'nın bir popülasyonda nasıl ve ne kadar hızlı sürüklendiği, hangi genlerin zekaya katkıda bulunduğunu ortaya çıkarabilir. Bilim insanları 2005 yılında, mutasyon geçirmiş iki beyin geninin atalarımız arasında sel gibi sürüklendiğini bildirdiler: 37.000 yıl önce *mikrosefalin*, yalnızca 6000 yıl önce de *aspm*. Bilim insanları bu yayılmanın zamanını belirlerken, ilk kez Columbia'daki meyve sineği odasında geliştirilen teknikleri kullandı. Thomas Hunt Morgan genlerin belli versiyonlarının kümeler halinde alındığını keşfetti, bunun nedeni kromozomlar üzerinde yan yana bulunmalarıydı. Örneğin, üç genin *A*, *B* ve *D* versiyonları normalde bir arada ortaya çıkıyordu; ya da *a*, *b*, ve *d* bir arada görünebilirdi. Kromozomal krosover ve melezleme grupları karıştıracak *a*, *B*, ve *D* ya da *A*, *b*, ve *D* gibi karışımlar yaratacaktı. Yeterli sayıda kuşak geçtikten sonra bütün kombinasyonlar ortaya çıkacaktı.

Ama diyelim ki *B* bir noktada mutasyonla B_0 oluyor ve B_0 insanlara son derece yüksek performanslı bir beyin veriyordu. Bu noktada, B_0 bir popülasyonda hızla sürüklenebilirdi çünkü B_0 insanları, diğer insanlardan daha iyi düşünebilirdi. (Bu sürüklenme, popülasyon çok azaldığında özellikle kolaylaşacaktır çünkü yeni genin çok daha az rakibi olacaktır. Darboğazlar her zaman kötü değildir!) Unutmayın, B_0 geni popülasyonda sürüklenirken, mutasyonlu ilk kişide B_0'ın yanında yer alan *A*/*a* ve *D*/*d* versiyonları da popülasyonda sürüklenecektir, çünkü krosoverın üçlüyü birbirinden ayıracak vakti olmayacaktır. Bir başka deyişle bu genler avantajlı genle birlikte sürükleneceklerdir. Bu sürece genetik otostop denir. *Aspm* ve *mikrosefalin* genleri, genetik otostop belirtilerini belirgin biçimde sergiler. Bu da hızlı sürüklenmiş oldukları ve hayli güçlü bir avantaj sağladıkları anlamına gelir.

Zeka geliştirici özel genlerin dışında, DNA düzenlemesi de gri maddemiz hakkında pek çok şey açıklayabilir. İnsan ve şempanze DNA'sındaki diğer bir belirgin farklılık da beyin hücrelerimizin DNA'yı daha sık kesip yeniden düzenlemesidir, çoğu kez aynı harf dizisini farklı sonuçlar almak için keser ve yeniden düzenler. Nöron-

lar DNA'yı o kadar çok karıştırır ki, bazı bilim insanları biyolojinin ana dogmasını –vücudunuzdaki bütün hücrelerin aynı DNA'ya sahip olması– altüst ettiklerini düşünürler. Ne sebeple olursa olsun nöronlar ve hareketli DNA parçaları, kendilerini kromozomlara rasgele sıkıştıran "sıçrayan genler" arasında çok daha fazla esnekliğe izin verir. Bu, nöronların DNA şablonlarını değiştirir, dolayısıyla da nöronların nasıl çalıştığını değiştirebilir. Bir nörobilimcinin gözlemlediği gibi, "Tek bir nöronun ateşleme düzenini değiştirmenin davranış üzerinde belirgin etkileri olabileceği göz önüne alınırsa, bazı insanlarda [hareketli DNA]nın bir kısmı, birtakım hücrelerde beynin nihai yapısı ve işlevi üzerinde önemli olması mümkün görünür." Virüs benzeri parçacıklar bir kez daha insanlığımız için büyük önem taşıdıklarını kanıtlayabilir.

Eğer deha gibi tanımlanamaz bir kavramı, DNA gibi indirgemeci bir şeyi araştırarak açıklayabileceğimizden kuşkuluysanız, pek çok bilim insanıyla hemfikirsiniz demektir. Üstelik arada sırada savant Kim Peek benzeri bir vaka ortaya çıkar; bu vaka DNA ve beyin yapısının zekayı nasıl etkilediğine ilişkin düşüncelerimizle öyle bir dalga geçer ki en ateşli nörobilimciler dahi teselliyi sert bir burbonda arayıp iflas açıklamayı bile düşünebilirler.

Salt Lake City'li Peek aslında bir megasavanttı, kaba ama tam tabiriyle bir aptal dâhinin [idiot savant] gelişmiş versiyonu. Peek'in yeteneği kusursuz daireler çizmek ya da kutsal Roma imparatorlarını sırasıyla saymak gibi boş becerilerle sınırlı değildi. Peek coğrafya, Amerikan tarihi, Shakespeare, klasik müzik, Kitabı Mukaddes, yani aslında bütün Batı uygarlığı hakkında ansiklopedik bilgi sahibiydi. Dahası Peek on sekiz aylıkken okumaya başlamıştı ve adeta bir Google edasıyla, ezberlediği dokuz bin kitaptaki herhangi bir cümleyi hatırlayabiliyordu. (Bir kitabı bitirdiğinde tamamladığını belirtmek için rafına baş aşağı yerleştirirdi.) Özgüveninizi biraz yerine ge-

tirecekse, Peek ABD posta kodu sisteminin tamamı gibi bir yığın işe yaramaz saçmalık da biliyordu. Aynı zamanda esin verdiği *Yağmur Adam* filmini de ezberlemişti ve Mormon teolojisini insanı sersemletecek kadar ayrıntılı biliyordu.[67]

1988 yılında, Peek'in yeteneklerini herhangi bir şekilde ölçmeye çalışırken Utahlı doktorlar beyin taramasını denediler. 2005'te bir nedenle NASA da işin içine girdi ve Peek'in zihin aygıtının eksiksiz MRI ve tomografi taramalarını aldılar. Taramalar Peek'in beynin sağ küresini sola bağlayan dokuların olmadığını gösteriyordu. (Hatta Peek'in babası oğlunun bebekken bir gözünü diğerinden bağımsız olarak oynatabildiğini hatırlıyordu, bu da muhtemelen sağ ve sol küreler arasındaki bağlantı kopukluğu yüzündendi.) Bütüne odaklanan sol yarım küre de biçimsiz görünüyordu – normal beyinlerden daha şişkin ve ezikti. Ama bu ayrıntıların dışında NASA düzeyinde teknoloji bile yalnızca anormal özellikleri, Peek'in beynindeki *sorunları* açığa çıkarabiliyordu. Peek'in neden gömleğinin düğmelerini ilikleyemediğini ya da babasının evinde yıllarca yaşamasına rağmen neden çatal bıçağın yerini unuttuğunu açıklamaya yarıyordu. Yeteneklerinin temeline gelince NASA bu konuda omuz silkiyordu.

Ama doktorlar Peek'in aynı zamanda az rastlanılan bir genetik bozukluğu olduğunu da biliyordu. FG sendromunda, hatalı işleyen tek bir gen, nöronların doğru gelişmek için ihtiyaç duyduğu DNA bölümünü etkin konuma getiremez. (Nöronlar çok müşkülpesenttir.) Bu sorunlar çoğu savantta olduğu gibi Peek'te de sol beyne yansımıştı, muhtemelen bunun sebebi olayların bütünüyle ilgilenen sol

67- Kendisi de dini bütün bir Mormon olan Peek'in genetik arkeolojinin son günlerde Mormon kilisesinde yarattığı çatlağın farkında olup olmadığını bilmiyoruz. Joseph Smith henüz on dört yaşındayken 1820'de Yehova'nın sözlerini kopyaladığından beri, Mormonlar Polinezyalılar'ın ve Amerikalı Kızılderililerin İÖ 600'de Kudüs'ten Amerika'ya gelmiş Lehi adında korkusuz bir Yahudi peygamberden geldiğine inanıyordu. Ancak bu halklar üzerinde yapılan her DNA testi bu düşünceyi yalanlar: Bu halklar hiçbir açıdan Ortadoğulu değildir. Bu çelişki yalnızca Mormon kutsal kitaplarının kesinliğini geçersiz kılmakla kalmaz, kıyamet günlerinde hangi kahverengi tenli insanların kurtarılacağına, dolayısıyla hangi grupların dine döndürülmesi gerektiğine dair karışık Mormon eskatolojisini de altüst eder. Bu bulgu bazı Mormonlar, özellikle de üniversitede çalışan bilim insanları arasında epey sıkıntı yarattı. Kimileri inançlarını yitirdi. Çoğu sıradan Mormon da muhtemelen ya bu gerçeği bilmez ya da bu çelişkiyi sindirip hayatına devam eder.

beynin rahimde daha uzun sürede gelişmesiydi. Bu nedenle hatalı bir genin buraya hasar vermek için daha çok vakti olacaktır, ama tuhaf bir şaşırtmaca yapıp normalde baskın olan sol yarı küreye zarar vermek, ayrıntı-odaklı sağ beynin yeteneklerini de ortaya çıkarabilir. Gerçekten de çoğu savantın yeteneklerinin –sanatsal taklit, kusursuz müzik belleği, takvim hesapları– hepsi de beynin daha az hassas sağ yarısında toplanır. Bunu kabullenmek üzücü, ama baskın sol beyin zarar görmediği sürece bastırılan sağ beyin yeteneklerinin hiçbir zaman ortaya çıkamayacağı doğru olabilir.

Genetikçiler Neandertal genomunu kullanarak benzer keşifler yapmıştır. Bilim insanları bugünlerde otostop kanıtları bulmak için insan ve Neandertal DNA'sını deşiyor. Amaçları Neandertal ve insanların ayrılmasından sonra insanlara yayılan ve Neandertallerden farklı olmamızı sağlayan DNA'yı tanımlamak. Şimdiye kadar iki yüz bölüm buldular, birçoğu en az birkaç gen içeriyor. Bu insan-Neandertal ayrımlarının çoğu kemik ya da metabolizma gelişimiyle ilgili sıkıcı şeylerdir. Ama bilim insanları bilişle ilgili bir avuç gen de teşhis etti. Ancak çelişkili bir biçimde, bu genlerin belirli değişkenlerine sahip olmak, Nobel ödülleri ya da Mac Arthur burslarıyla bağlantılı olmaktan çok Down sendromu, otizm, şizofreni ve benzer zihinsel bozuklukların riskini artırır. Görünüşe göre zihin ne kadar karmaşıksa o kadar kırılganlaşır. Bu genler zekamızı artırmış olsa da, onlara sahip olmak riskleri de beraberinde getirmiştir.

Yine de bütün bu kırılganlığına rağmen hatalı DNA'ya sahip bir beyin, başka koşullar altında mucizevi bir biçimde dirençli olabilir. 1980'lerde İngiltere'de bir nörolog, checkup için kendisine gönderilen genç bir adamın garip büyüklükteki kafatasını taradı. İçinde beyin omurilik sıvısından başka bir şey bulamadı (çoğunlukla tuzlu su). Genç adamın korteksi bir su balonuydu, çalkalanan bir iç oyuğu çevreleyen bir milimetre kalınlığında bir kese. Bilim insanı beynin aşağı yukarı yüz kırk gram geldiğini tahmin etti. Genç adamın IQ'su 126'dı ve üniversitesinde matematik bölümünde onur öğrencisiydi. Nörologlar bu yüksek işlevli hidrosefallerin (tam anlamıyla "su kafa-

lar") normal hayatlar yaşamayı nasıl başardığını bilmiyor, ama ünlü bir hidrosefaliği (Fransa'da iki çocuklu bir devlet memuru) araştıran doktor beynin zamanla yavaş yavaş küçüldüğünü ve önemli işlevleri tamamen kaybetmeden önce yeniden tahsis edecek kadar değişken olduğundan kuşkulanıyordu.

Peek'in –onun da Cuvier kadar büyük bir kafatası vardı– IQ'su 87'ydi. IQ'sunun bu kadar düşük olmasının nedeni muhtemelen ayrıntılardan zevk alması ve gerçekten de soyut düşünceleri işleyememesiydi. Örneğin bilim insanları onun yaygın atasözlerini kavrayamadığını fark etmişti, mecazi olanla arasında aşamayacağı kadar büyük bir uzaklık vardı. Ya da Peek'in babası bir keresinde restoranda sesini alçaltmasını söyleyince Peek sandalyesinden aşağı kayarak ağzını yere yakınlaştırmıştı. (Kelime oyunlarının teoride gülünç olduğunu kavrıyordu çünkü bu anlamlarla sözcüklerin daha matematiksel bir yer değişimini içeriyordu. Bir keresinde Lincoln'ın Gettysburg Konuşmasıyla[68] ilgili bir soru sorulduğunda, "Will'in evi, 227 NW Front caddesi ama orada bir gece kaldı ve ertesi gün konuşma yaptı," cevabını vermişti.) Peek başka soyutlamalarda da güçlük çekiyordu ve ev hayatında çaresiz bir çocuk gibi babasının bakımına muhtaçtı. Ancak diğer yeteneklerine bakınca, IQ'sunun 87 oluşu müthiş adaletsiz görünür ve onun özelliklerini gerçekten yansıtmaz.[69]

Peek 2009 sonlarına doğru kalp krizinden öldü ve toprağa verildi. Bu nedenle şaşırtıcı beyninin Einstein'ınki gibi ölümden sonra bir hayatı olmayacak. Beyin taramaları hâlâ duruyor, ancak şimdilik sadece insan zihninin biçimlenmesi (Peek'i Einstein'dan ya da günlük insan zekasını maymun zekasından ayıran şey) konusundaki boşluklara işaret ederek bizimle alay ediyor. İnsan zekasını derinlemesine anlamak için önce DNA'nın anlaşılmasını gerekir; çünkü DNA, düşüncelerimizi düşünen ve her "Aha!"mızı fark eden nöron

68- Bu konuşma İngilizcede Lincoln's Gettysburg Address olarak anılır. Address kelimesi hem adres hem de konuşma anlamını taşır. –çn

69- *Scientific American*'ın Aralık 2005 sayısında yer alan Donald Treffert ve Daniel Christensen'in yazısı Peek'in yeteneklerini yansıtmayı başarır.

ağını inşa edip tasarlayan birimdir. Aynı zamanda DNA'mızı dürterek geliştiren ve büyük beyinlerimizin potansiyeline ulaşmasına izin veren çevresel etkilerin de (Einstein'ın keman dersleri gibi) anlaşılmasını gerektirir. Einstein'ı Einstein yapan şey genleriydi, ama yalnızca onlar değildi.

Einstein'ı ve bizleri yetiştiren ortam tesadüfen ortaya çıkmadı. Diğer hayvanların aksine insanlar yakın çevrelerini oluşturur ve tasarlar: Biz kültüre sahibiz. Beyni geliştiren DNA kültür için gerekliydi ama yeterli değildi. Avcı-toplayıcı günlerimizde de büyük beyinlerimiz vardı (belki bugünkünden daha bile büyük beyinler) ama gelişmiş bir kültüre ulaşmak aynı zamanda pişmiş yiyecekleri sindirecek ve yerleşik yaşam tarzını idare edecek genleri de gerektiriyordu. Belki de en önemlisi, davranışla ilişkili genlere ihtiyacımız vardı: Yabancılara hoşgörü göstermemize ve yöneticilerin altında uysal biçimde yaşamamıza, tek eşliliği kabullenmemize yardım eden genlere... Disiplinimizi artırıp tatmini ertelememize izin veren ve kuşaklara göre ayarlanmış bir zaman ölçeğinde bir şeyler geliştirmemize izin veren genlere... Genel olarak genler hangi kültüre sahip olacağımızı biçimlendirmiştir, ama kültür de geriye eğilip DNA'mızı şekillendirmiştir. Kültürün en büyük başarılarını anlamak –sanat, bilim, siyaset– DNA ve kültürün nasıl kesişip birlikte evrildiğini anlamayı da gerektirir.

12

Gen Sanatı

Sanat Dehası DNA'mızda
Ne Kadar Derine Gömülüdür?

SANAT, MÜZİK, ŞİİR, RESİM... Nöral ihtişamın daha saf bir ifadesi yoktur. Genetik tıpkı Einstein ve Peek'in dehası gibi, güzel sanatların beklenmedik yönlerini de aydınlatabilir. Hatta genetik ve görsel sanatlar son yüz elli yılda birkaç kez paralel bir yolda ilerledi. Avrupalı kimyacılar 1800'lerde canlı yeni boyalar ve pigmentler bulmuş olmasaydı, Paul Cézanne ve Henri Matisse dikkat çekici renkli stillerini oluşturamazdı. Bu boyalar ve pigmentler aynı anda bilim insanlarına ilk kez kromozomları inceleme fırsatı da verdi, çünkü en sonunda kromozomları boyayarak hücrenin geri kalanının tekdüze ve sıkıcı renginden daha farklı hale getirebildiler. Aslında kromozom adı Yunanca renk (*chromos*) sözcüğünden gelir. Kromozomları yanar döner yeşil fonlarda "Kongo kırmızısı"na dönüştürmek gibi bazı renklendirme teknikleri Cézanne ve Matisse'i kıskançlıktan çatlatabilirdi. Bu sırada gümüş boyama –yeni ortaya çıkan fotoğraf sanatının bir yan ürünü– başka hücre yapılarının net olarak fotoğraflanmasını sağladı. Fotoğrafçılık ise bilim insanlarının bölünen hücrelerin zaman atlama yöntemiyle incelenmesini ve kromozomların nasıl aktarıldığını görmelerini mümkün kıldı.

Kübizm ve Dadaizm gibi akımlar, bir de fotoğrafçılık alanındaki rekabet, pek çok sanatçıyı yirminci yüzyılın başlarında gerçekçili-

ği bırakıp yeni sanat türleri denemeye götürdü. Hücrelere renk verme işleminden kazanılan yeni fikirlerle bağlantılı olarak, fotoğrafçı Edward Steichen 1930'larda "biyo-sanat"ı ortaya çıkardı. Hevesli bir bahçıvan olan Steichen ilk deneysel gen mühendisliği girişimlerden birini yaparak (bilinmeyen nedenlerle) ilkbahar aylarında delfinyum çiçeği tohumlarını gut ilacına batırmaya başladı ve mor çiçeklerin kromozom sayısını iki kat artırdı. Bazı tohumlar "bodur ve hastalıklı başaklar" verse de, diğerleri iki buçuk metrelik saplarıyla Jurassic Parktakilere benzeyen dev bitkiler verdi. Steichen 1936'da New York Modern Sanatlar Müzesi'nde beş yüz delfinyum sergiledi ve on yedi eyaletin gazetelerinde coşkulu övgülerle karşılandı: "Dev başaklar...muhteşem koyu maviler." Bir eleştirmen, "daha önce hiç görmediğim bir mor renk... şaşırtıcı siyahlıkta gözler," diye yazıyordu. Morlar ve maviler şaşırtmış olabilirdi ama Steichen –kendisi doğaya tapan bir panteisttir– Barbara McClintock'ı çağrıştıracak şekilde, gerçek sanatın delfinyumları kontrol etmek olduğunda ısrar etti. Sanat hakkındaki bu görüşleri bazı eleştirmenleri ondan uzaklaştırdı, ancak Steichen, "Bir şey kendi amacını yerine getiriyorsa, yani bir işlevi varsa güzeldir" görüşünde ısrar etti.

1950'lere gelindiğinde biçim ve işleve yönelik kaygılar sanatçıları en sonunda soyutçuluğa itti. Tesadüfi bir biçimde DNA araştırmaları da peşinden geldi. Watson ve Crick çalışmalarının fiziksel modellerini yaratırıp, folyo ya da kartondan DNA maketleri yaparken herhangi bir heykeltıraş kadar zaman harcadılar. İkili, çift sarmal model üzerinde karar kılmışlardı, çünkü onun sade güzelliğiyle büyülenmişlerdi. Watson ne zaman döner merdiven görse DNA'nın çok zarif göründüğünden emin oluyordu. Crick, DNA hakkındaki ilk ünlü makalelerinde, sayfa kenarında aşağı yukarı kıvrılan şık bir çift sarmal çizmesi için ressam eşi Odile'e başvurmuştu. Crick bir keresinde ince kıvrımlı modellere bakan sarhoş Watson'ın, "Çok güzel, görüyor musun ne kadar güzel," diye mırıldandığını hatırlıyordu. Crick, "gerçekten de öyleydi," diye ekler.

Ama Watson ve Crick ikilisinin A, C, G ve T'nin biçimleriyle ilgi-

li tahminleri gibi DNA'nın genel biçimi konusundaki tahmini de pek sağlam temellere dayanmıyordu. 1950'lerde biyologlar hücrelerin ne kadar hızlı bölündüğüne dayanarak, bu hıza yetişmek için çift sarmalın saniyede yüz elli dönüşle çözülmesi gerektiğini hesaplamışlardı; bu da oldukça yüksek bir tempoydu. Daha da kaygı verici şekilde, düğüm kuramından yararlanan birkaç matematikçi helezonik DNA'nın ipliklerini ayırmanın –onları kopyalamanın ilk adımı budur– topolojik olarak imkansız olduğunu ileri sürdüler. Çünkü açılmamış iki sarmal yanlamasına birbirinden ayrılamazdı; bunun için fazlasıyla dolaşıktılar. Bu nedenle 1976'da birkaç bilim insanı rakip bir DNA yapısı "bükülmüş-fermuar"ı tanıtmaya başladı. Burada tek bir düz sağ sarmal yerine, DNA boyunca biri sağ, biri sol olmak üzere yarım sarmallar sıralanıyordu. Bu da onun düzgün ayrılmasına izin veriyordu. Çift sarmalı eleştirenlere cevap vermek için Watson ve Crick zaman zaman DNA'nın alternatif biçimlerini tartışıyordu ama bu yeni fikirleri hemen bir kenara bırakıveriyorlardı (özellikle de Crick). Crick kuşkuları için çoğunlukla sağlam teknik nedenler gösteriyordu ama bir keresinde manidar bir biçimde "Üstelik modeller çok çirkin," demişti. Sonuçta matematikçiler haklı çıktı, hücreler çift sarmalları açamazlar. Bunun yerine DNA'yı kesmek için özel proteinler kullanır, kıvrımlarını gevşetir, sonra tekrar birleştirirler. Ne kadar zarif olsa da "çift sarmal" son derecede kullanışsız bir replikasyon yöntemidir.[70]

1980'lere gelindiğinde bilim insanları ileri genetik araçlar geliştirmişlerdi ve sanatçılar "genetik-sanat" üzerinde işbirliği yapmak için bilim insanlarına yaklaşır oldular. Açıkça söylemek gerekirse genetik-sanatta bazı iddiaları ciddiye almak için saçmalıklara tahammül etme kapasiteniz epey yüksek olmalıdır: Biyo-sanatçı

70- Birbirini izleyen sol sağ sarmallı eğri fermuar modeli aslında 1976'da iki kez çıkış yaptı (bir eşzamanlı keşif daha). Bu görüşü önce Yeni Zelandalı bir ekip yayımladı. Bundan kısa bir süre sonra Hindistan'da bağımsız çalışan bir ekip iki eğri-fermuar modelini ortaya koydu, biri Yeni Zelandalılarınkiyle aynıydı, diğerinde A'lar, C'ler, G'ler ve T'lerin bazıları ters çevrilmişti. Entellektüel asiler klişesine uygun biçimde iki ekibin de neredeyse hiçbir üyesi moleküler biyolojinin içinden değildi, DNA'nın çift sarmal olması gerektiğine dair yerleşmiş bir fikirleri yoktu. Yeni Zelandalılalardan biri profesyonel bilim insanı değildi, katkıda bulunan Hintlilerden biriyse DNA'yı daha önce hiç duymamıştı!

George Gessert kusura bakmasın da, "süs bitkileri, evcil hayvanlar, mutasyona uğramış hayvanlar ve bilinç değiştirici uyuşturucu bitkiler" gerçekten de "geniş, tanınmamış bir genetik halk sanatı oluşturabilir mi?" Ayrıca birtakım acayiplikler de yaratılmıştı, örneğin deniz anası genleriyle yeniden şekillendirilmiş ve yeşil yeşil parlayan albino bir tavşan. Sanatçının da itiraf ettiği gibi büyük ölçüde insanları kışkırtmak içindi bunlar. Ama bütün bu yüzeyselliğe rağmen genetik-sanat kışkırtıcı rolünü etkili biçimde oynar. Kaliteli bilim-kurguların yaptığı gibi bilimle ilgili varsayımlarımıza karşı koyar. Ünlü bir eser, bir adamın çelik çerçeve içindeki sperm DNA'sından oluşuyordu. Bu "portre," sanatçıya göre "[Londra Ulusal] Portre Galerisindeki en gerçekçi portre"ydi çünkü ne de olsa donörün süslenmemiş DNA'sından oluşuyordu. Bu, fazla indirgemeci olabilir ama yine de portrenin "öznesi," gelmiş geçmiş en indirgemeci biyolojik projenin, İnsan Genomu Projesi'nin İngiltere kolunun başındaydı. Yaradılış teorisinden, insanların doğa üzerindeki hakimiyetiyle ilgili yerleri alıntılayan sanatçılar, bunları sıradan bakterinin A-C-G-T dizisine kodlamışlardır. Bakteriler DNA'larını sadık bir biçimde kopyalarlarsa, bu sözler Kutsal Kitap'tan milyonlarca yıl daha fazla yaşayabilirler. Eski Yunanlılardan bu yana sanatçıların Pygmalion dürtüsü ("yaşayan" sanat eserleri ortaya çıkarma arzusu) yok olmadı ve biyoteknoloji ilerledikçe bu dürtü daha da güçlenecek.

Bilim insanları bile DNA'yı sanata dönüştürme arzusuna yenik düşmüştür. Kromozomların üç boyutta nasıl solucan gibi kıvrıldığını incelemek için bilim insanları fosforlu boyalarla boyama yöntemlerini geliştirdi. Karyotipler (kağıt bebekler gibi eşleşmiş yirmi üç kromozomun resimleri) sıkıcı siyah beyaz görüntülerden çıkıp bir fovistin yüzünü kızartacak kadar göz kamaştırıcı renklerde resimlere dönüşmüştü. Bilim insanları DNA'yı kullanarak köprüler, kar taneleri, nano-termoslar, kalitesizce gülümseyen yüzler, oyuncak robotların benzerleri ve her kıtanın Mercator haritasını yaptılar. Bilim insanı/sanatçılar bu hayal gücüne dayanan konstrüksiyonlara "DNA origamisi" diyorlardı.

Bir DNA origamisi yaratmak için uygulamacılar bir bilgisayar ekranındaki sanal bir blokla işe başlayabilir. Ama bir mermer bloğu gibi içi dolu değil, pipetlerden oluşan dikdörtgen bir yığına benzeyecek şekilde istiflenmiş borulardan oluşmalıdır. Bir şey "yontmak" için –diyelim ki bir Beethoven büstü– önce borular ve boru parçaları doğru biçime gelene kadar dijital olarak yüzeyi yontarak küçük boru kesitlerini çıkarırlar. Sonra tek iplikli DNA'nın uzun ipliğini her borudan içeri geçirirler. (Bu iplik geçirme sanal olarak gerçekleşir ama bilgisayar gerçek bir virüsün DNA ipliğini kullanır.) En sonunda iplik Beethoven'ın yüzünün ve saçının her çizgisini birleştirmeye yetecek kadar çok ileri geri dokur. Bu noktada bilim sanatçısı dijital olarak boruları yok ederek saf, katlanmış DNA'yı, yani büstün şablonunu ortaya çıkarır.

Büstün asıl yapımı için bilim sanatçıları katlı DNA ipliğini incelerler. Özellikle katlanmamış, doğrusal DNA ipliğinde birbirinden çok uzakta duran, ama katlı konfigürasyonda birbiriyle yakınlaşan kısa dizileri ararlar. Diyelim ki, AAAA ve CCCC dizilerini hemen yan yana buldular. Atılacak temel adım, ilk yarısı bu dört harfli dizilerden birini ve ikinci yarısı da diğerini tümleyen, gerçek DNA'nın ayrı bir parçasını (TTTTGGGG) oluşturduklarında gelir. Bu tümleyici, bazı sıradan alet ve kimyasallarla oluştururlar ve çözülmüş uzun virüs DNA'sıyla karıştırırlar. Bir noktada ufak parçanın TTTT'si uzun ipliğin AAAA'sına çarpar ve birbirlerine kenetlenirler. Moleküler itiş kakış arasında, parçanın GGGG'si de CCCC'ye kenetlenecek ve orada uzun DNA ipliğini birlikte "zımbalayacaklardır". Eğer her birleşme yeri için de benzersiz bir zımba varsa heykel kendi kendini oluşturur, çünkü her zımba, virüs DNA'nın uzaktaki parçalarını aniden çekecektir. Toplamda bir heykeli tasarlayıp DNA'yı hazırlamak bir hafta alır. O halde zımbaları ve virüs DNA'sını karıştırın, bir saat boyunca 60°C'de inkübe edin ve oda sıcaklığına gelmesi için bir hafta daha soğutun. Sonuç: Ludgwig van'ın milyarlarca mikro-büstü.

DNA'yı sanat olarak eğirebileceğiniz gibi, sanat ve DNA daha derin bir düzlemde de kesişir. İnsanlık tarihindeki en sefil toplumlar bile bir şeyler yontmak, renklendirmek ve bir şarkı mırıldanmak için vakit bulmuştur, bu da evrimin bu dürtüleri genlerimize bağladığını akla getirir. Hayvanlar bile bazı sanat dürtüleri gösterir. Resimle tanıştırılan şempanzeler çoğu zaman beslenme saatlerini bile atlayıp boyamayı sürdürür ve eğer bilim insanları paletleriyle fırçalarını alırsa öfke nöbetine girebilirler. (Eserlerine çarpılar, Japon bayrakları ve daire motifleri hakimdir, şempanzelerse Miro tarzı cesur çizgileri sever.) Bazı maymunlar müzik konusunda bir hipster kadar acımasız önyargılara sahiptir[71], kuşlar da öyle. Kuşlar ve diğer canlılar ortalama bir *Homo sapiens*'ten çok daha seçici dans erbaplarıdır; karşı cinse kur yapmak ya da iletişim kurmak için pek çok tür danstan yararlanırlar.

Yine de bu tür dürtülerin bir molekülün içine nasıl sabitleneceği açık değildir. "Sanatçı DNA" müzikal RNA mi üretir? Şair proteinler mi var? Dahası insanlar sanatı hayvan sanatından niteliksel olarak farklı biçimde geliştirmişlerdir. Maymunlar açısından, güçlü çizgiler ve simetriler için iyi bir göz, muhtemelen vahşi hayatta daha iyi aletler yapmalarından başka bir işe yaramaz. Ama insanlar sanatı daha derin ve sembolik anlamlarla doldururlar. Mağara duvarlarına çizilen geyikler sadece geyik değildi, onlar *yarın avlayacağımız geyikler* ya da *geyik tanrılarıydı*. Bu nedenle, dil bize resimler ve sözcükler gibi soyut sembolleri gerçek nesnelerle ilişkilendirmeyi öğrettiği için, pek çok bilim insanı sembolik sanatın dilden türediğinden kuşkulanır. Dilin de genetik kökenleri olduğuna göre, belki dil yeteneklerinin DNA'sını çözmek sanatın kökenlerini de aydınlatabilir.

71- Maymunlar insan müziğine karşı ya ilgisiz kalır ya da sinir bozucu bulur. Ancak son yıllarda pamuk kafalı tamainlerle yapılan araştırmalar, kendi beğenilerine uygun düşen müziğe güçlü tepkiler verdiklerini doğruladı. Maryland'da yaşayan çellist David Teie, primatologlarla işbirliği yapıp tamarinlerin korkuya da memnuniyet belirtmek için kullandıkları seslenmeleri kullanarak çeşitli müzikler besteledi. Teie çalışmasını, özellikle seslenmelerdeki yükselen ve alçalan tonlara ve sürelerine göre şekillendirdi. Eserlerini çaldığında pamuk kafalar rahatlama ya da kaygı belirtileri sergiledi. Teie bir gazeteye yaptığı yorumda iyi bir espri anlayışına da sahip olduğunu gösterir. "Size salak gibi görünebilirim ama maymunlar beni Elvis sanıyor."

Kim bilir. Sanatta olduğu gibi, cıvıltıları ve çığlıklarıyla pek çok hayvan fiziksel bağlantılı ön dil becerisine de sahiptir. İnsan ikizlerle yapılan araştırmalar sözdizimi, söz dağarcığı, imla, dinleme ve anlamayla ilgili normal günlük yeteneğin izlerinin DNA'ya gittiğini gösteriyor. (Dilsel bozukluklar daha da güçlü bir genetik bağlantı gösterir.) Sorun dilsel becerileri ya da eksiklikleri DNA'ya bağlama girişimlerinin her zaman gen çalılıklarında kaybolmasıdır. Örneğin disleksi en az altı gene bağlıdır, bu genlerin her birinin oynadığı rol farklı orandadır. Daha da kafa karıştırıcı olansa, benzer genetik mutasyonların farklı insanlarda değişik etkilere yol açmasıdır. Bu nedenle bilim insanları kendilerini meyve sineği odasındaki Thomas Hunt Morgan'ın konumunda bulur. Dil "için" çeşitli genler ve düzenleyici DNA'ların var olduğunu bilirler. Ama bu DNA güzel konuşmayı tam olarak nasıl geliştirir? Nöron sayısını artırarak mı? Beyin hücrelerini daha etkili biçimde kılıflayarak mı? Nörotransmitter (sinir taşıyıcıları) seviyeleriyle oynayarak mı? Kimse bilmiyor.

Bu karışıklık göz önüne alındığında, yakın zaman önce dil için ana gen gibi görünen bir genin bulunmasıyla oluşan heyecanı hatta tantanayı anlamak güç değildir. 1990'da dilbilimciler gizlilik sebebiyle K ailesi olarak bilinen Londralı bir ailenin üç kuşağını inceledikten sonra, genin var olduğu sonucuna vardılar. Tek gen baskınlığı yüzünden K'lerin yarısı garip birtakım dil bozukluklarından mustaripti. Dudakları, çeneleri ve dilleri arasında bağlantı sağlamakta zorluk çekiyor, çoğu kelimeyi zorlukla telaffuz edebiliyor ve (özellikle de telefonda) konuşmaları anlaşılmaz bir hal alıyordu. Ağızlarını açma, dillerini dışarı çıkarma ve *uuuuaaaahh* sesi çıkarma gibi basit yüz ifadelerini taklit etmeleri istendiğinde de zorluk çekiyorlardı. Ama bazı bilim insanları K'lerdeki sorunların motor becerisini aşıp dilbilgisine kadar gittiğini öne sürdü. Çoğu K, *kitap*'ın çoğulunun *kitaplar* olduğunu biliyordu, ama sadece ezberledikleri için. Onlara *zupa* ya da *vupa* gibi uydurma kelimeler verdiğinizde çoğulunu bilemiyor, *kitap/kitaplar* ile *zupa/zupalar* arasında bir bağlantı kuramıyorlardı. Yıllar süren dil terapilerinden sonra bile durum böy-

leydi. Aynı şekilde geçmiş zamanla ilgili boşluk doldurma testlerinde de başarısız oluyor, "getidri" gibi sözcükler kullanıyorlardı. Genden etkilenen K'lerin IQ'ları da epey düşüktü. Gene sahip olanlar arasındaki 86'lık ortalamaya karşın, etkilenmeyen K'lerin IQ'su 104'tü. Ancak bu dil hıçkırıkları muhtemelen bilişsel bir eksiklik örneği değildir: Etkilenen birkaç K'nin sözel olmayan IQ puanı ortalamanın üzerindeydi ve test edildiklerinde düşüncelerdeki mantık hatalarını bulabiliyorlardı. Ayrıca bazı bilim insanları, onların dönüşlü filleri (örneğin, "giyindi" ve "onu giydirdi" arasındaki farkı), etkenle edilgeni ve iyelik belirten sözcükleri anladıklarını fark etmişti.

Bir genin birbirinden bu kadar farklı semptomlara neden olması bilim insanlarında şaşkınlık uyandırdı ve 1996'da da şifresini çözmeye giriştiler. Bu genin yedinci kromozomdaki elli gen arasında olduğunu tahmin ediyorlardı ve bu elli genin her birini ayrıntısıyla inceliyorlardı ki, ellerine bir fırsat geçti. CS adındaki hasta, K'lerle akrabalığı olmayan bir aileden geliyordu. Çocuk aynı zihinsel güçlükleri ve alt çene sorunlarını sergiliyordu, doktorlar onun genlerinde bir translokasyon fark ettiler: İki kromozomun kollarında, yedinci kromozomdaki *foxp2* genini sekteye uğratan Philadelphia benzeri bir değiş tokuş vardı.

A vitamini gibi *foxp2* tarafından üretilen protein de başka genlere kilitlenip onları açar. Yine A vitamini gibi *foxp2*'nin uzun bir erişim ağı vardır; yüzlerce genle etkileşime girerek fetüsün çene, bağırsak, akciğer, kalp ve özellikle beyin gelişimini yönlendirir. Bütün memelilerde *foxp2* vardır ve milyarlarca yıllık ortak evrime rağmen bu genin bütün versiyonları aşağı yukarı aynı görünür. İnsanlar farelerle kıyaslandığında yalnızca üç amino asit farkı biriktirmiştir. (Bu gen ötücü kuşlarda da çarpıcı bir benzerliktedir, özellikle yeni şarkıları öğrenirlerken etkinleşir.) İlginçtir, insanlar iki amino asit değişikliğini maymunlardan ayrıldıktan sonra almıştır ve bu değişiklikler *foxp2*'nin pek çok yeni genle etkileşime girmesine izin verir. Üstelik bilim insanları insan *foxp2*'siyle mutant fareler yarattığında, farelerin dili çalıştıran beyin bölgesinde farklı bir nöron mimari-

si oluşmuş, bu mutantlar diğer farelerle daha alçak perdeden, bariton ciyaklamalarla iletişim kurmuşlardır.

Buna karşılık, etkilenmiş K'lerin beyinlerinde dil üretiminde rol oynayan bölgeler gelişmemiş, burada nöron yoğunluğu kalmıştır. Bilim insanları bu eksikliklerin kaynağını tek bir mutasyona kadar izledi: G yerine A gelmişti. Bu yer değiştirme *foxp2*'nin 715 amino asidinden yalnızca birini değiştirdi, ama bu durum proteinin DNA'ya bağlanmasını engellemeye yeterliydi. Ne yazık ki bu mutasyon, gende insan-şempanze mutasyonlarının olduğundan farklı bir bölümde meydana geldiğinden dilin ilk ortaya çıkışı ve gelişimi konusunda fazla bir şey söylemez. Yine de bilim insanları K'lerin vakasında bir neden-sonuç karmaşasıyla karşı karşıya kaldı. Yüz kaslarındaki aksaklığa nörolojik eksiklikler mi yol açıyordu? Ya da yüz kaslarındaki aksaklık bir beyin atrofisine yol açarak onların dili kullanmalarına engel mi oluyordu? Her halükarda *foxp2* tek dil geni değildir, çünkü K ailesinin genden en çok etkilenen bireyleri bile dil becerisinden tamamen yoksun değildi. Bütün maymunlardan daha iyi konuşabilirler. (Bazen onları test eden bilim insanlarından bile daha yaratıcı çıkmışlardır. "Her gün sekiz mil yürür. Dün ..." cümlesindeki boşluğu "sekiz mil yürüdü," şeklinde doldurmak yerine, bozukluktan etkilenmiş K'lerden biri "dinlendi" diye cevaplamıştır.) O halde genel olarak dil ve sembolik düşüncenin genetik temeli hakkında bir şeyler açığa çıkarsa bile, bu gen konuşmayı reddeder.

Bilim insanlarının hemfikir olduğu tek nokta *foxp2*'nin insanlardaki biçiminin benzersiz olduğuydu ama sonra bunun bile yanlış olduğu ortaya çıktı. *Homo sapiens* diğer *homo* türlerinden binlerce yıl önce ayrıldı ama paleogenetikçiler kısa bir süre önce *foxp2*'nin insanlardaki versiyonunun Neandertallerde de bulunduğunu keşfetti. Bu hiçbir şey ifade etmeyebilir, ancak Neandertallerin dile yönelik rafine bir motor becerisine ya da bilişsel araçlara sahip olduğu anlamına da gelebilir. Belki her ikisine de. Rafine motor becerisi onların dili daha çok kullanmasını sağlamış olabilirdi, daha çok kullandıklarında belki de söyleyecek daha çok şeyleri olduğunu fark ettiler.

Kesin olan tek şey, *foxp2* keşfinin Neandertallerle ilgili, daha önemlisi Neandertal sanatı hakkında yeni bir tartışma açtığıdır. Neandertallerin yaşadığı mağaralarda arkeologlar ayı femurundan yapılma flütler, kırmızı ya da sarı boyanmış ve kolye şeklinde dizilmek üzere delinmiş istiridye kabukları buldular. Ama bu ıvır zıvırın Neandertaller için ne anlam taşıdığı çözmek hiç de kolay değil. Belki Neandertaller sadece insanları taklit ediyordu ve oyuncaklarına sembolik bir anlam yüklememişlerdi. Ya da belki Neandertaller öldükten sonra onların yerleşimlerini kolonileştiren insanlar, eskimiş flütlerini ve kabuklarını Neandertal çöplerinin yanına atıp kronolojiyi altüst etmişti. Gerçek şu ki Neandertallerin ne kadar konuşkan ya da sanatsever olduğunu kimse bilmiyor.

Bu nedenle bilim insanları bir başka fırsat yakalayana kadar, örneğin farklı DNA bozuklukları taşıyan K ailesi gibi bir aile ya da Neandertallerde başka beklenmedik genler bulana kadar, dilin genetik kökenleri bulanık kalmaya devam edecek. Bu sırada DNA'nın modern sanatçıların eserlerini nasıl güçlendirebileceğini ya da berbat edebileceğini izlemekle yetineceğiz.

Küçük DNA parçaları, yetişmekte olan müzisyenlerin ya da atletlerin yeteneklerini ve hırslarını tam anlamıyla ifade edip edemeyeceğini belirleyebilir. Birkaç araştırma mutlak perde yeteneği ya da mutlak kulak denen önemli bir müzikal özelliğin, K dil bozukluğundaki aynı baskın kalıpla miras alındığını gösterdi. Çünkü mutlak kulak özelliğine sahip insanlar bunu çocuklarının yarısına geçirirler. Başka araştırmalar mutlak kulak için daha küçük ve daha güç algılanan genetik katkılar bularak, bu DNA'nın yeteneği vermek için çevresel uyarıcılarla (müzik dersleri) birlikte hareket etmesi gerektiğini belirlediler. Kulak dışındaki fiziksel özellikler de bir müzisyeni yüceltebilir ya da batırabilir. Sergey Rahmaninov'un iri elleri (muhtemelen genetik bir bozukluk olan marfan sendromunun bir sonu-

cu) açıldığında otuz santime ulaşabiliyordu, bu da piyanoda bir buçuk oktavlık bir mesafe demekti. Bu sayede bu kadar büyük elleri olmayan piyanistlerin bağ dokularını yırtacak besteleri yapıp çalabiliyordu. Diğer tarafta Robert Schumann'ın konser piyanistliği kariyeri, fokal distoni (sağ orta parmağının istem dışı kıvrılması ya da seğirmesi) nedeniyle başarısız oldu. Bu rahatsızlığa sahip insanların çoğunun genetik yatkınlığı vardır ve Schumann bu parmağı kullanmasını gerektirmeyen en az bir beste yazarak durumu telafi etmiştir. Ama ağır egzersiz programını hiç bırakmadı, ayrıca parmağını esnetmek için tasarladığı derme çatma mekanik bir alet durumunu muhtemelen daha da kötüleştirdi.

Yine de sakat ve hasta müzisyenlerin uzun, şanlı tarihinde, on dokuzuncu yüzyılda yaşamış, virtüözlerin virtüözü kemancı Niccolò Paganini'nin DNA'sından daha ikircikli bir dost ve gizemli bir düşman çıkmadı. Opera bestecisi (ve ünlü Epikürcü) Gioacchino Rossini ağladığını kabul etmekten hoşlanmazdı ama üç kez ağladığını itiraf etmişti.[72] Bunlardan biri de Paganini'nin keman çalışını dinlediği zamandı. Rossini o zaman hüngür hüngür ağlamıştı; çirkin İtalyan'ın büyülediği tek kişi de değildi üstelik. Paganini'nin siyah saçları uzundu, konserlerinde siyah pantolon, siyah frak giyerdi. Bu nedenle beyaz, terli yüzü sahnede hayalet gibi görünürdü. Çalarken kalçaları garip açılar oluştururdu, bazen keman yayını hızlı kullandığında dirseklerini inanılmaz açılarda bükerdi. İşin erbaplarından bazıları onu kemanın yaylarını yıpratmakla suçluyordu, öyle ki bir gün konserin ortasında dramatik biçimde kopacaklardı. Ama hiç kimse şovmenliğini inkar etmiyordu: Papa XII. Leo onu Altın Mahmuz Tarikatı'nın şövalyesi ilan etmiş, kraliyet darphaneleri madeni paralara portresini basmıştı. Pek çok eleştirmen onu överken, gelmiş geçmiş en büyük kemancı olduğunu söylüyordu, klasik müzikte sadece bestecilerin ölümsüz olabileceği kuralının neredeyse tek istisnasıydı.

72- Çok merak ettiyseniz söyleyeyim: Rossini ilk operası başarısız olduğunda ağlamıştı. Paganini'de döktüğü gözyaşları ikinciydi. Hakiki bir obur olan Rossini'nin üçüncü ağlamasıysa, dostlarıyla çıktığı bir sandal gezisinde öğle yemeği olarak yiyeceği leziz mantarlı tavuğu suya düşürdüğündeydi.

Paganini, konserlerinde eski ustaların bestelerini nadiren çalar, bazen hiç çalmaz, onlar yerine parmaklarını neredeyse görünmeyecek kadar hızlı hareket ettirme becerisini öne çıkaran kendi bestelerini tercih ederdi. (Her zaman kalabalıkları memnun etmesini bilen Paganini kemanıyla eşekleri ve horozları taklit ettiği basit pasajları da çalardı.) 1790'lardan, yani gençliğinden beri Paganini müziğe emek vermişti ve insan psikolojisinden de anlıyordu. Bu nedenle yeteneğinin doğaüstü kökenleri olduğu efsanelerini teşvik etti. Söylentilere göre Paganini'nin doğumunda bir melek belirmiş ve başka hiçbir insanın kemanı onun kadar tatlı çalamayacağını söylemişti. Altı yıl sonra, görünüşe göre ilahi kayırmayla, Lazarus benzeri bir yazgıdan kurtulmuştu. Kataleptik bir komaya girince ailesi onu ölü kabul etmiş –kefenleyip gereken her şeyi yapmışlardı– ama aniden bir şey kefenin altında kıpırdamasına yol açmış ve onu diri diri gömülmekten kıl payı kurtarmıştır. Bu mucizelere rağmen insanlar çoğu zaman Paganini'nin yeteneklerini büyücülüğe atfediyordu. Şeytanla bir anlaşma imzalamış, sınırsız müzik yeteneğine karşılık ruhunu satmıştı. (Paganini alacakaranlıkta mezarlıkta konserler vererek, sanki ilk elden yaşamış gibi bestelerine "Şeytanın Kahkahası", "Cadıların Dansı" gibi adlar vererek bu söylentileri de körükledi.) Kimileriyse yeteneklerini zindanlarda edindiğini öne sürüyordu. Bir dostunu bıçakladığı için sekiz yıl hapsedilmiş ve orada yapacak başka bir şeyi olmadığı için de keman çalmıştı. Daha aklı başında olanlar büyücülük ve kötülük hikayelerine burun kıvırıyordu. Paganini'nin ellerindeki hareket sınırlayıcı bağ dokularını kesmesi için sahtekar bir cerrah tuttuğunu açıklıyorlardı sabırla. Bu kadar basitti.

Ancak ne kadar saçma olursa olsun, son açıklama gerçeğe en yakın olanıdır. Çünkü Paganini tutkusu, karizması ve çok çalışma kapasitesi haricinde, sıra dışı kıvraklıkta ellere de sahipti. Parmaklarını inanılmayacak kadar çekip uzatabiliyor, bu esnada derisi neredeyse yırtılacakmış gibi görünüyordu. Parmak eklemleri de anormal derecede esnekti: Başparmağını elinin ön tarafından küçük parmağına kadar bükebiliyordu (bunu bir deneyin) ve orta parmak eklem-

lerini küçük metronomlar gibi *yanlamasına* kıpırdatabiliyordu. Sonuç olarak diğer kemancıların cesaret edemediği karmaşık akorları ve arpejleri olağanüstü bir hızla çalabiliyor, arka arkaya hızla, daha çok sayıda yüksek ve alçak notaya basabiliyor, hatta kimilerine göre dakikada bin notaya kadar çıkabiliyordu. Kolaylıkla iki hatta üç telden aynı anda ses çıkarabilirdi. Esnekliğinden yararlanarak sol el pizzikato, parmakla çekme tekniği gibi sıra dışı teknikleri kusursuz hale getirmişti. Normalde sağ el (yayı tutan el) pizzikatoyu çalar, kemancıyı her pasajda çekme ya da yayla çalma kararını verme zorunda bırakırdı. Sol el pizzikatoyla seçmek zorunda değildi. Çevik parmakları bir notayı yayla çalıp sonrakini de çekebilirdi, aynı anda iki keman çalar gibi.

Esnek olmanın dışında parmakları bu esnekliği aldatırcasına güçlüydü. Özellikle de başparmakları. Paganini'nin büyük rakibi Karol Lipinski bir akşam onun Padua'daki konserini izledikten sonra geç bir akşam yemeği yemek, Paganini ve dostlarıyla sohbet etmek için odasına gelmişti. Lipinski, Paganini'nin cüssesinde biri için şöleni hayal kırıklığına yol açacak kadar kısıtlı buldu. Masadaki yiyecekler çoğunlukla ekmek ve yumurtadan ibaretti. (Paganini bunları bile yemeye zahmet etmiyor, karnını meyveyle doyuruyordu.) Lipinski kendini Paganini'nin ellerine bakarken buldu. Hatta ustanın "küçük kemikli parmaklarını" eline aldı ve evirip çevirdi. "Bu nasıl olabilir?" diye hayret etti Lipinski. "Bu zayıf küçük parmaklar olağanüstü güç gerektiren şeyleri nasıl başarabilir?" "Ah, parmaklarım düşündüğünden daha güçlüdür," diye cevap verdi Paganini. Bunu diyerek masadan kalın kristalden bir fincan tabağını aldı, parmakları altta başparmağı yukarıda kalacak şekilde tabağı kavradı. Dostları eğlenmek için çevresine toplandı, bu numarayı daha önce de görmüşlerdi. Lipinski şaşkınlıkla bakarken Paganini başparmağını neredeyse gözle görünmeyecek bir hareketle bükerek tabağı *çat!* diye iki parçaya ayırdı. Lipinski altta kalmamak için bir tabak kapıp başparmağıyla kırmaya çalıştı ama nafile. Paganini'nin dostları da tabağı kırmayı başaramadı. "Tabaklara hiçbir şey olmadı," diye hatır-

lıyordu Lipinski, boşuna çabalamaları karşısında "Paganini kıs kıs gülüyordu." Bu güç ve beceri birleşimi neredeyse haksızlık gibi görünüyordu, özel doktoru Francesco Bennati gibi Paganini'yi yakından tanıyan insanlar, başarısını tarantulaya benzeyen mükemmel parmaklarına bağlıyorlardı.

Elbette Einstein'ın keman eğitimi gibi, bu örnekte de neden-sonuç ilişkisini çözmek zordur. Paganini zayıf bir çocuktu, sık sık hastalanırdı, öksürük ve göğüs enfeksiyonlarına yatkınlığı vardı. Ama yine de, yedi yaşında yoğun bir biçimde keman dersleri almaya başladı. Yani belki de parmakları egzersiz sayesinde esnedi. Ancak başka semptomlar Paganini'nin Ehlers-Danlos sendromu denen genetik bir hastalığı olduğuna işaret eder. ED'li insanlar fazla kolajen üretemezler; kolajen bağ dokularına ve liflere katılık veren ve kemikleri sertleştiren bir proteindir. Az kolajenin yararı sirklerde gördüğünüz esnekliktir. ED'li pek çok kişi gibi Paganini de eklemlerini çok geriye esnetebiliyordu (sahnede parmaklarıyla akrobasi yapıyordu). Ama kolajen birçoğumuzun ayak parmaklarımıza değmesini engelleyen şeydir: Kronik kolajen eksikliği kas yorgunluğuna, zayıf akciğerlere, bağırsak rahatsızlığına, görüş bozukluğuna ve kolayca zedelenen yarı-saydam bir cilde yol açar. Modern araştırmalar müzisyenlerin (tıpkı dansçılar gibi) yüksek ED ve hipermobilite oranlarına sahip olduğunu gösterir. Bu ilk başta onlara büyük avantaj sağlar ancak daha sonra diz kaslarında zayıflama ve sırt ağrısı oluşur, özellikle de sanatlarını icra ederken Paganini gibi ayakta duruyorlarsa.

Sürekli konser turneleri Paganini'yi 1810'dan sonra yorgun düşürdü. Otuzlu yaşlarına yeni girmiş olmasına rağmen bedeni iflas etmeye başladı. Serveti artıyordu artmasına, ama Napoli'deki ev sahibi, 1818'de Paganini kadar zayıf ve hasta görünen birinin tüberküloz taşıdığından emindi ve onu evden çıkardı. Paganini verdiği konser sözlerini iptal etmeye başladı. Artık sanatını icra edemiyordu. İyileşebilmek için 1820'li yıllarda uzun süre konser veremedi. Paganini bütün bu ıstırabının altında ED'nin yattığını bilemezdi. 1901'e kadar sendromu resmi olarak tanımlayan doktor olmamıştı. Ama ce-

Gelmiş geçmiş en büyük kemancılardan biri kabul edilen Niccolo Paganini yeteneğini ellerini son derece esnek yapan bir genetik bozukluğa borçluydu. Garip bir biçimde geriye bükülmüş başparmağa dikkat edin. (Library of Congress izniyle)

halet yalnızca umutsuzluğunu artırdı, şarlatan eczalara ve başka kim bilir kimlere başvurdu. Doktorların verdiği cıva bazlı müshil hapları zaten hassas olan iç organlarına iyice zarar verdi. Kronik öksürüğü kötüleşti, en sonunda sesi hiç çıkmaz oldu. Acıyan retinalarını korumak için mavi tonda gözlükler takmak zorundaydı. Bir noktada, sol testisinin "küçük bir balkabağı" büyüklüğünde şiştiğini söylüyordu sızlanarak. Sürekli cıva kullanımı dişetlerine zarar vermişti, yemek yiyebilmek için sallanan dişlerini sicimle bağlıyordu.

Paganini'nin 1840'taki ölümünün nedenini anlamak Roma İmparatorluğu'nu neyin yıktığını bulmak gibidir, seçeneklerden istediğinizi seçebilirsiniz. Ancak Paganini'yi hap yutmadığı günlerden önce tanıyan ve Paganini'nin kendisini kazıkladığı gerekçesiyle kovmadığı tek doktor unvanını taşıyan Dr. Bennati, gerçek sorunu daha derine dek izledi. Paganini'yi muayene ettikten sonra tüberküloz ve frengi teşhisinin yanlış olduğunu düşündü ve bunları dikkate alma-

dı. Bunun yerine şöyle yazdı: "Paganini'nin diğer hastalıklarının neredeyse hepsi derisinin aşırı hassas olmasından kaynaklanır." Bennati, Paganini'nin parşömene benzeyen ED derisinin onu soğuk, ter ve ateşe karşı savunmasız bıraktığını ve zayıf bünyesini iyice zayıflattığını belirtiyordu. Bennati, Paganini'nin gırtlak, akciğer ve bağırsak zarının da –ED'nin etkilediği bölgeler– tahrişe fazlasıyla açık olarak tanımladı. 1830'lardan kalma bir teşhise fazla anlam yüklerken dikkatli olmalıyız ama Bennati'nin Paganini'nin durumunu doğuştan gelen bir şeye bağladığı açıktı. Modern bilgilerimizin ışığında düşünürsek, muhtemelen Paganini'nin yetenekleri de fiziksel işkencesi de aynı genetik kökenden kaynaklanıyordu.

Paganini'nin ölümden sonraki hayatı da talihsizliklerle doluydu. Nice'te ölüm döşeğindeyken, ölümünü hızlandıracağına inanarak günah çıkarmayı reddetti. Yine de öldü ama bu kutsal ayini yerine getirmediği için, üstelik Paskalya zamanında, Katolik Kilisesi onu gömmeyi reddetti. (Bu nedenle ailesi bedenini aylarca utanç verici biçimde oradan oraya taşıdı. Önce bir dostunun evinde altmış gün yattı, sonra sağlık memurları işe karıştı. Ceset daha sonra terk edilmiş bir cüzzam hastanesine götürüldü, burada dolandırıcı bir bekçi turistlere cesedi gösterme karşılığında para alıyordu. Sonra zeytin yağı işleme tesisinde beton bir küvete kondu. Ailesi en sonunda kemiklerini gizlice Cenova'ya kaçırdı ve özel bir bahçede toprağa verildi. Burada otuz altı yıl yattıktan sonra kilise en sonunda onu affedip gömülmesine izin verdi.[73])

Paganini'nin ex post facto [geriye etkili] aforozu kilise büyüklerinin Paganini'ye garezi olduğu söylentisini körükledi. Kafi miktardaki iradesiyle kiliseyi dışlamıştı; ruhunu sattığı yönündeki Faustvari hikayelerin de bu konuda kendisine yararı olmadığı açıktı. Ama kilisenin kemancıyı reddetmek için kurmaca olmayan pek çok sebebi vardı. Paganini gizlemeye gerek duymadan kumar oynardı, bir

73- İngilizcede Paganini biyografilerinin sayısı oldukça azdır. Hastalıkları ve ölümünden sonra başına gelenlerle ilgili pek çok ayrıntıyı ve Paganini'nin hayatına kısa, canlı bir girişi John Sugden'in *Paganini* adlı kitabında bulabilirsiniz.

keresinde konserden önce kumar masasında kemanını bile bahse karşılık rehin bırakmıştı. (Bahsi kaybetti.) Daha da kötüsü bütün Avrupa'da bakirelerle, hizmetçi kadınlarla, soylu kadınlarla alemler yapıyor, zinaya yönelik büyük bir iştah sergiliyordu. En cesur macerasının Napolyon'un kız kardeşlerinden ikisini baştan çıkarıp terk etmesi olduğu söyleniyordu. "Günah kadar çirkinim, yine de kadınların ayaklarıma kapanması için tek yapmam gereken keman çalmak," diye övünmüştü bir keresinde. Bu, kiliseyi pek olumlu etkilemedi.

Yine de Paganini'nin cinselliğe aşırı düşkünlüğü genetik ve güzel sanatlarla ilgili dikkat çeken bir noktayı ortaya çıkarır. Her yerde olduğu göz önüne alınırsa DNA muhtemelen bazı sanatçı dürtülerini de kodlar, ama neden? Neden sanata bu kadar güçlü tepki veririz? Bir kurama göre beyinlerimiz toplumsal etkileşim ve onaylanma arzusu duyar. Paylaşılan hikayeler, şarkılar ve görüntüler insanların bağ kurmasını sağlar ve toplumsal bağları besler. Öte yandan sanat arzumuz bir tesadüf de olabilir. Beyin devrelerimiz eski çevremizdeki çeşitli görüntüleri, sesleri ve duyguları tercih edeceğimiz şekilde evrilmiştir, güzel sanatların yaptığı da bu devreleri kullanıp görüntü, ses ve duyguları yoğun dozlarda vermek olabilir. Bu bakış açısından sanat ve müziğin beynimize hissettirdiği şey aşağı yukarı çikolatanın dilimize hissettirdiğiyle aynıdır.

Ancak pek çok bilim insanı sanat tutkumuzu doğal seçilimin kuzeni sayılabilecek, cinsel seçilim denen bir süreçle açıklar. Cinsel seçilimde, en sık çiftleşerek DNA'larını aktaran canlılar bunu zorunlu olarak veya hayatta kalma avantajları olacağı için yapmazlar, sadece daha seksi ve daha güzeldirler. Çoğu canlıda seksi olmak, kaslı, düzgün orantılı ya da aşırı süslü olmak anlamına gelir; geyiklerin boynuzlarını, tavus kuşunun kuyruğunu düşünün ama şarkı söylemek ya da dans etmek de bireyin güçlü fiziksel sağlığına dikkat çekebilir. Resim yapmak ve zekice yazılmış şiirler kişinin zihinsel gücünü ve kıvraklığını vurgulayabilir; bunlar primat toplumunda müttefiklikleri ve hiyerarşileri yönetmek için önemli yeteneklerdir. Bir başka

deyişle zihinsel bir zindeliği gösterirler.

Matisse ya da Mozart'ınkine denk yetenekler, cinsel ilişkiye girmek için fazla karmaşık görünebilir, haklısınız. Ancak artan aşırılık, cinsel seçilimin alameti farikasıdır. Tavus kuşu kuyruklarının nasıl evrildiğini hayal edin. Parlak tüyler bazı tavus kuşlarını çok uzun zaman önce daha çekici kılardı. Ama büyük parlak kuyruklar kısa bir süre sonra normal hale geldi çünkü sonraki nesillerde bu özelliklerin genleri yayıldı. Böylece yalnızca daha da uzun ve parlak tüyleri olan erkekler dikkat çekti. Ama yine nesiller geçtikçe diğerleri buna da yetişti. Bu nedenle dikkat çekmek daha da gösterişli olmayı gerektirdi, işler çığırından çıkana kadar böylece sürüp gitti. Aynı şekilde kusursuz soneyi yazmak ya da mermerden (ya da DNA'dan) mükemmel bir kopya yaratmak bir metrelik kuş tüyünün, on dört puntoluk geyik boynuzunun, parlak kırmızı ve oynak babun kıçlarının[74] biz düşünen maymunlardaki karşılığı olabilir.

Fakat Paganini'nin yetenekleri onu Avrupa toplumunun zirvesine çıkarsa da DNA'sı onu pek de değerli bir damızlık haline getirmemişti: Zihinsel ve fiziksel açıdan bir enkazdı. Bu, insanların cinsel arzularının iyi genleri aktarmak gibi faydacı bir dürtü olmaktan kolayca çıkabileceğini gösteriyor. Cinsel çekimin kendi etkisi ve gücü vardır, kültür en derindeki cinsel içgüdülerimize ve antipatilerimize ağır basabilir, ensest gibi genetik tabuları bile çekici gösterebilir. Hatta o kadar çekici gösterir ki, belli koşullar altında tam da bu sapkınlıklar en büyük sanat eserlerinin ortaya çıkmasında etkili olmuş ve onları esinlendirmiştir.

74- Bir sebeple, ABD'li klasik yazarlardan bazıları 1900'lerde cinsel seçilim ve bunun insan toplumundaki rolüyle ilgili tartışmayı yakından takip etmişlerdir. F. Scott Fitzgerald, Ernest Hemingway, Gertrude Stein ve Sherwood Anderson... Bu yazarların tamamı flört, erkek ihtirası ve kıskançlığı, cinsel yönelim vb. gibi konuların hayvani boyutlarını ele aldı. Aynı şekilde, genetik bu yazarların bazılarını sarsmıştı. Berth Bender son derece ilginç kitabı *Evolution and the "Sex Problem"*da şöyle yazar: "Mendel genetiği Jack London gibi seçici üretme ile uğraşmış bir çiftçinin tamamen hoş karşıladığı bir buluştu. Ama Anderson, Stein ve Fitzgerald son derece tedirgin olmuştu." Özellikle Fitzgerald evrim, öjeni ve kalıtım konularını saplantıya dönüştürmüştü. Bender, Fitzgerald'ın kitaplarında sürekli yumurtaya gönderme yaptığını vurgular (Batı yumurtası ve doğu yumurtası yalnızca iki örnektir). Fitzgerald bir keresinde, "danslardaki en güçlünün hayatta kalmasını sağlayan araya girme sistemi"nden söz etmişti. Gatsby'nin hikayenin anlatıcısı Nick Carraway'ye taktığı takma ad "old sport (eski dost)" bile genetikçilerin eskiden mutantlara "sport" deme alışkanlığından kaynaklanıyor olabilir.

Ressam ve Moulin Rouge tarihçisi Henri Toulouse-Lautrec'in sanatı ve genetik kökeni birbirine sıkı sıkıya bağlı görünür, hem de çift sarmalın iplikleri kadar sıkı. Toulouse-Lautrec'in ailesinin kökeni Charlemagne'ya kadar gidiyordu ve pek çok Toulouse kontu güney Fransa'yı fiili krallar gibi yüzyıllarca yönetmişti. Papaların gücüne meydan okuyacak kadar –Toulouse-Lautrecleri on kez aforoz etmişlerdi– gururlu olmalarına rağmen, Tanrı'nın zaferi için I. Haçlı Seferi'nde Konstantinopolis ve Kudüs'ü yağmalamak üzere yüz bin kişiye kumandanlık yapan sofu IV. Raymond da bu soydan geliyordu. 1864'te Henri doğduğunda aile siyasi gücünü kaybetmişti ama hâlâ geniş toprakları yönetiyorlardı ve günleri baronlara özgü bir gayesizlik içinde, ateş etmek, balık avlamak ve içki içmekle geçiyordu.

Aile topraklarını kaybetmemek amacıyla Toulouse-Lautrecler genelde aile içi evlilik yapıyordu. Ama bu akraba evlilikleri zararlı çekinik mutasyonların sezdirmeden mağaralarından çıkmasına fırsat veriyordu. Yaşayan her insan birkaç kötü huylu mutasyon taşır, hayatta kalmamızın tek nedeni her genin iki kopyasına sahip olmamızdır, böylece iyi kopya kötü kopyayı dengeleyebilir. (Çoğu gen için bakıldığında, vücut tam üretim kapasitesinin yüzde ellisiyle hatta daha azıyla idare edebilir. *Foxp2*'nin proteini istisnadır.) Rasgele iki insanın aynı gende zararlı mutasyon taşıma olasılığı oldukça düşüktür ama benzer DNA taşıyan akrabalar bir bozukluğun iki kopyasını birden çocuklarına geçirebilirler. Henri'nin annesiyle babası birinci dereceden kuzendi: Henri'nin anneanne ve babaannesi kardeşti.

Altı aylıkken Henri yalnızca dört buçuk kilo geliyordu ve başındaki yumuşak noktalar (bıngıldaklar) söylendiğine göre dört yaşına kadar kapanmamıştı. Kafatası da şiş görünüyordu, kısa ve kalın uzuvları bedenine tuhaf açılarla bağlanıyordu. Gençken bile bazen baston kullanarak yürüyordu. Ama bu onun iki kez düşmesine ve iki uyluk kemiğini de çatlatmasına engel olamamıştı. İki çatlak da tam anlamıyla iyileşmedi. Bugün doktorlar teşhiste fikir birliğine vara-

masa da, hepsi Toulouse-Lautrec'in çekinik bir genetik bozukluktan musdarip olduğunu düşünür. Bu durum başka ağrıların yanı sıra kemiklerinin kırılganlığı ve bacaklarının güdük kalmasının da sebebiydi. (Kayıtlara 1.50 metre olarak geçilse de, boyunun 1.40 metre kadar olduğu tahmin ediliyordu. Bir çocuğun bacakları üzerine oturtulmuş bir yetişkin gövdesine sahipti, ağırlığı üst taraftaydı.) Ailedeki tek kurban da o değildi. Toulouse-Lautrec'in erkek kardeşi bebekken ölmüştü, akraba evliliğinden doğan cücemsi kuzenlerindeyse kemik deformasyonları ve epilepsi krizleri ortaya çıkmıştı.[75]

Dürüst olmak gerekirse Avrupa'daki diğer akraba evliliği yapan aristokratların yanında Toulouse-Lautreclerin burnu bile kanamamış sayılırdı. Örneğin on yedinci yüzyılda İspanya'da yaşayan talihsiz Habsburg hanedanı. Tarihteki diğer krallar gibi Habsburglar da ensesti soyun "saflığı" olarak görmüş ve yalnızca yakından bildikleri Habsburglarla evlenmişlerdi. Habsburglar pek çok Avrupa ülkesinde tahta geçti ama İberya kolu kuzen sevicilikte özellikle ısrar etmiş gibi görünüyor. İspanyol Habsburglarda her beş kişiden dördü aile üyeleriyle evlenmişti. Zamanın en geri kalmış İspanyol köylerinde, doğan bebeklerin yüzde yirmisi ölüyordu. Bu rakam Habsburglar arasında yüzde otuza yükseliyordu. Mozoleleri düşükler, ölü doğan çocuklarla dolup taşıyordu. Çocukların yüzde yirmisi on yaşına gelmeden hayatını kaybediyordu. Sağ kalanlarsa çoğu zaman kraliyet tablolarında görülen "Habsburg dudağı"ndan, biraz maymunumsu görünmelerine yol açan sakat ve çıkık çeneden mustaripti.[76] Lanetli dudak her nesilde biraz daha kötüleşti, Habsburg hanedanından gelen son İspanya kralı zavallı II. Carlos'ta ise en kötü biçimini aldı.

Carlos'un annesi, babasının yeğeniydi; halası aynı zamanda büyükannesiydi. Geçmişindeki ensest o kadar belirgin ve sürekliydi ki,

---

75- Armand Leroi'nin *Mutants*'ı Toulouse-Lautrec'in sahip olmuş olabileceği özel hastalıkları ve bunların sanatı üzerindeki etkilerini ayrıntısıyla inceler. Hatta 1. Bölümde de bahsettiğimiz yengeç kıskacı benzeri doğum kusurlarıyla ilgili anekdotlar gibi ilginç hikayeler nedeniyle kitabın tamamını okumanızı tavsiye ederim.

76- Dudaklar erkeklerin portrelerinde daha belirgindir ama kadınlar da bu genlerden nasibini almıştır. Söylenenlere göre ailenin bir başka kolundan gelen Marie Antoinette'te de belirgin bir Habsburg dudağı vardı.

Carlos'un akraba evliliğinden etkilenişi kardeş ilişkisinden doğan herhangi bir çocuktan bile fazlaydı. Sonuçlar her anlamda çirkindi. Çenesi o kadar biçimsizdi ki güçlükle çiğneyebiliyordu. Dili o kadar genişti ki güçlükle konuşabiliyordu. Zihinsel özürlü kral sekiz yaşına kadar yürüyemedi, kırk yaşından önce ölmüş olsa da halüsinasyon ve epileptik epizotlarla dolu gerçek bir bunaklık yaşadı. Ders almayan Habsburg danışmanları Carlos'la evlenip çocuk doğurması için yine bir kuzen gönderdi. Neyse ki Carlos çoğunlukla erken boşalıyordu ve sonrasında da iktidarsız oldu; bir varis dünyaya gelemeyince de hanedan son buldu. Calos ve diğer Habsburg kralları saltanatlarını belgelemek için dünyanın en ünlü ressamlarını tutmuştu ama Titian, Rubens ve Velázquez bile o meşhur dudağı gizleyemedi. Avrupa'da genel Habsburg soyu da sona ermedi. Yine de tıp kayıtlarının güvenilmez olduğu bir dönemde, çirkinliklerinin güzel portreleri, genetik kirlenme ve bozulmayı izlemek için çok değerli bir araçtır.

Kendi omuzlarındaki genetik yüke rağmen Toulouse-Lautrec, Habsburglardaki zihinsel çöküntüden kaçabilmişti. Hatta zekası akranları arasında ona popülerlik kazandırdı, eğri bacakları ve topallığına duyarlı arkadaşları çoğu zaman oynayabilmesi için onu bir yerden bir yere taşırdı. (Daha sonra ailesi ona çok büyük gelen bir üç tekerlekli bisiklet aldı.) Ama babası onun engellerini hiçbir zaman affetmedi. İri yarı ve dinç, yakışıklı ve bipolar Alphonse, Toulouse-Lautrec ailesinin geçmişini herkesten çok romantikleştiriyordu. Çoğu zaman IV. Ray gibi zincirli zırhla dolaşırdı, bir keresinde başpiskoposa şöyle dert yanmıştı. "Ah monsenyör, Toulouse Kontlarının bir keşişi becerip canları isterse asabileceği günler çok geride kaldı." Alphonse yalnızca yanında av arkadaşı istediği için çocuk sahibi olmaya zahmet etmişti ve Henri'nin hiçbir zaman kırlarda onunla birlikte yürüyemeyeceği anlaşılınca, Alphonse çocuğu vasiyetinden çıkardı.

Toulouse-Lautrec avlanmak yerine başka bir aile geleneğini benimsedi: resim. Amcaları amatör ressamlar olarak saygınlık kazanmıştı ama Henri'nin ilgisi daha derindi. 'Bebeklikten itibaren bir

Birinci dereceden iki kuzenin oğlu olan ressam Henri Toulouse Lautrec gelişimini engelleyen ve inceden inceye sanatını şekillendiren bir genetik bozukluğa sahipti. Resimlerini ya da çizimlerini sıklıkla sıradışı bakış açılarıyla yapardı. (Henri Toulouse Lautrec)

şeyler çizmeye ve karalamaya başlamıştı. Üç yaşındayken katıldığı bir cenazede, henüz adını yazamadığı için konuk defterine bir öküz çizmeyi teklif etmişti. Bacakları kırılıp yataktan çıkamadığı günlerde ciddi anlamda çizmeye ve resim yapmaya başladı. On beş yaşındayken, Kont Alphonse'tan ayrılan annesiyle birlikte Paris'e taşındı. Toulouse-Lautrec burada eğitim alacaktı ama gelişme çağındaki erkek çocuk kendini Avrupa'nın sanat başkentinde bulunca, eğitimi bırakıp absent içen bohem ressam çevresiyle arkadaşlık etmeye başladı. Ailesi sanat tutkusunu daha önce teşvik etmişti ama sefahat düşkünü hayat tarzı karşısında hoşgörüleri hayal kırıklığına dönüştü. Diğer aile üyeleri öfkeye kapıldı. Tutucu bir amcası, Toulouse-Lautrec'in aile malikanesinde kalan gençlik eserlerini çıkarıp Savonarola[77] tarzı büyük bir ateşte yaktı.

Ancak Toulouse-Lautrec, Paris'in sanat çevrelerine çoktan girmişti; 1880'lerde DNA'sı sanatını biçimlendirmeye başladı. Gene-

77 - Keşiş Girolamo Savonarola ahlaksız ya da günahkar olduğunu düşündüğü eşyaları yakardı. Böylece onlarla ilgili sorunlar da yok olmuş olacaktı. –çn

tik bozukluğu açıkçası bedenini de yüzünü de pek çekici kılmamıştı. Dişleri çürümüş, burnu şişmişti ve dudakları da bazen kendiliğinden sarkıp salya akıtmasına yol açıyordu. Kadınlara daha çekici görünmek için yüzünü zarif bir sakalla gizledi ve Paganini gibi o da birtakım söylentileri teşvik etti. (Söylentilere göre "Üç Ayaklı" lakabını, kısa bacakları ve uzun...bilirsiniz, işte onunla kazanmıştı.) Yine de bu gülünç görünümlü "cüce" hiçbir zaman bir metresi olmayacağına üzülüyordu, bu nedenle Paris'in fakir semtlerindeki barlarda ve genelevlerde çalışan kadınlarla birlikte olmaya başlamıştı. Bazen ortadan kaybolup günlerce buralarda kalıyordu. Soyluların Paris'i dururken, ressam esinini burada bulmuştu. Pek çok sokak kızı ve serseriyle tanıştı ama alt tabakadan olmalarına bakmaksızın onları resmetmeye zaman ayırdı. Gülünç ya da erotik olanı tasvir ederken bile onlara bir saygınlık kattı. Köhne yatak odalarında insani, hatta soylu bir şey görüyordu ve empresyonist öncüllerine rağmen, Toulouse-Lautrec günbatımlarını, göletleri, ormanları, bütün açık hava sahnelerini bir kenara bıraktı. "Doğa bana ihanet etti," diye açıklamıştı; karşılığında o da doğayı inkar etti. Elinin altında içkisiyle, ona poz veren kötü şöhretli kadınları tercih etti.

Muhtemelen sanat tarzını da DNA'sı etkilemişti. Kısa kalın kolları ve *grosses pattes* (şişko patiler) diye dalga geçtiği elleriyle uzun süre fırçaları idare etmek ve yağlıboya yapmak kolay olmasa gerekti. Bu durum, zamanının büyük kısmını daha az zorlanacağı afişlere ve baskılara adamasını açıklayabilir. Yoğun biçimde eskiz de yapıyordu. Lautrec her zaman genelevlerde yayılmıyor, aynı zamanda kadınların mahrem ya da dalgın anlarını yakalayan binlerce çizim yapıveriyordu. Dahası hem eskizlerde hem Moulin Rouge portrelerinde genellikle sıra dışı bir bakış açısını benimsiyordu, figürleri aşağıdan çiziyor ("burun deliği bakış açısı") ya da bacaklarını çerçeveden kesiyordu (eksiklikleri göz önüne alınırsa başkalarının bacaklarını vurgulamaktan nefret ediyordu) ya da sahneleri yukarı açıyla –fiziksel olarak daha uzun ama sanat açısından daha yetersiz birinin asla algılayamayacağı açılarda– eğiyordu.

Bir keresinde bir modeli ona "Biçimsizlik dâhisisin," demişti. "Elbette öyle!" olmuştu cevabı. Ne yazık ki Moulin Rouge'un cazibeleri, gündelik ilişkiler, geç saatler ve özellikle Toulouse-Lautrec'in kendinden geçene kadar içmek eylemi için kullandığı hüsnü tabirle "papağanı boğmak", hassas vücudunu 1890'larda tüketmeye başladı. Annesi onu içkiden kurtarmaya çalıştı ve sanatoryuma yatırdı ama tedaviler işe yaramadı. (Bir nedeni de Toulouse-Lautrec'in özel olarak yaptırdığı içi boş bastona absent doldurup gizli gizli içmesiydi.) Durumu 1901'de kötüleştikten sonra Toulouse-Lautrec felç geçirdi ve birkaç gün sonra böbrek yetmezliği yüzünden, henüz otuz altı yaşındayken hayata veda etti. Şanlı soyundaki ressamlar göz önünde bulundurulursa, sanat yeteneği muhtemelen genlerine kazılıydı. Aynı zamanda bodur iskeleti ve muhtemelen alkolizmine katkıda bulunan genleri de (dikkat çekici dipsomani geçmişleri düşünülürse) Toulouse kontlarından mirastı. Paganini örneğinde olduğu gibi Toulouse-Lautrec'i de sanatçı yapan ve nihayetinde sonunu getiren bir anlamda kendi DNA'sıydı.

IV.
BÖLÜM

KAHİN DNA

Geçmişte, Şimdide ve Gelecekte Genetik

13

Geçmiş Başlangıçtır – Bazen

Genetik, Tarihsel Kahramanlar Hakkında Ne Öğrete(mez)bilir?

ARTIK HİÇBİRİNE BİR FAYDAMIZ OLMAYACAK, yani niye zahmete girdiğimiz pek belli değil. Ama ister Chopin (kistik fibrozis?), Dostoyevski (epilepsi?), Poe (kuduz?), Jane Austen (yetişkin suçiçeği vakası?), Kazıklı Voyvoda (porfiria?) ya da Vincent van Gogh (zihinsel hastalıkların yarısı), ünlü ölüleri teşhis etmeye çalışmak konusunda iflah olmayız. Güvenilmez kayıtlara rağmen tahmin yürütmekte ısrarcıyız. Hatta bazen hayali karakterler bile yersiz tıbbi tavsiyeler alırlar. Doktorlar kendilerinden emin bir biçimde, Ebenezer Scrooge'a OCD (obsesif kompulsif bozukluk) Sherlock Holmes'a otizm, Darth Vader'a borderline kişilik bozukluğu teşhisini koydular bile.

Kahramanlarımıza duyduğumuz bön hayranlık, bu dürtüyü kesinlikle açıklar; ciddi tehlikelerin üstesinden nasıl geldiklerini dinlemek esin vericidir. Altında bir kendini beğenmişlik de vardır: Önceki nesillerin çözemediği bir gizemi *biz* çözdük. Her şeyden önemlisi de bir doktorun 2010 yılında *Journal of the American Medical Association*'da belirttiği gibi, "Geçmişe dönük teşhislerin en zevkli yanı her zaman tartışmaya yer olması, kesin bir kanıt olmadığı için yeni kuramlara ve iddialara yer bırakması." Bu iddialar çoğu zaman bilinene dayanan tahminler biçimini alarak, başyapıtların ya da sa-

vaşların kökenini açıklamak için gizemli hastalıkları kullanan olgulara karşı mücadele eder. Çarlık Rusya'sını hemofili mi yıktı? Amerikan Devrimi'ne gut hastalığı mı neden oldu? Charles Darwin'in kuramlarını böcek ısırıkları mı doğurdu? Ama artan genetik bilgimiz eski kanıtları avlamayı daha da çekici kılar ve uygulamada, genetik çoğunlukla tıbbi ve ahlaki karmaşayı daha da artırır.

Çeşitli nedenlerden dolayı –kültüre yönelik ilgi, hazır bir mumya stoğu, bir yığın meçhul ölüm– tıp tarihçileri özellikle eski Mısır ve IV. Amenhotep gibi firavunları araştırdılar. Amenhotep Musa, Oysseus ve İsa'nın birleşimi olarak tanımlanmıştır. Dinsel sapkınlıkları en sonunda hanedanlığını yok ettiyse de dolaylı yoldan ölümsüzlüğünü de kesinleştirdi. Egemenliğinin dördüncü yılında, İÖ 1300'lerde Amenhotep, adını Akhenaton ("Tanrı Aton'un ruhu") olarak değiştirdi. Bu, atalarının zengin çoktanrıcılığını reddedip, yerine daha sade tek tanrılı bir din getirmesinin ilk adımıydı. Akhenaton çok geçmeden Aton'a tapmak için yeni bir "güneş-şehri" kurdu. Mısır'ın normalde geceleyin yapılan dini ibadeti artık Aton'un en tepede olduğu öğle saatlerinde yapılıyordu. Akhenaton aynı zamanda, işine gelecek biçimde, Aton'un uzun zamandır kayıp olan oğlu olduğunu ilan etti. Ayak takımı bu değişikliklere homurdanmaya başladığında, ister kamusal anıtlarda olsun ister yoksul bir ailenin mutfak eşyasının üstünde, muhafızlarına sözde babasınınkiler dışındaki bütün tanrıların resimlerini yok etmelerini emretti. Akhenaton bir de dilbilgisi nazisi kesilip kamu söylevlerindeki *tanrılar* kelimesini çoğul olduğu için hiyerogliflerden temizledi.

Akhenaton'un on yedi yıllık iktidarında sanatta da benzer sapkın değişiklikler yaşandı. Akhenaton döneminden kalma rölyef ve duvar resimlerinde kuşlar, balıklar, av hayvanları ve çiçekler ilk kez gerçekçi görünmeye başladı. Akhenaton'un sanatçı kadrosu firavun ailesinin de portrelerini yaptı. Gözde eşi Nefertiti ve veliahdı Tutankhamun günlük hayattan şaşırtıcı derecede sıradan sahnelerde, yemek yerken, öpüşürken, birbirlerini şefkatle okşarken görünür. Bütün ayrıntıların doğru olması için harcanan dikkate rağmen firavun

ailesinin bedenleri grotesk, hatta biçimsiz görünür. Portrelerde yer alan hizmetkarların ve aşağı tabakadan insanların normal insan gibi göründüğü düşünülürse bu durum daha da gizemlidir. Geçmişte firavunlar kendilerini Güney Afrikalı Adonisler olarak tasvir ettirirdi. Kare omuzlara ve dansçıların fiziğine sahiptiler. Akhenaton böyle değildi ama. O, Tutankhamun, Nefertiti ve diğer soylular resmen uzaylı gibi görünüyordu.

Bu kraliyet sanatını arkeologlar sirk çığırtkanları gibi anlatır. Birisi "Fiziksel korkunçluğun en üst noktası tüylerinizi ürpertecek," diye vaat ederken, bir diğeri Akhenaton'u "insansı peygamber böceği" olarak niteler. Yaratığı andıran özelliklerini sıralamak sayfalar alabilir. Badem şeklinde kafalar, bodur gövdeler, ince uzun kollar, tavuk bacakları (arkaya eğik dizlerle), Hotanto kalçaları, botokslu dudaklar, çukur göğüsler, sarkık şiş göbekler vs. Pek çok resimde Akhenaton'un göğüsleri vardır, bilinen tek çıplak heykelinde apış arası androjen bir Ken bebeğininkine benzer. Kısacası bütün bunlar sanat tarihinin *Davut*-karşıtı, *Venus de Milo*-karşıtı yapıtlarıdır.

Habsburg portrelerinde olduğu gibi, bazı Mısırologlar bu resimleri firavun soyundaki kalıtsal deformasyonun kanıtı olarak görürler. Başka kanıtlar da bu düşünceyle uyumludur. Akhenaton'un ağabeyi çocukluk çağında gizemli bir hastalıktan ölmüştü. Birkaç araştırmacı Akhenaton'un fiziksel sakatlıkları nedeniyle çocukken saltanat törenlerine dahil edilmediğine inanır. Oğlu Tutankhamun'un yağmalanan mezarında çoğu kullanılmış görünen yüz otuz baston bulundu. Doktorlar bu firavunlarda geriye dönük olarak Marfan sendromu ve fil hastalığı gibi çeşitli hastalıklar teşhis etmekten kendilerini alıkoyamadı. Ama ne kadar akıl çelici olsa da somut kanıtların olmaması teşhislerini havada bıraktı.

Bu noktada da genetik devreye girdi. Mısır devleti çok uzun bir zaman genetikçilerin değerli mumyalarına saldırmasına izin vermek konusunda tereddüt etti. Doku ya da kemikleri oymak kaçınılmaz olarak içlerindeki küçük parçaları yok eder. Kirlenme (kontaminasyon) ve inandırıcı olmayan sonuçlarla boğuşan Paleogenetik,

Mısır firavunu Amenhotep (solda oturan) kendisini ve ailesini tuhaf uzaylı varlıklar gibi tasvir ettirmişti saray ressamlarına. Bu da modern doktorların Amenhotep'e geçmişe dönük olarak genetik bozuklu teşhisi koymasına yol açtı. (Andreas Praefcke)

başlarda epey şüpheli bir alandı. Ancak 2007'de Mısır devleti yumuşadı ve bilim insanlarının Tutankhamun ve Akhenaton dahil beş kuşak mumyadan DNA almasına izin verdi. Cesetlerin titizce yürütülen CT taramalarıyla birleştirildiğinde bu genetik çalışma, dönemin sanatı ve siyasetiyle ilgili bazı gizemleri çözmeye yardımcı oldu.

Çalışmanın ortaya çıkardığı ilk şey, Akhenaton'un ailesinde büyük bir bozukluk olmadığıydı, dolayısıyla Mısır soyluları normal insanlar gibi görünüyordu. Bu da Akhenaton portrelerinin –bunlar kesinlikle normal görünmüyordu– gerçekçi olma kaygısı taşımadığı anlamına geliyordu. Propagandaydılar. Akhenaton belli ki güneş tanrısının ölümsüz oğlu olmanın kendisini normal insan güruhundan üstün kılacak kadar yücelttiğine karar vermişti, bu nedenle hal-

kın gördüğü portrelerde yeni bir tip bedeni olmalıydı. Resimlerdeki bazı garip özellikleri (şiş göbekler, iri kalçalar) bereket tanrılarını çağrıştırır, yani belki de kendini aynı zamanda Mısır refahının rahmi olarak göstermek istemişti.

Bunun dışında, bu kadar belirgin olmamakla birlikte, diğer mumyalar da içe dönük ayaklar ve yarık damaklar gibi başka şekil bozuklukları sergiliyordu. Sonradan gelen her neslin daha fazlasına katlanması gerekmişti. Dördüncü kuşaktan Tutankhamun kalıtım yoluyla hem yarık damak hem de içe dönük ayakları almıştı. Genç-ken Toulouse-Lautrec gibi uyluk kemiğini de kırmıştı ve doğuştan zayıf kan dolaşımı nedeniyle ayağındaki kemikler ölmüştü. Bilim insanları Tutankhamun'un neden bu acıları çektiğini genlerini incelendiğinde anladı. Belirli DNA "tekrarları" (yinelenen baz bölgeleri) ebeveynden çocuğa bozulmadan geçer, bu nedenle soyu takip etmeye olanak verirler. Ne yazık ki Tutankhamun'un annesi de babası da aynı tekrarlara sahipti, çünkü ikisi kardeşti. Nefertiti, Akhenaton'un en ünlü eşi olabilir ama bir veliaht gibi ciddi bir iş söz konusu olduğunda Akhenaton kız kardeşine başvurmuştu.

Bu ensest muhtemelen Tut'un bağışıklık sistemini çökertti ve hanedanın yok olmasına yol açtı. Bir tarihçiye göre, Akhenaton'un Mısır dışında "her şeye karşı patolojik bir ilgisizliği" vardı. Mısır'ın dış düşmanları da ellerini ovuşturarak krallığın dış sınırlarına doğru akınlar yapıyor ve devletin güvenliği tehlikeye giriyordu. Sorun Akhenaton öldükten sonra da devam etti. Birkaç yıl sonra, henüz dokuz yaşındayken tahta geçen Tutankhamun, babasının sapkınlıklarını tanımadı ve ülkenin şansının dönmesini umarak eski tanrıları geri getirdi. Umutları boşa çıktı. Tutankhamun'un mumyasını inceleyen bilim insanları kemiklerinin derinlerinde büyük miktarda sıtma DNA'sı buldu. Sıtma o sıralarda yaygın değildi, benzer testler Tutankhamun'un anne ve babasının da en az iki kez sıtma geçirdiğini ortaya çıkardı, ama ikisi de ellilerine kadar yaşamıştı. Ancak Tutankhamun'un sıtma enfeksiyonu ensesten gelen genler nedeniyle "yükü kaldıramayacak vücudunu çok fazla zorlamıştı." On do-

kuz yaşında öldü. Tutankhamon'un mezarının duvarlarındaki garip kahverengi lekeler ölümünün ne kadar ani olduğuna dair ipucu verir. DNA ve kimyasal analiz bu lekelerin biyolojik kökenli olduğunu gösterdi: Tutankhamun o kadar ani ölmüştü ki, mezarın iç duvarlarındaki dekoratif resimler henüz kurumamış, maiyeti onu gömdükten sonra küflenmişlerdi. Daha da kötüsü Tutankhamun üvey kardeşiyle evlenerek gelecek kuşağın genetik bozukluklarını da şiddetlendirmişti. Bilinen çocukları beş aylıkken öldü ve Tutankhamun'un mezarına, kundak içindeki zavallı bir mumya olarak altın maskesiyle bastonlarının yanına gömüldü.

Mısır'da sözü geçen güçler ailenin günahlarını hiç unutmadı ve Tutankhamun veliaht bırakmadan öldüğünde tahtı bir general ele geçirdi. O da geride çocuk bırakmadan öldü, ardından bir başka kumandan, Ramses başa geçti. Ramses ve ardılları Akhenaton'un eski tanrıları kaldırmakta gösterdiği kararlılığı sergileyerek Akhenaton, Tutankhamon ve Nefertiti'nin izlerini yıllıklardan neredeyse tamamen sildi. Ramses ve veliahtlarının son hakareti, Tutankhamun'un mezarının üzerine çeşitli yapılar inşa ederek gizlemeleriydi. Hatta o kadar iyi gizlemişlerdi ki, mezar soyguncuları bile mezarı bulmakta güçlük çekti, sonuç olarak Tutankhamun'un hazineleri yüzyıllarca neredeyse hiç dokunulmadan kaldı – bu hazineler zamanla ona ve ensest ilişkide bulunan, dini inançlara ters düşen ailesine tekrar ölümsüzlüğe benzer bir şey kazandıracaktı.

Elbette geçmişe dönük mantıklı teşhislerin yanı sıra –Tutankhamun, Toulouse-Lautrec, Paganini, Golyat (kesinlikle jigantizm)– bazı acayip olanlar da vardır. Muhtemelen en kötü geçmişe dönük teşhis 1962'de, bir doktorun porfiria (alyuvar bozukluğundan kaynaklanan bir grup hastalık) üzerine bir makale yayımlamasıyla başladı.

Porfiria, türüne bağlı olarak cildi bozabilecek, istenmeyen vücut tüylerinin çıkmasına yol açabilecek ya da sinirlere kısa devre yap-

tırıp psikoza yol açabilecek toksik kimyasalların birikmesine neden olur. Doktor hastalığın tanımının kurt adam tarifine çok benzediğini düşünüyordu, bu nedenle kurt insanlar hakkındaki yaygın efsanelerin tıbbi bir temeli olabileceği fikrini ortaya attı. 1982 yılında Kanadalı bir biyokimyacı bir adım ileri gitti. Porfirianın diğer semptomlarını –derinin güneşte kabarması, çıkık dişler, kan kırmızısı idrar– fark ederek, hastalığın vampir hikayelerine esin vermiş olabileceğini öne sürdü. Açıklama yapması için sıkıştırıldığında bilimsel bir makale yazmayı reddetti ve bunun yerine ABD'de yayınlanan bir talk show programına çıktı. (Bu pek hayra alamet değildir.) Üstelik Cadılar Bayramı'nda. "Vampir" porfiria hastalarının güneşte derileri kabardığı için geceleri dolaştığını, eksik kan bileşenlerini yerine koymak ve hastalığın etkilerini hafifletmek için kan içtiklerini açıklıyordu. Peki ünlü, bulaşıcı vampir ısırığı ne olacaktı? Doktor porifiria genlerinin kan bağıyla geçtiğini öne sürdü ama çoğu kez hastalığın ortaya çıkmasına neden olan şey stres ya da şoktu. Kız ya da erkek kardeşinizin küçük bir ısırık alıp kanınızı emmesi kesinlikle stresli durum tanımına giriyordu.

Talk show çok dikkat çekti, çok geçmeden endişeli porfiria hastaları doktorlarına kan emici vampirlere dönüşüp dönüşmeyeceklerini soruyordu. (Birkaç yıl sonra zihinsel dengesizliği olan Virginialı bir adam kendini korumak için porfirialı bir arkadaşını bıçaklayıp parçalarına ayıracak kadar ileri gitti.) Kuram tam bir saçmalık olduğu için bu olaylar daha da talihsizdi. Her şey bir yana, klasik olarak vampirlere ait olduğunu düşündüğümüz gece yaşama gibi özellikler, vampirlerle ilgili halk efsanelerinde yoktu. (Bugün bildiklerimizin çoğu Bram Stoker'ın uydurduğu on dokuzuncu yüzyıl sonu süslemeleridir.) İddialar varsayılan bilimsel gerçeklerle de örtüşmez. Kan içmek onları rahatlatmayacaktır çünkü porifiriayı tedavi eden kan bileşenleri sindirilmekten kaçamaz. Genetik açıdan, pek çok porfirialı güneş yanığından zarar görür ancak doğaüstü bir kötülük düşüncesini uyandırabilecek, gerçekten dehşet verici, su toplayan türden yanıklar ender bir porfiria mutasyonu çeşidiyle ilişkilidir. Yalnızca bir-

kaç yüz vaka belgelenmiştir. Bu rakam geçmişteki yüzyıllarda süren vampir histerisini açıklayamayacak kadar azdır. (Doğu Avrupa'da bazı köyler haftada bir kez vampirleri aramak için mezarlıklardaki toprağı sürüyorlardı.) Genel olarak porfiria fiyaskosu, folklorik canavarların kökenlerinden ziyade modern saflığımız haline gelen, insanların bilimsel cilayla önlerine konan şeylere inanmaya ne kadar istekli olduğu hakkında bilgi verir.

Porfiriayla ilgili daha akla uygun vaka Büyük Britanya Kralı III. George dönemindeydi. III. George güneşte yanmıyordu, ama idrarı kırmızı şarap gibi görünüyordu. Kabızlık ve sararmış gözler gibi, başka porfiria belirtileri de gösteriyordu. Aynı zamanda ipe sapa gelmez delilik nöbetleri de vardı. Bir keresinde ciddi bir tavır takınıp, Prusya Kralı'yla tanıştığından emin bir halde, meşe dalıyla el sıkışmıştı. Vampir efsanelerine uygun düşecek şekilde, kendini aynalarda göremediğinden de şikayet ediyordu. Çığlık çığlığa olduğu en kötü zamanlarda doktorlar George'u deli gömleğiyle zapt ediyordu. Doğru, George'un semptomları porfiriayla kusursuz bir benzerlik göstermiyordu ve zihinsel krizleri de porfiria hastalarına göre olağanüstü şiddetliydi. Ama genleri, komplike edici faktörler taşıyor olabilirdi: Kalıtsal delilik 1500-1900 arasında Avrupa soyluları arasında endemikti ve bunların çoğu da George'un akrabasıydı. Nedeni ne olursa olsun George ilk krizini 1765 başlarında geçirmişti. Öyle ki durumu, Parlamentoyu eğer kral tamamen delirirse tahta kimin geçeceğini belirleyen bir kanun çıkartacak kadar korkutmuştu. Kral bu duruma kızarak başbakanı görevinden aldı. Ama o ilkbahar çıkan karışıklıkta Damga Pulu kanunu parlamentodan geçti, bu da Amerika'daki kolonilerin George'la ilişkisine zarar vermeye başladı. Yeni başbakan göreve geldikten bir süre sonra, istenmeyen eski başbakan kalan gücünü en sevdiği hobisine, yani kolonileri cezalandırmaya odaklamaya karar verdi. Amerika'yı imparatorluğun bir parçası olarak tutmak isteyen güçlü devlet adamı William Pitt, muhtemelen bu intikamı bir parça hafifletebilirdi, ancak Pitt, yine yüksek derecede kalıtsal bir hastalık olan gut hastalığından mustaripti, has-

talığı muhtemelen çok yemek ve ucuz, kurşunlu Portekiz şarabı içmekle tetiklenmişti. Yatağa çakılıp kalan Pitt 1765'te bazı çok önemli siyasal tartışmaları kaçırdı ve deli Kral George'un hükümeti en sonunda kolonileri ayaklanmaya itti.

Yeni Amerika Birleşik Devletleri kendini hanedan soylarından kurtarıp Avrupalı yöneticilerin kalıtsal deliliğini geride bıraktı. Elbette Amerika başkanları da hastalıklardan paylarına düşeni almışlardı. John F. Kennedy doğumundan itibaren hastalıklarla boğuşmuştu; anaokulunun büyük bölümüne hastalık nedeniyle devam edememiş, özel okula giderken (yanlış olarak) hepatit ve lösemi teşhisi konmuştu. Yetişkinliğe geldiğinde doktorlar iki ayda bir kalçasını yararak hormon peletleri yerleştiriyorlardı. Söylenenlere göre aile, ülkenin dört bir yanında banka kasalarında acil durum ilaçları bulunduruyordu. Kennedy sık sık bayılıyordu, başkan olmadan önce birkaç kez son ayini bile yapılmıştı. Tarihçiler artık Kennedy'nin Addison hastası olduğunu biliyor. Addison hastalığı böbrek üstü bezlerine zarar verir ve bedeni kortizolsüz bırakır. Addison hastalığının yan etkilerinden biri olan bronz ten, Kennedy'ye canlı telejenik bronzluğunu vermiş olabilirdi.

Ama bu genel olarak ciddi bir hastalıktı. 1960'taki başkanlık yarışında, rakipleri Lyndon Johnson ve Richard Nixon, JFK'nin hastalığının tam olarak ne olduğunu bilmedikleri halde, ilk döneminde öleceği söylentilerini yaymaktan çekinmemişlerdi (utandırıcı). Buna karşılık Kennedy'nin danışmanları zekice açıklamalarla kamuoyunu yanılttı. Doktorlar Addison hastalığını 1800'lerde tüberkülozun bir yan etkisi olarak keşfetti. Bu, daha sonra "klasik" Addison hastalığı olarak bilinecekti. Bu yüzden Kennedy'nin sözcüleri ifadesiz bir yüzle, "Klasik olarak böbreküstü bezinin tüberküloz tarafından tahribatı şeklinde tanımlanan Addison hastalığına sahip de değil, böyle bir rahatsızlıktan haberdar da değil," diyebiliyorlardı. Gerçekte Addison vakalarının çoğu doğuştandır; MHC genlerinin düzenlediği otoimmün saldırılardır. Dahası Kennedy'nin muhtemelen Addison hastalığına genetik yatkınlığı vardı. Kız kardeşi Eunice de Addi-

son hastasıydı. Kennedy mezarından çıkarılmadığı sürece genlerinin ne ölçüde rol oynadığı (eğer durum buysa) her zaman karanlıkta kalacak.

Abraham Lincoln'ın genetiğinde, doktorlar daha da zorlu bir vakayla karşı karşıya kaldı. İlk ipucu doktorların 1959 yılında yedi yaşındaki bir çocuğa Marfan sendromu teşhisi koyması olabilir. Çocuğun aile ağacında hastalığın izini süren doktorlar sekiz kuşak öncesinde Abe'in büyük büyük büyükbabası Mordecai Lincoln Jr.'ı buldular. Anlamlı bir bulgu olsa da –Lincoln'ın zayıf fiziği, ince uzun kol ve bacakları klasik bir Marfan vakası gibi görünür, baskın bir genetik mutasyondur, bu nedenle ailelerde nesilden nesle aktarılır– bu durum hiçbir şeyi kanıtlamıyordu, çünkü çocuk Marfan mutasyonunu soyundaki herhangi birinden almış olabilirdi.

Mutasyonlu Marfan geni, yumuşak dokulara yapısal destek sağlayan bir protein olan fibrillinin bozuk bir versiyonunu yaratır. Örneğin fibrilin göz oluşumunda rol oynar, bu nedenle Marfan kurbanlarının görme gücü genellikle zayıftır. (Bu, modern doktorların Akhenaton'a Marfanoid teşhisi koymasını da açıklar; doğal olarak krallığının güneş tanrısını, Mısır'ın gözleri kısık gece tanrılarına tercih etmiş olabilirdi.) Daha da önemlisi, fibrillin kan damarlarını kuşatır: Marfan kurbanları çoğunlukla aortları yıpranıp çatladığı için genç yaşta ölürler. Hatta bir yüzyıl boyunca Marfan'ı teşhis etmenin tek kesin yolu, kan damarlarını ve başka yumuşak dokuları incelemekti. Yani Lincoln'ın yumuşak dokuları olmadan, 1959 ve sonrasında doktorlar yalnızca fotoğraflara ve tıbbi kayıtlara bakarak ikincil belirtileri tartışabiliyorlardı.

Lincoln'ın DNA'sını test etme fikri 1990'larda ortaya çıktı. Lincoln suikaste uğradığı için geride DNA alınabilecek çok sayıda kafatası parçası, kanlı yastıklar ve gömlek kolu kalmıştı. Hatta Lincoln'ın başından çıkarılan kurşunda bile DNA izleri olabilirdi. Böylece 1991 yılında bu tür testlerin yapılabilirliği ve etiğini tartışmak üzere dokuz uzman bir araya geldi. İllinois'den (doğal olarak) bir kongre üyesi tartışmaya katıldı ve uzmanlardan, başka şeylerin yanı sıra

Lincoln'ın projeyi onaylayıp onaylamayacağını belirlemelerini istedi. Bunun biraz zor olduğu anlaşıldı. Lincoln öldüğünde Friedrich Miescher henüz DNA'yı bulmamıştı, üstelik Lincoln ölümünden sonra tıbbi araştırmaların gizliliği üzerine görüşlerini bildiren bir belge de bırakmamıştı (bırakması için bir neden de yoktu). Dahası genetik testler paha biçilmez ufak tefek nesnelerin lapa haline getirilmesini gerektiriyordu, üstelik bu yapılsa bile bilim insanları kesin bir cevap alamayabilirdi. Gerçeği söylemek gerekirse, Lincoln komitesi bir teşhis koymanın ne kadar zor olabileceğini, sürecin sıkıntı verecek kadar geç bir aşamasında fark etti. Çalışmalar sırasında ortaya çıkan sonuçlar, Marfan sendromunun pek çok farklı fibrillin mutasyonundan kaynaklanabileceğini gösterdi. Bu nedenle genetikçiler onu teşhis edebilmek için DNA alanlarını aramak zorundaydı, bu da tek bir nokta mutasyonunu aramaktan çok daha zorlu bir girişimdir. Hiçbir şey bulamasalar bile Lincoln yine de bilinmeyen bir mutasyon aracılığıyla Marfan almış olabilirdi. Bir diğer güçlük de başka hastalıkların farklı genleri bozarak Marfan'ı taklit edebilmesiydi. Ciddi bir bilimsel girişim aniden sarsılmış görünüyordu, bir Nobel adayının kehribar taşı içindeki "gerçek Lincoln DNA'sını" klonlayıp satmak istediği yönünde söylentilerin ayyuka çıkması da insanların güvenini sarstı. Komite en sonunda fikri tamamen rafa kaldırdı; ve bugün hâlâ beklemede.

Sonuçsuz kalmış olsa da Lincoln'ın DNA'sının incelenmesi nihayetinde başka geçmişe dönük genetik projelerin değerini ölçmek için bazı temel yönergeler sağladı. Bilim açısından göz önüne alınması gereken en önemli şey, bugünün teknolojisinin niteliği ve bilim insanlarının (beklemek çok sıkıcı olmasına rağmen) bu işi gelecek kuşaklara bırakıp bırakmamaları gerektiği sorusu. Dahası bilim insanlarının öncelikle yaşayan insanlarda genetik bir hastalığı güvenilir biçimde teşhis edebileceklerini kanıtlamaları gerektiği açıktır. Lincoln örneğinde bu teminat olmadan aceleyle işe atılmışlardı. 1991 yılının teknolojisi, kanlı gömlek kolları ve yastık kılıfları gibi fazlasıyla el değmiş nesnelerdeki kaçınılmaz DNA kontaminasyonunu en-

gelleyemezdi. (Bu nedenle bir uzman, önce ulusal müzelerde yığılı İç Savaş'ta kolları bacaklarını kaybetmiş askerlerin kimliği bilinmeyen iskeletlerinde pratik yapılmasını önermişti.)

Etik endişelere gelince, bazı bilim insanları tarihçilerin zaten insanların günlüklerine ve tıbbi kayıtlarına tecavüz ettiğini, retrogenetiğin bu yetkiyi yalnızca genişlettiğini öne sürdü. Ama benzetme tam olarak bu durumla örtüşmez, çünkü genetik, söz konusu insan bilmese bile onun kusurlarını ortaya dökebilir. Eğer ölüyseler bu o kadar korkunç değildir ama onun soyundan gelen ve halen hayatta olanlar dışlanmayı hoş karşılamayabilir. Eğer birinin mahremiyetini ihlal etmek kaçınılmazsa, araştırma en azından ciddi ya da başka yollarla yanıtlanamayacak soruları cevaplamaya çalışmalıdır. Genetikçiler Lincoln'ın kulak kirinin nemli mi yoksa kuru mu olduğunu belirleyecek testleri kolayca yapabilirler, ama bu Lincoln'in durumuna tam olarak ışık tutmaz. Marfan sendromu teşhisi muhtemelen Lincoln'ın durumunu aydınlatabilir. Marfan kurbanı çoğu kişi aort yırtılmasından genç yaşta ölür, bu nedenle suikaste kurban gittiğinde elli altı yaşında olan[78] Lincoln belki de başkanlığının ikinci dönemini asla tamamlayamayacaktı. Ya da testler Marfan seçeneğini ortadan kaldırırsa başka bir şeye işaret edebilir. Lincoln'ın sağlığı görevinin son aylarında gözle görülür derecede kötüleşmişti; *Chicago Tribune* Mart 1865'te stres ve aşırı çalışma yüzünden ölmeden önce biraz izin alıp dinlenmesini tavsiye eden bir başyazı yayınlamıştı. Ama Lincoln'ın sağlığını bozan belki de stres değildi. Marfan benzeri başka bir hastalığı da olabilirdi. Bu hastalıkların bazıları önemli

78- Lincoln'ın suikastçısı de 1990'larda genetik tersliklere yakalandı. O sırada iki tarihçi, Birlik askerlerinin izini sürüp suikastten on iki gün sonra 1865'te yakalayarak Virgina, Bowling Green'de öldürdüğü kişinin John Wilkes Booth değil de masum bir izleyici olduğu teorisini satmaya çalışıyorlardı. İkili, Booth'un birliklerin elinden kaçtığını, batıya gittiğini ve 1903'te intihar edene kadar Oklahoma, Enid'de otuz sekiz yıl boyunca sefil bir yaşam sürdüğünü ileri sürüyordu. Gerçeği öğrenmenin tek yolu, Booth'un mezarında yatan cesedi çıkarmak, DNA almak ve yaşayan akrabalarından alınacak örnekle karşılaştırmaktı. Mezarlık bakıcıları bunu reddetti, bunun üzerine Booth'un ailesi tarihçilerin de teşvikiyle mahkemeye başvurdu. Bir yargıç dilekçelerini reddetti, nedeni kısmen o zamanın teknolojisinin muhtemelen meseleyi çözmek için yeterli olmamasıydı; ama bu dava teoride tekrar açılabilir.

Booth ve Lincoln'ın DNA'larıyla ilgili ayrıntılar için Philip R. Reilly'nin *Abraham Lincoln's DNA and Other Adventures in Genetics*'ine göz atabilirsiniz. Reilly, Lincoln'a DNA testi yapmanın olabilirliğini tartışan komitede yer almıştı.

ölçüde acıya, hatta kansere neden olsa da Lincoln'ın görev süresinde öleceğini *biliyor* olması da ihtimal dahilindedir (daha sonra Franklin Roosevelt'in de başına geldiği gibi). Bu 1864'teki başkan yardımcısı değişimini ve Konfederasyon'a karşı savaş sonrası hoşgörü planlarını yeni bir bakışla görmemizi sağlar. Genetik testler karamsar Lincoln'ın depresyona genetik yatkınlığı olup olmadığını da açığa çıkarabilir; her ne kadar bugünlerde popüler olsa da bu kuramın önemi aslında ikincildir.

Benzer sorular diğer başkanlar için de geçerli olabilir. Kennedy'nin Addison'ı düşünüldüğünde belki de "Kamelot"[79] ne olursa olsun zamanından önce sona erecekti. (Tam tersi de geçerli olabilir: Kennedy, Azrail'in soluğunu hissetmemiş olsa belki kendini fazla zorlamayabilir ve politikada bu kadar hızlı yükselmeyebilirdi.) Thomas Jefferson'ın ailesinin genetiği ise kölelik konusundaki görüşleriyle ilgili son derece çarpıcı birtakım çelişkileri tartışmaya açar.

1802 yılında birkaç ciddiyetsiz gazetede Jefferson'ın köle "kumasından" birkaç çocuk sahibi olduğunu ima eden haberler yer aldı. Sally Hemings, Jefferson Paris'teyken ona hizmet etmişti; Jefferson'ın gözüne bu sırada çarpmış olmalıydı. (Jefferson'ın kayınpederinin de köle bir metresi vardı, Sally muhtemelen Jefferson'ın merhum eşinin üvey kardeşiydi.) Evine, Monticello'ya döndükten bir süre sonra, Jefferson iddialara göre Sally'yle sevgili oldu. Jefferson düşmanı gazeteler kızla "Afrikalı Venüs" diye alay ediyordu ve Massachusetts parlamentosu, Sally'le olan ilişkisi dahil Jefferson'ın ahlaki değerlerini açık açık tartıştı. Ama daha dost canlısı tanıklar bile Sally'nin oğullarının Jefferson'ın esmer kopyaları olduğunu özellikle hatırlıyordu. Konuklarından biri, akşam yemeği sırasında Jefferson'ın omuzlarının üzerinden Hemings'in oğullarının resmini görmüş ve benzerlik karşısında afallamıştı. Daha sonra tarihçiler, günlükler ve diğer belgeler aracılığıyla Jefferson'ın Sally'nin her iki oğlunun doğumundan önce dokuz ay boyunca Monticello'da oturduğunu belir-

79- Kennedy ailesinin dönemi Kamelot olarak adlandırılır. –çn

lediler. Üstelik Jefferson, her iki çocuğu da yirmi bir yaşına geldiklerinde azat etmişti; bu, diğer kölelerine tanımadığı bir ayrıcalıktı. Virginia'dan taşındıktan sonra azat edilen kölelerden biri olan Madison, gazetelere babasının Jefferson olduğunu bildiğini söylemişti. Diğeri Eston, kısmen TJ'in Washington, D.C.'deki heykellerine benzediği için soyadını Jefferson olarak değiştirdi.

Jefferson bir köleden çocuk sahibi olduğunu hiçbir zaman kabul etmedi. Pek çok çağdaşı da bu suçlamalara inanmıyordu. Jefferson'ın yakın kuzenlerini ya da başka akrabalarını suçlu bulanlar vardı. Böylece bilim insanları 1990'larda Jefferson'ı gerçek bir genetik yalan makinesine bağladılar. Y kromozomu krosover yapmadığı ve diğer kromozomlarla karışmadığı için erkekler Y kromozomlarını eksiksiz ve değişmemiş bir biçimde oğullarına aktarır. Jefferson'ın kabul ettiği bir oğlu yoktu ama başka Jefferson Y'sini taşıyan başka erkek akrabalarının, örneğin amcası Field Jefferson'ın oğulları vardı. Field Jefferson'ın oğulları da erkek çocuk sahibi olmuştu. Bu erkek çocukların da oğulları olmuş, Jefferson'ın Y'si en sonunda bugün hayatta olan birkaç erkeğe kadar gelmişti. Talihli bir biçimde Eston Hemings'in soyunda da her kuşakta bir erkek çocuk dünyaya gelmişti. Genetikçiler, 1999 yılında iki ailenin de izini buldu. Elbette Y'leri tıpatıp aynıydı. Ancak test yalnızca Jefferson erkeklerinden birinin Sally Hemings'in çocuklarının babası olduğunu kanıtlıyordu, hangi Jefferson olduğu belli değildi. Ancak tarihsel kanıtlar da göz önüne alındığında, Jefferson'ın açılacak bir nafaka davasını kaybetme ihtimali oldukça yüksektir.

Jefferson'ın özel hayatıyla ilgili yorum yapmak inkar edilemeyecek kadar zevklidir. Paris'te filizlenen aşk, sıcak ve nemli D.C.'de Sally'nin hasretiyle doluşu... Ancak *l'affaire* [yasak aşk] aynı zamanda Jefferson'ın karakterini de aydınlatır. 1808'de, söylentilerin çıkmasından altı yıl sonra Eston Hemings dünyaya gelmiş olmalıydı, bu da ya muazzam bir kibir ya da Sally'ye karşı gerçek bir sadakatin işaretidir. Yine de nefret ettiği İngiliz krallarının birçoğu gibi Jefferson da itibarını kurtarmak için gayrimeşru çocuklarını reddetmiş-

ti. Daha da rahatsız edici olansa şu: Jefferson beyazlarla siyahların karışması ve ırksal saflığın bozulmasından korkuyor, bu yüzden siyahlarla beyazlar arasındaki evliliklere açıkça karşı çıkıyordu ve böyle evlilikleri yasadışı ilan etmek için bir yasa kaleme almıştı. Bu, felsefeye düşkün ABD başkanındaki ikiyüzlülüğün talihsiz bir hikayesi gibi görünür.

Jefferson hakkında açığa çıkardıklarından sonra, Y-kromozomu testinin önemi tarihsel genetikte giderek arttı. Fakat bunun bir dezavantajı vardır: Baba soyundan gelen Y, kişiyi dar anlamda tanımlar. Herhangi bir kuşaktaki çok sayıdaki akrabasının arasından yalnızca biri hakkında bilgi edinebilirsiniz. (Benzer sınırlamalar anne soyundan gelen mtDNA'da da ortaya çıkar.) Buna rağmen Y şaşırtıcı miktarda bilgi açığa çıkarabilir. Örneğin Y testi tarihteki en verimli damızlık erkeğin Kazanova ya da Kral Süleyman değil, muhtemelen on altı milyon insanın atası olan Cengiz Han olduğunu açığa çıkarır: Dünyadaki iki yüz erkekten biri Cengiz Han'ın erkeklik kromozomunu taşır. Moğollar bir bölgeyi fethettiklerinde, onları yeni yöneticilerine bağlamak için yerel halktan kadınlarla mümkün olduğu kadar çok çocuk yapmaya çalışırdı. ("Savaşmadıkları zaman ne yaptıkları belli," diye yorumlamıştı bir tarihçi.) Cengiz belli ki bu yükün büyük bölümünü tek başına üstlenmişti, bu nedenle Orta Asya bugün onun çocuklarıyla dolup taşar.

Arkeologlar Yahudi tarihini çözmek için de Y ve diğer kromozomları incelediler. Eski Ahit, Yahudilerin Yehuda ve İsrail krallıkları olarak ikiye bölünmesini anlatır. Bunlar muhtemelen ayrı genetik göstergeleri olan bağımsız devletlerdi; sonuçta insanlar eşlerini zaten geniş olan aileleri içinden seçiyordu. Sürgünler ve diasporayla geçen bin yıldan sonra, pek çok tarihçi iki krallıktan geriye kalanların izini sürme umudunu yitirmişlerdi. Ama modern Aşkenaz Yahudiler arasında benzersiz genetik imzaların yaygınlığı (hastalıklar dahil), Sefarad ve Mizrahi Yahudilerinin arasındaki diğer eşsiz genetik özellikler, genetikçilerin eski soyların izini sürmesini mümkün kıldı. Kitabı Mukaddes'teki ilk bölünmelerinin büyük ölçüde günümüze kadar

geldiğini saptadılar. Araştırmacılar Yahudi haham kastlarının genetik kökenlerini de araştırdılar. Yahudilikte Musa'nın kardeşi Harun ve onun oğullarından geldiği söylenen Kohenlerin, tapınak ayinlerinde özel törensel rolleri vardır. Bu onur, Kohen babadan Kohen oğula geçer. Tıpkı Y gibi. Gerçekten de yeryüzüne yayılmış Kohenlerin, soyun tek bir baba çizgisinden geldiğini işaret eden çok benzer Y'leri olduğu ortaya çıktı. Dahası başka araştırmalar bu "Y-kromozomal Harun"un aşağı yukarı Musa zamanında yaşadığını göstererek Yahudi geleneğini doğruladı. (En azından bu örnekte, onlarla akraba ama farklı bir Yahudi grubu olan Leviler'de de dini ayrıcalıklar ata soyluluğa bağlıdır. Ama dünyanın dört bir yanındaki Leviler ender olarak aynı Y'yi taşır, bu nedenle ya Yahudi geleneği bu hikayeyi hatalı aktarmış[80] ya da Levi kadınları kocalarını aldatmıştır.)

Üstelik Yahudi DNA'sının incelenmesi, Afrika'daki Lemba kabilesinin bir zamanlar sahip olduğu inanması güç bir efsaneyi doğrulamaya da yardım etmiştir. Lembalar her zaman Yahudi kökenleri olduğuna inanmıştı. Uzun, çok uzun yıllar önce, Buba adında bir adam onları İsrail'den çıkarıp Güney Afrika'ya getirmişti. Bugün orada hâlâ domuz yemeden, oğlan çocuklarını sünnet ederek, kipa benzeri şapkalar takarak yaşarlar. Evlerini Davud'un altı köşeli yıldızıyla çevrelenen fil amblemleriyle süslerler. Buba hikayesi arkeologlara inanması fazlasıyla güç bir hikaye gibi geliyordu. Arkeologlar bu "siyahi Yahudileri" insan göçü olarak değil, bir kültürel geçiş vakası olarak açıklar. Ama Lembaların DNA'sı, Yahudi kökenleri olduğunu onaylar: Genelde Lemba erkeklerinin yüzde onu ve en çok saygı gören, en eski ailelerdeki erkeklerin yarısı –rahip kastı– Kohen Y'si taşır.

80– Ancak Yahudiler genel olarak, kalıtsal işaretleri dikkatle gözlüyordu. MS 200'e gelindiğinde Talmud, iki ağabeyi sünnet sırasında kan kaybından ölmüş olan bir erkek çocuğunu sünnetten muaf tutuyordu. Üstelik daha sonra, aynı anneden olmaları şartıyla, ölenlerin üvey kardeşlerine de muafiyet verildi. Eğer üvey kardeşlerin babaları birse sünnet yapılabiliyordu. Çocukları kan kaybından ölen kadınların kız kardeşlerinin çocukları da muafiyet kazanıyordu. Ancak çocukları ölen erkeklerin erkek kardeşlerinin çocukları sünnet ediliyordu. Yahudilerin söz konusu hastalığın –muhtemelen kanın pıhtılaşmasına engel olan hemofili– çoğunlukla erkekleri etkileyen ve anneden geçen, cinsiyete bağlı bir hastalık olduğunu çok önceden anlamışlardı.

DNA'yı araştırmak bazı soruların yanıtlanmasına yardımcı olabilir, yine de ünlü birinin genetik bir bozukluğu olduğunu yalnızca soyundan gelenlere test uygulayarak anlayamazsınız. Çünkü bilim insanları bir sendroma dair net bir genetik işaret bulsalar bile, soyundan gelen kişilerin bozuk DNA'yı ünlü büyük büyük falancalarından aldığının garantisi yoktur. Bu gerçek ve bekçilerin eski kemikleri mezardan çıkarma isteksizliği, tıp tarihçilerini aile ağacındaki hastalıkları listelemek ve toplu halde bulunan semptomlardan teşhisleri birleştirmek gibi eski moda genetik analizler yapmak zorunda bırakır. Bugünlerde incelenen en ilginç ve en can sıkıcı hasta muhtemelen Charles Darwin'dir. Hem hastalığının anlaşılmaz doğası hem de yakın bir akrabasıyla evlenerek bunu çocuklarına geçirmiş olması olasılığı (doğal seçilimin muhtemelen üzücü bir örneği) nedeniyle zorludur.

On altı yaşında Edinburgh'ta tıp fakültesine kaydolan Darwin, iki yıl sonra cerrahlık dersleri başlayınca okuldan ayrıldı. Darwin katlanmak zorunda kaldığı sahneleri otobiyografisinde kısaca naklederken, hasta bir oğlanın ameliyatını izlerken gördüklerini ayrıntısıyla anlatıyordu; anestezinin olmadığı o günlerdeki çırpınma ve çığlıkları hayal edebilirsiniz. Bu an Darwin'in hayatını değiştirerek gelecekte olacakları haber veriyordu. Değiştirdi, çünkü tıbbı bırakmasına ve geçimini sağlamak için başka bir iş yapmasına neden oldu. Bir haberciydi, çünkü ameliyat Darwin'in midesini kaldırdı, bu da ilerde yakalanacağı ve yakasını bırakmayacak hastalığın belirtisiydi.

HMS Beagle'la denize açılmışken sağlığı bozulmaya başladı. Darwin 1831 yılında, geçemeyeceğinden emin olduğu için yolculuk öncesi fiziksel muayeneyi atlamıştı. Denize açıldıklarındaysa iflah olmaz bir acemi olduğu ortaya çıktı. Deniz tutması nedeniyle sürekli yatağa düşüyor, midesi kuru üzümden başka bir şeyi kaldırmıyordu. Doktor olan babasına acıklı mektuplar yazarak tavsiye istiyordu. Gerçi *Beagle*'ın duraklamaları sırasında epey zinde olduğunu kanıt-

ladı. Güney Amerika'da elli kilometrelik yürüyüşlere çıkarak bir sürü örnek topladı. Ancak 1836 yılında İngiltere'ye dönüp evlenmesinden sonra sağlığı iyice bozuldu. Çoğu zaman kendini bile tiksindiren, hırıltıyla soluk alıp veren bir enkaz haline geldi.

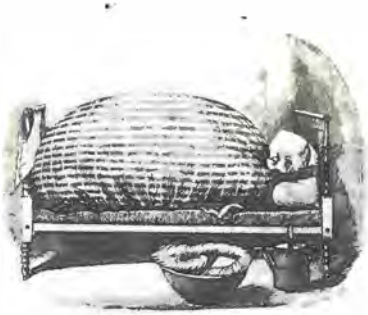
Darwin'in ne kadar keyifsiz, kasılmış ve midesi bulanmış hissettiğini ancak Akhenaton'un en büyük saray karikatürcüsü yansıtabilirdi. Rahatsızlıkları arasında kan çıbanları, baygınlık, kalp çarpıntısı, parmak uyuşması, uykusuzluk, migren, baş dönmesi, egzama vardı. Bir de gözlerinin önünde "ateşten tekerlekler ve karanlık bulutlar" uçuyordu. En tuhaf belirti kulaklarındaki çınlamaydı, sonrasında şimşeğin ardından gelen gök gürültüsü gibi korkunç bir gaz çıkartıyordu. Her şeyden önemlisi, Darwin kusuyordu. Kahvaltıdan sonra, öğle yemeğinden sonra, akşam yemeğinden sonra, brunchta, çay vaktinde, kısacası her zaman ve hiçbir şey çıkaramadan sarsılarak kusmaya devam ediyordu. En kötü zamanında, bir saat içinde yirmi kez kusmuş, bir keresindeyse yirmi yedi gün boyunca kusmuştu. Zihinsel yorgunluk midesini daha da kötüleştiriyordu ve entelektüel anlamda gelmiş geçmiş en verimli biyolog olan Darwin bile buna bir anlam veremiyordu. "Düşünmenin biftek sindirimiyle ne ilgisi var," demişti bir keresinde iç geçirerek. "Bilemiyorum."

Hastalık Darwin'in bütün hayatını altüst etti. Daha temiz hava için Londra'dan yirmi beş kilometre uzaktaki Down House'a çekildi. Bağırsak rahatsızlığı yüzünden insanların tuvaletini batıracağını düşünüyor ve kimsenin evine ziyarete gitmiyordu. Ardından dostlarının kendisini ziyaret etmemesi için saçma sapan, inandırıcılığı olmayan bahaneler uydurmaya geçti: "Çok garip bir hastalığa yakalandım," diye yazmıştı bir dostuna. "Heyecanlanırsam ardından illa ki spazmodik bir bulantı geliyor; seninle sohbet etmek bana büyük zevk verirdi ama bu hastalık yüzünden konuşmaya dayanabileceğimi sanmıyorum." Yalnızlık da hastalığını geçirmiyordu tabii. Darwin bir yerine herhangi bir ağrı saplanmadan yirmi dakika boyunca bir şey yazamıyordu, çeşitli ağrı ve sancıların onu çalışmaktan alıkoyduğu süre toplamda yıllara varacak miktardaydı. En sonunda ça-

lışma odasındaki yarı paravan yarı duvarın arkasına kimse onu görmesin diye eğreti bir tuvalet yaptırdı. Sürekli yüzünü kaşımasına yol açan egzamasını biraz olsun yatıştırmak için de ünlü sakalını bıraktı.

Bununla birlikte Darwin'in hastalığının avantajları da yok değildi. Öğretmenlik yapmak ya da ders vermek zorunda kalmadı. Piskopos Wilberforce ve diğer karşıtlarıyla ağız dalaşı yapmak gibi kirli işleri, savunucusu T.H. Huxley'ye bırakıp evde yatıp kalkabilir ve çalışmalarını düzenleyebilirdi. Rahatsız edilmeden evde aylar geçirmek Darwin'in düzenli olarak mektuplaşabilmesi demekti; bu mektuplar aracığıyla evrim üzerine son derece değerli kanıtlar topladı. Hiçbir şeyden haberi olmayan pek çok doğa bilimciyi güvercinlerin kuyruklarındaki tüyleri saymak ya da gözlerinin çevresinde kavrerengi lekeler bulunan tazı aramak gibi saçma sapan görevlere gönderdi. Bu istekler saçmalık derecesinde spesifik görünür ancak evrimsel ara formları ortaya çıkararak, Darwin'i doğal seçilim konusunda ikna ettiler. Yani hastalıklı oluşu, *Türlerin Kökeni* eserinin ortaya çıkması açısından, Galapagos'u ziyaret etmek kadar önemliydi.

Anlaşılır biçimde, Darwin migrenler ve kuru kusmaların yararını görmekte zorluk çekiyordu, bu nedenle yıllarca iyileşmenin yolunu aradı. Periyodik cetveldeki elementlerin çoğunu ilaç niyetine yuttu. Afyon kullandı, limon emdi ve reçete edildiği gibi İngiliz birası içmeyi denedi. Elektroşok tedavisinin ilk örneğini, yani pille çalışan bir "galvanizleme kemeri"yle karnına elektrik vermeyi denedi. En tuhaf tedavi yöntemiyse tıp fakültesinden eski bir sınıf arkadaşının uyguladığı "su tedavisi"ydi. Dr. James Manby Gully, okuldayken doktor olmayı planlamıyordu. Ancak ailenin Jamaika'daki kahve plantasyonu, Jamaikalı köleler 1834'te özgürlüğünü kazanınca iflas etmiş, Gully'nin tam zamanlı hasta bakmaktan başka şansı kalmamıştı. Batı İngiltere'de, Malvern'da bir dinlenme evi açtı ve burası kısa sürede Viktorya döneminin en gözde kaplıcası haline geldi. Charles Dickens, Alfred Lord Tennyson ve Florence Nightingale'in tedavi gördükleri yer de burasıydı. Darwin de 1848 yılında ailesi ve hizmetçileriyle birlikte Malvern'e kaçtı.



Dirençli rahatsızlıkları olan hastalar için Viktorya döneminin ünlü su tedavisinden manzaralar. Charles Darwin yetişkinliği boyunca yakasını bırakmayan gizemli hastalığından kurtulmak için benzer bir tedaviden geçti. (National Library of Medicine izniyle)

Su tedavisi temelde hastaların vücutlarını mümkün olduğu kadar nemli tutmaktan ibaretti. Saat beşte, horozlar öter ötmez uşaklar Darwin'i ıslak çarşaflara sarıyor ve kova kova soğuk suyla ıslatıyorlardı. Ardından çeşitli kuyularda ve içmelerde su molalarının verildiği bir grup yürüyüşü yapılıyordu. Kulübelerine geri döndüklerinde, hastalar kurabiye yiyerek su içmeye devam ediyordu. Kahvaltı bitiminde Malvern'in ana etkinliği başlıyordu: banyo. Banyo yapmak sözümona kanı iltihaplı iç organlardan uzaklaştırıyor, deriye doğru çekerek rahatlama sağlıyordu. Banyolar arasında hastalara serinletici bir soğuk su lavmanı yapılabilir ya da hastalar karın bölgelerine "Neptün kuşağı" denen ıslak bir kompres bağlayabilirdi. Banyolar çoğunlukla akşam yemeğine kadar devam ediyordu. Akşam yemeğinde hiç istinasız her zaman haşlanmış koyun eti, balık ve elbette pırıl pırıl yerel H_2O oluyordu. Uzun gün, Darwin'in kendini yatağa (neyse ki yatak kuruydu) atıp uyumasıyla son buluyordu.

Keşke işe yarasaydı. Bu su kaplıcasında dört ay geçirdikten sonra Darwin kendini harika hissetti. *Beagle*'den bu yana ilk kez bu kadar iyiydi ve günde on bir kilometre yürüyebiliyordu. Down House'a geri döndüğünde tedaviye daha gevşek bir tempoyla devam etti. Her sabah kullanabileceği bir sauna inşa etti. Saunanın ardından soğukluğu 4°C'yi bulan büyük bir su fıçısına (2,5 m^3) bir kutup ayısı gibi dalıyordu. Ancak işler yığıldıkça stres yüzünden yine rahatsızlandı. Su tedavisi etkisini yitirdi. Durumu yine kötüleşti ve zayıflığının sebebini hiç bilemeyeceğini düşünüp umutsuzluğa kapıldı.

Modern doktorlar da bundan iyisini yapamadı. Düşük olasılıklı geçmişe dönük teşhisler listesinde orta kulak iltihabı, güvercin alerjileri, "gizli hepatit", deri veremi, narkolepsi, agorafobi, kronik yorgunluk sendromu ve bir böbreküstü bezi tümörü bulunuyor. (Sonuncusu çoğu zamanını kapalı yerde geçiren peynir gibi bir İngiliz olmasına rağmen Darwin'in Kennedy'ninkine benzer bronz tene sahip olmasını açıklayabilir.) Makul düzeyde ikna edici bir teşhis de grip benzeri semptomları olan Chagas hastalığıdır. Darwin bunu bir Güney Amerika "öpücük böceği"nden kapmış olabilirdi çün-

kü *Beagle*'da evcil hayvan olarak beslediği bir öpücük böceği vardı. (Böceğin, parmağından kan emip kene gibi şişmesini izlemeye bayılırdı.) Ama Chagas hastalığı Darwin'deki semptomlara tam olarak uymaz. Chagas, Darwin'in sindirim bölgesine hasar verip onu daha derinde yatan pasif genetik kusurların etkisine açık bırakmış olabilir. Gerçekten de "siklik kusma sendromu" ve ağır laktoz tahammülsüzlüğü[81] gibi kısmen mantıklı teşhislerin güçlü genetik bileşenleri vardır. Üstelik Darwin'in ailesinin büyük çoğunluğu, büyüme çağındayken hastalıklarla boğuşmuştu. Annesi Susannah, Darwin sekiz yaşındayken bilinmeyen bir karın rahatsızlığından ölmüştü.

Darwin'in çocuklarının başına gelenler bu genetik kaygıları daha da üzücü bir hale getirdi. Viktorya döneminde aylak sınıfın aşağı yukarı yüzde onu akraba evliliği yapıyordu. Darwin de teyze çocuğu Emma Wedgwood ile evlenerek payına düşeni yerine getirdi. (Darwin ve eşinin ortak büyükbabası, yetenekli çömlekçi Josiah Wedgwood'du.) Darwinlerin on çocuğunun çoğu hastaydı. Yetişkinlik çağına geldiklerinde üçünün kısır olduğu anlaşıldı, diğer üçü çok genç yaşta öldü. İngiltere'deki çocuk ölüm oranının neredeyse iki katıydı bu. Bir çocukları Charles Waring on dokuz ay, Mary Eleanor yirmi üç gün yaşadı. En sevdiği çocuğu Anne Elizabeth hastalandığında Darwin onu su tedavisi için Dr. Gully'ye götürdü. Ama tedavi işe yaramayıp Anne Elizabeth öldüğünde Darwin'in içindeki son dini inanç kırıntısı da yok oldu.

Tanrıya duyduğu kızgınlığa rağmen, çocuklarının hastalığı yüzünden Darwin büyük ölçüde kendini suçluyordu. Birinci dereceden kuzenlerin çocukları genelde sağlıklı olmasına rağmen (yüz-

81- Dünyada adalet olsaydı, bu hastalığa "laktoz tahammülsüzlüğü" değil, "laktoz tahammülü" derdik, çünkü asıl garip olan sütü sindirme yeteneğidir ve bu yalnızca yeni bir mutasyonla mümkün olmuştur. Biri Avrupa'da diğeri Afrika'da ortaya çıkan iki farklı mutasyonla, hatta. Her iki örnekte de mutasyon ikinci kromozom üzerindeki bir bölgeyi etkisiz bıraktı. Yetişkinlerde bu, sütteki bir şeker olan laktozu sindiren bir enzimin üretimini durdurmalıydı. Avrupa'daki mutasyon tarih olarak daha önce olsa da (MÖ 7000) bir bilim insanı Afrika geninin daha hızlı yayıldığını söyledi: "Dünyadaki herhangi bir popülasyonda, bir genomda gözlenen en hızlı seçilim işaretidir." Süt sindirme becerisi, düzenli olarak süt sağlayan büyükbaş hayvanlar ve diğer hayvanlar evcilleştirilmeden önce kimsenin işine yaramayacağı için laktoz tahammülü, gen ve kültürün birlikte evriminin de mükemmel bir örneğidir.

de doksanın üzerinde), doğum kusurları ve tıbbi sorunlar çıkma riski daha yüksektir. Talihsiz ailelerde bu oranlar daha da yükselebilir. Darwin'in bu tehlikeden kuşkulanması, çağının ilerisinde olduğunu gösteriyordu. Örneğin bitkilerde aynı soy içinde melezlemenin etkilerini görmek için deneyler yapması, yalnızca kalıtım ve doğal seçilimle ilgili kuramlarını desteklemek için değil, aynı zamanda kendi ailesinin hastalıklarına ışık tutup tutmayacağını görmek içindi. Bu sırada Darwin 1871 nüfus sayımına, akraba evliliği ve sağlık üzerine bir sorunun da dahil edilmesi için bir dilekçe verdi. Dilekçe kabul edilmeyince fikir zihninin bir köşesinde durmaya devam etti ve Darwin'in hayatta kalan çocukları da onun bu endişelerini miras aldı. Oğullarından biri olan George, İngiltere'de kuzen evliliklerinin yasaklanmasını savundu. Çocuğu olmayan oğlu Leonard, kaderin de bir cilvesiyle, daha sağlıklı bireylerin elde edilmesine adanmış 1912'deki ilk Uluslararası Öjeni Kongresi'ne başkanlık yaptı.

Bilim insanları Darwin'in hastalığını muhtemelen bir DNA örneğiyle tanımlayabilir. Ancak Lincoln'ın aksine Darwin sessiz sedasız bir biçimde, kalp krizi geçirerek öldü ve geriye kanlı yastık kılıfları bırakmadı. Westminster Abbey şimdilik, Darwin'in kemiklerinden DNA örneği alınmasına izin vermiyor; bunun bir nedeni kısmen genetikçilerle doktorların ne testi yapacakları üzerinde fikir birliğine varamaması. İşleri daha da karıştıracak şekilde, bazı doktorlar Darwin'in hastalığında ciddi bir hipokondri eğilimi de olduğu ya da hastalığın o kadar kolay saptanmayacak başka nedenlerden kaynaklanmış olabileceği sonucuna varıyor. Gerçekten de Darwin'in DNA'sına odaklanmak yersiz olduğu gibi, yalnızca zamanımızın bize dayattığı bir yöntem de olabilir. Örneğin Freudçuluk yükseliştey-ken pek çok bilim insanı Darwin'in hastalığının Odipal bir çatışmanın sonucu olduğunu düşünüyordu. Biyolojik babasını (heybetli bir adamdı) yenemediği için "gökteki Babayı doğal tarih alanında öldürmüştü," diye iddia etmişti bir doktor coşkuyla. Bu düşünce bağlamında Darwin'in acıları "elbette" bu baba katlinden duyduğu bastırılmış suçluluk duygusundan kaynaklanıyordu.

Darwin'inki gibi hastalıkların kökenini el yordamıyla DNA dizilerinde aramamız da belki bir gün benzer şekilde tuhaf görünecek. Ne olursa olsun bu el yordamıyla arama, Darwin ve diğerleriyle ilgili derinlerdeki bir noktayı es geçiyor: Hastalıklarına rağmen sonuna kadar direnmelerini. DNA'ya seküler bir kişi muamelesi yaparız ama o bizim kimyasal özümüzdür; ve bir insanın DNA'sını eksiksiz olarak elde etmenin bile aydınlatabileceği şeylerin bir sınırı vardır.

14

Üç Milyar Küçük Parça

İnsan Neden Diğer Türlerden Daha Fazla Gene Sahip Değil?

ÖLÇEĞİ, KAPSAMI VE BOYUTU düşünüldüğünde onyıllara yayılan multi-milyar dolarlık bir girişim olan İnsan Genom Projesi, yani insan DNA'sının dizilenmesi, haklı olarak biyolojinin Manhattan Projesi şeklinde adlandırılmıştı. Ancak pek az kişi İGP'nin, Los Alamos'taki girişim kadar çok ahlaki ikilemle karşılaşacağını öngörebildi. Biyolog dostlarınıza projenin özetini sorarsanız, onların ahlaki değerleri hakkında iyi bir fikir sahibi olabilirsiniz. Projede devlet adına çalışan bilim insanlarının özverili ve kararlı olduğunu düşünüp saygı mı duyuyorlar, yoksa onları zorluk çıkaran bürokratlar olarak mı görüyorlar? Özel sektörün devlete meydan okumasını kahramanca bir isyan olarak mı değerlendiriyorlar, yoksa kendilerini açgözlülükle öne çıkaranlar olarak kınıyorlar mı? Projenin başarılı olacağını mı düşünüyorlar, yoksa ısrarla getireceği hayal kırıklarının üzerinde mi duruyorlar? Her karmaşık destan gibi insan genomunun dizilenmesi de neredeyse her türlü şekilde yorumlanabilir.

İGP'nin kökeni 1970'lere kadar gider. Nobelli İngiliz biyolog Frederic Sanger, DNA'yı dizileyebilecek, A'lar, C'ler G'ler ve T'lerin sırasını kaydederek DNA'nın ne işe yaradığını belirleyebilecek bir yöntem buldu. Sanger'ın yöntemi kısaca üç basit adımdan oluşuyordu: Söz konusu DNA'yı iki ipliği ayrılana kadar ısıtmak, bu iplikle-

ri parçalara ayırmak; tek tek A'ları, C'leri, G'leri ve T'leri kullanarak parçalara dayanan, tümleyici yeni iplikler oluşturmak. Ancak Sanger zekice bir yöntemle her bazın özel radyoaktif versiyonlarını da serpiştiriyor ve bunlar tümleyicilerle birleşiyordu. Sanger, tümleyici üzerinde herhangi bir noktada A'nın mı, C'nin mi, G'nin mi ya da T'nin mi radyoaktivite ürettiğini ayırt edebildiği için orada hangi bazın bulunduğunu da anlayıp diziyi sayabiliyordu.[82]

Sanger bu bazları tek tek okumak zorunda kalıyordu, bu da dayanılmayacak kadar sıkıcı bir işlemdi. Yine de bu işlem ilk genom dizilemesini (virüs φ-X174'ün 5400 bazını ve on bir geni) yapmasını sağladı. (Bu çalışmasıyla Sanger 1980'de ikinci Nobel'ini aldı, bir keresinde "Ailem zengin olmasa asla Cambridge Üniversitesi'ne gidemezdim," diye itiraf eden biri için hiç fena değildi.) 1986 yılında Californialı iki biyolog Sanger'ın yöntemini otomatikleştirdi. Radyoaktif bazlar yerine A, C, G ve T'nin floresan boyalı versiyonlarını koydular. Her biri lazer uyarımında farklı bir renk üretiyordu: Teknikolor DNA. Bir bilgisayarın çalıştırdığı bu makine aniden büyük ölçekli dizileme projelerini mümkün hale getirdi.

Ancak garip bir biçimde, birçok biyoloji araştırmasına kaynak sağlayan ABD Ulusal Sağlık Enstitüsü (NIH) DNA dizilemeye hiç ilgi göstermedi. "Kim," diye merak ediyordu NIH, "üç milyar harften oluşan şekilsiz verilerin içinde debelenmek ister ki?" Diğer bakanlıklar bu kadar ilgisiz değildi. Enerji Bakanlığı (DoE) dizilimi radyoaktivitenin DNA'ya verdiği zararlarla ilgili araştırmalarının doğal bir uzantısı olarak görüyordu ve çalışmanın dönüştürücü potansiyelini de anlıyordu. Bu nedenle Nisan 1987'de DoE dünyanın ilk insan genom projesini başlattı. Merkezi Los Alamos'ta, Manhattan Projesi laboratuvarının yakınında bulunan, yedi yıllık ve bir milyar dolarlık bir girişimdi bu. Şaşırtıcı biçimde milyar lafını duyan NIH bürokratları, dizilemenin her şeye rağmen anlamlı olduğuna karar verdi-

82- Sanger'ın çalışmasının ayrıntılarını öğrenmek için http://samkean.com/thumb-notes'u ziyaret edin.

ler. Bu nedenle 1988 Eylül'ünde NIH bütçe pastasından pay kapmak için rakip bir dizileme enstitüsü kurdu. Bilimsel bir darbe yaparak, James Watson'ı da enstitünün başına getirdi.

1980'lere gelindiğinde, Watson "Biyolojinin Caligulası" olarak ünlenmişti. Bir bilim tarihçisinin ifadesiyle, "aklına gelen her şeyi söyleme ve ciddiye alınmayı bekleme yetkisine sahipti, ne yazık ki plansız ve kaba bir kayıtsızlıkla yapıyordu bunu." Yine de, insanlar onu kişisel olarak ne kadar itici bulursa bulsun, Watson meslektaşlarının kendisine duyduğu entelektüel saygıyı koruyordu. Bu da yeni işinde önemli bir faktör oldu, çünkü dizileme konusunda yalnızca birkaç önemli isim Watson'ın hevesini paylaşıyordu. Bazı biyologlar İGP'nin insanları veri düzeyine indirmekle tehdit eden indirgemeci yaklaşımından hoşnut değildi. Başkaları projenin bütün hazırdaki araştırma fonlarını yutacağını ama onyıllar boyunca işe yarar bir sonuç vermeyeceğinden korkuyordu; klasik, gereksiz bir harcamaydı yani. Makinelerden yardım alınsa da, çalışmayı dayanılmayacak kadar monoton bulanlar da vardı. Bir bilim insanı sadece hapishanedeki suçluların "[her birinin] yirmi mega-baz dizmek zorunda kalmaları gerekir, üstelik doğru yapmak için mola da vererek," diye dalga geçmişti.) Bilim insanları en çok da özerkliklerini yitirmekten korkuyordu. Bu kadar kapsamlı bir proje tek merkezden yönetilmek zorundaydı ve biyologlar emir üzerine araştırma yapan "sözleşmeli uşaklar"a dönüşme fikrinden nefret ediyorlardı. "Amerikan bilim çevrelerinde pek çok kişi, daha büyük bir mükemmellik ihtimalini akıllarına getirmek için bile, önce küçük vasatlığı destekleyecektir," diye inlemişti İGP'nin ilk destekçilerinden biri.

Bütün kabalığına rağmen, Watson meslektaşlarının korkularını yatıştırarak NIH'in projenin kontrolünü DoE'den almasına yardım etti. Ülkeyi dolaşarak dizilemenin aciliyeti konusunda bir propaganda konuşması yaptı, İGP'nin yalnızca insan DNA'sını değil, fare ve meyve sineği DNA'sının da dizilimini yapacağını vurguladı. Yani bütün genetik bundan yararlanacaktı. Aynı zamanda ilk önce üzerlerindeki her genin yerinin saptanıp insan kromozomlarının harita-

lanmasını (Charles Sturtevant'ın meyve sinekleriyle yaptığına benzer biçimde) önerdi. Harita sayesinde her bilim insanı en çok ilgilendiği geni bulup NIH'in dizileme için verdiği zamanlama olan on beş yılı beklemeden bu geni inceleyerek gelişme kaydedebilirdi. Watson'ın son düşüncesi biraz da Kongre'ye yönelikti. Kongre'nin kararsız, bilgisiz üyeleri bir hafta sonra sonuç görmezse fonu geri çekebilirdi. İGP destekçileri Kongre'yi daha fazla ikna edebilmek için Kongre'den para geldiği sürece İGP'nin insanlığı birçok hastalığın zulmünden kurtaracağına adeta söz verdiler. (Sadece hastalık da değil; bazıları açlık, yoksulluk ve suçun bile yok olabileceğini ima ediyordu.) Watson diğer ülkelerden de bilim insanları getirdi ve dizilemeye uluslararası bir saygınlık kazandırdı, çok geçmeden proje ağır ağır hayata geçmeye başladı.

Watson tam da kendinden beklenebileceği gibi işe el attı. İGP yöneticisi olarak üçüncü yılında NIH'in, nörobilimcilerden birinin bulduğu genler için patent almayı planladığını öğrendi. Genleri patentleme fikri çoğu bilim insanının midesini bulandırıyordu, patent kısıtlamalarının temel araştırmaları zedeleyeceğini öne sürüyorlardı. Sorunu daha da içinden çıkılmaz hale getiren, NIH'in yalnızca patentini almak istediği genlerin yerinin saptandığını itiraf etmesiydi; genlerin ne yaptığına dairse hiçbir fikirleri yoktu. DNA patentlerini destekleyen bilim insanlarının (biyoteknoloji şirketlerinin yöneticileri gibi) bile bu itiraf karşısında beti benzi attı. NIH'in korkunç bir emsal oluşturduğundan, her şeyi bir yana bırakıp öncelikle genlerin hızlı bir biçimde keşfini teşvik edeceğinden korkuyorlardı. Ticari kuruluşların dizileme yapacağı ve alelacele buldukları her gen için patent alacağı "bir genom gaspı" görüyorlardı ufukta. Sonra da bunları herhangi bir nedenle kullanan herkesten "ücret" alacaklardı.

Kimsenin bu konuda kendisine danışmadığını öne süren Watson öfkeliydi ve haklıydı: Genleri patentlemek, İGP'nin kamu yararına olduğu iddialarını baltalayabilirdi ve kesinlikle bilim insanlarının kuşkularını tazelerdi. Ama Caligula endişelerini sakin ve pro-

fesyonel bir tavırla ortaya koymak yerine NIH'teki patronuna saldırdı; kadının haberi olmadan, gazetecilere bu hareket tarzının moronca ve yıkıcı olduğunu söyledi. Bir iktidar mücadelesi başladı ve Watson'un müdürü, ondan daha iyi bir bürokratik savaşçı olduğunu kanıtladı. Watson'ın iddia ettiğine göre, Watson'ın sahip olduğu biyoteknoloji hisselerindeki çıkar çatışmaları nedeniyle gizlice olay çıkardı ve Watson'ın ağzını bağlama girişimlerine devam etti. "Hiçbir şekilde orada kalamayacağım koşullar yarattı," diyordu Watson burnundan soluyarak. Kısa bir süre sonra da istifasını verdi.

Ama ondan önce ortalığı bir güzel karıştırdı. Genleri bulan NIH nörobilimcisi, insan katkısının fazla olmadığı bilgisayarların, robotların işe karıştığı otomatikleştirilmiş bir işlemle bulmuştu onları. Watson bu işlemi onaylamıyordu çünkü bu eksiksiz gen kümesini değil, genlerin yüzde doksanını tanımlayabilirdi. Dahası, her zaman zarafet yanlısı olan Watson, işlemin tarz ve ustalıktan yoksun olmasını da küçümsüyordu. ABD senatosunda patent konusunun ele alındığı bir oturumda, Watson bu işlemi "maymunların bile kullanabileceğini" söylemişti. Bu sözleri elbette söz konusu "maymunun", yani J. Craig Venter'ın hoşuna gitmemişti. Hatta kısmen Watson yüzünden, Venter çok geçmeden bilimde adı çıkmış kötü bir adam haline geldi. Yine de bu rolün kendisine epey uygun olduğunu keşfetti. Watson ayrıldığında, belki de Watson'dan daha kutuplaştırıcı, ondan daha fazla kin duygusu uyandırabilecek tek bilim insanı olan Venter'ın önündeki kapılar aniden açıldı.

Craig Venter ortalığı birbirine katmaya henüz çocukken başlamıştı. Bisiklet kullanarak uçaklarla yarışmak için gizlice havalananına girer (çit yoktu), kendisini kovalayan polisleri de atlatırdı. San Fransisco yakınlarındaki ortaokulunda, imla testlerini boykot etmeye başladı. Lisede kız arkadaşının babası, çocuğun aşırı aktif Y kromozomları nedeniyle Venter'ın başına silah dayadı. Ardından, kendisi-

ne "F" veren[83] en sevdiği hocasının işten atılmasını protesto etmek için yaptığı iki günlük oturma eylemi ve yürüyüş nedeniyle lisesinin iki gün kapanmasına yol açtı.

Not ortalaması yerlerde sürünmesine rağmen Venter hayatta gerçekten muhteşem bir şey başarabileceğine kendini inandırmıştı, ama bu hayalin dışında fazla bir amacı yoktu. 1967 Ağustos'unda, yirmi bir yaşındayken Vietnam'daki M*A*S*H benzeri bir hastaneye doktor olarak girdi. Sonraki bir yıl boyunca kendi yaşıtı genç adamların, hatta bazen onları hayata döndürmek için elleri üzerlerindeyken ölüşünü izledi. Bu canların ziyan oluşu onu tiksindiriyordu; uğruna yaşayacak bir şey olmadığına inanıyordu ve Çin Denizi'nin parlak yeşilliğine açılarak intihar etmeye karar verdi. Bir mil yüzdükten sonra çevresini deniz yılanları sardı; bir köpek balığı kafasıyla onu dürterek av olup olmadığını yokladı. Aniden uyanmış gibi, "Ne yapıyorum ben?" diye düşündüğünü hatırlıyordu. Aceleyle karaya döndü.

Vietnam, Venter'da tıbbi araştırmalara karşı bir ilgi uyandırdı. Birkaç yıl sonra da 1975'te fizyoloji alanında doktora derecesini aldıktan sonra NIH'e girdi. Başka araştırmaların yanı sıra, beyin hücrelerimizin kullandığı bütün genleri tanımlamak istiyordu, ama genleri elle bulmanın sıkıcılığı onu umutsuzluğa sürüklüyordu. Bir meslektaşının, hücrelerin protein yapmak için kullandığı mesajcı RNA'yı hızla tanımlamanın yöntemini bulduğunu duyunca kurtuluş umudu belirdi. Venter bu bilginin, altta yatan gen dizilimini ortaya çıkarabileceğini fark etti, çünkü RNA'yı DNA'ya dönüşecek şekilde, tersine transkribe edebilirdi. Tekniği otomatikleştirerek kısa sürede her geni saptama masrafını elli bin dolardan yirmi dolara indirdi ve birkaç yıl içinde inanılmaz bir sayıya ulaşıp 2700 yeni gen buldu.

Bunlar NIH'in patentini almaya çalıştığı genlerdi; karmaşa, Venter'ın kariyerinin gelecekteki şeklini de belirledi. Önemli bir şey yapma arzusu duyacak, ağır ilerleme nedeniyle sinirlenip kısa yol-

---

83- Venter'da bu sadakati uyandıran kişi biyoloji öğretmeni değildi. Daha sonra Raymond Carver'ın editörü olarak ünlenecek İngilizce öğretmeni Gordon Lish'ti.

lar bulacaktı. Sonra diğer bilim insanları tarafından hile yapmakla suçlanacaktı. Birisi Venter'ın gen bulma işlemini, Sir Edmund Hillary'nin Everest zirvesinin yarı yoluna kadar helikopterle çıkmasına benzetiyordu. Bundan sonra Venter, aleyhinde konuşanlara kibarca cehenneme kadar yolunuz var diyecekti. Ama kibri ve huysuzluğu çoğu zaman dostlarını da kendinden uzaklaştırıyordu. Bu nedenlerden dolayı 1990'larda Venter'ın itibarı iyiden iyiye sarsıldı. Nobel ödüllülerden biri kendini tanıtırken Venter'ı baştan aşağı süzüp "Ben boynuzlarınız var sanıyordum," demişti şakayla. Venter genetik alanında bir tür Paganini'ye dönüşmüştü.

Şeytan olsun ya da olmasın Venter sonuç alıyordu. NIH'teki bürokrasiden deliye dönünce 1992'de işi bıraktı ve sıra dışı karma bir örgüte katıldı. Bunun kâr amacı gütmeyen, salt bilime adanmış bir kolu vardı: TIGR (Genom Araştırma Enstitüsü). Aynı zamanda bir sağlık kuruluşu tarafından desteklenen, genlerin patentini alarak araştırmadan yararlanmak isteyen kâr amaçlı –bilim insanları için kaygı verici bir işaret– bir kolu da vardı. Şirket ona bol miktarda hisse vererek Venter'ı zengin bir adama dönüştürdü, sonra NIH'ten otuz personel çalarak TIGR'ı bilimsel yeteneklerle doldurdu. İsyankar tutumuna uygun düşecek şekilde, TIGR ekibi iyice yerli yerine oturduktan sonraki birkaç yılı, Sanger'ın eski moda dizileme yöntemlerinin radikalleştirilmiş versiyonunu, "rastgele tüm-genom dizilemesi"ni geliştirmekle geçirdi.

NIH konsorsiyumu ilk birkaç yılını ve ilk birkaç milyar dolarını her kromozomun titiz haritalarını oluşturmaya harcamayı planlıyordu. Bu bittiğinde bilim insanları her kromozomu parçalara ayıracak ve her parçayı farklı bir laboratuvara gönderecekti. Her laboratuvar parçanın kopyasını yapacak ve sonra "rastgele dizileme" tekniğiyle, yoğun ses dalgaları ya da başka bir yöntem kullanarak onları aşağı yukarı bin baz uzunluğunda, birbiriyle örtüşen küçük parçalara ayıracaktı. Sonra bilim insanları her küçük parçanın dizilemesini yaparak nasıl örtüştüklerini inceleyecek, nihayet onları tutarlı ve genel bir dizi şeklinde bir araya getireceklerdi. Gözlemcilerin be-

lirttiği gibi bu işlem bir romanı bölümlere, her bölümü de cümlelere ayırmaya benziyordu. Her cümlenin fotokopisini çekiyor ve rastgele dizileme yöntemi ile bütün kopyaları rastgele cümle parçalarına ayırıyordu: "Mutlu ailelerin hepsi", "hepsi benzer; herkes mutsuz", "herkes mutsuz aile mutsuz" ve "mutsuz herkes kendine göre". Sonra örtüşmelere dayanarak her cümleyi tekrar inşa ediyorlardı. En sonunda kromozom haritaları, bir kitabın dizini gibi pasajların metin içindeki yerini söylüyordu.

Venter'ın ekibi bu yöntemi sevmişti ama ağır ilerleyen haritalama adımını atlamaya karar verdiler. Kromozomları bölümlere ve cümlelere bölmek yerine, kitabı olduğu gibi parçalarına ayırmak istiyorlardı. Sonra çok gelişmiş bilgisayar yazılımları kullanarak her şeyi birleştireceklerdi. Konsorsiyum rastgele tüm-genom dizileme yaklaşımını düşünmüş, ama üstünkörü olduğu gerekçesiyle dikkate almamıştı. Boşluk bırakmaya ve segmentleri yanlış yere koymaya eğilimliydi. Ancak Venter hızın kısa vadede hassasiyete baskın çıkması gerektiğini ilan etti. Bilim insanlarının on beş yılda elde edilecek kusursuz verilerdense, şimdi ulaşacakları bir veriye, herhangi bir veriye daha çok ihtiyacı vardı. Üstelik Venter'ın şansına, çalışmaya başladığı yıllar 1990'lardı, bilgisayar teknolojisinin patlama yapıp sabırsızlığı neredeyse bir erdem haline getirdiği yıllar.

Ama neredeyse... Sabırsızlık henüz bir erdem sayılmazdı. Başka bilim insanları bu kadar heyecanlı değildi. Birkaç sabırlı genetikçi tam anlamıyla yaşayan bir canlının, bir bakterinin ilk genom dizilimini yapmak için 1980'lerden beri çalışıyordu. (Sanger yalnızca tam anlamıyla canlı olmayan virüslerin dizilemesini yapmıştı, bakterilerin çok daha büyük genomları vardır.) Bu bilim insanları genomlarını tamamlamaya bir kaplumbağa yavaşlığıyla, milim milim yaklaşıyorlardı ki, 1994'te Venter'ın ekibi bir başka bakteri *Haemophilus influenzae*'nin iki milyon bazını hızla dizilemeye başladı. İşin yarısına gelindiğinde Venter çalışmayı desteklemesi için NIH'ten ödenek istedi: Aylar sonra pembe bir ret belgesi aldı. Para ona verilmeyecekti, nedeniyse kullanmayı önerdiği "olanaksız" teknikti. Venter gül-

dü; genomunun yüzde doksanı bitmişti. Kısa bir süre sonra da tavşan yarışı kazandı. TIGR uyuşuk rakiplerine toz yutturarak, işe başladıktan yalnızca bir yıl sonra genomu yayımladı. TIGR yalnızca aylar sonra bir başka bakterinin (*Mycoplasma genitalium*) dizilemesini de tamamladı. Ukalalığından taviz vermeyen Venter yalnızca iki dizilemeyi de diğer gruptan önce, hem de NIH'ten beş kuruş almadan bitirdiği için böbürlenmekle kalmadı, aynı zamanda ikinci zaferi için I ♥ MY GENITALIUM yazan tişörtler bastırdı.

İGP'de yer alan bilim insanları istemeyerek de olsa sonuçlardan etkilenmişti, bakteriyel DNA'da işe yarayan yöntemin, çok daha karmaşık insan genomunda işe yarayıp yaramayacağı konusunda tabii ki kuşkuluydular. Devlet konsorsiyumu "karma" bir genom oluşturmak istiyordu: Çok sayıda kadın ve erkeğin DNA'sından oluşan, aralarındaki farklılıkları ortalamaya getirecek ve her kromozom için Platonik bir ideal tanımlayacak bir karışım. Konsorsiyum, ideale yalnızca temkinli, cümle cümle bir yaklaşımla, insan DNA'sındaki bütün o dikkat dağıtıcı tekrarlar, palindromlar ve inversiyonları ayıklayarak ulaşabileceğini hissediyordu. Ancak mikroişlemciler ve dizileyiciler giderek hızlandı. Venter bir kumar oynadı, ekibi yeterince veri toplayıp gerisini bilgisayarların işlemesine bırakırsa konsorsiyumu alt edebileceğini düşündü. Hakkını vermek gerekirse Venter rasgele dizileme yöntemini keşfetmedi ya da dizileri birleştiren kritik bilgisayar algoritmalarını yazmadı ama karşısındaki seçkin kişileri görmezden gelip ileriye atılacak kibre (ya da küstahlığa, hangisini tercih ederseniz) sahipti.

Hem de nasıl. Mayıs 1998'de Venter uluslararası konsorsiyuma az çok zarar vermek için kurulan yeni bir şirketin kurucularından olduğunu açıkladı. Özellikle de üç yıl içinde –konsorsiyumun bitireceği tarihten dört yıl önce– insan genomunun dizilemesini yapmayı planlıyordu, üstelik de bunu konsorsiyumun üç milyar dolarlık bütçesinin onda biriyle yapacaktı. (Venter'ın ekibi öyle acele bir plan yaptı ki, yeni şirketin adı bile yoktu, adı Celera oldu.) Başlangıç için Celera'nın ana şirketi ona 300.000 dolarlık, en modern bilimsel

dizileyicileri (maymunların bile kullanabileceklerinden) sağlıyordu; bunlar Venter'a öyle bir güç sağlamıştı ki, muhtemelen dünyanın geri kalanı karşısında birlik olsa bile onlardan daha fazla dizileme yapabilecekti. Celera veri işlemek için aynı zamanda dünyanın askeri olmayan en büyük süperbilgisayarını da oluşturacaktı. Venter'ın çalışması konsorsiyumu gereksiz duruma düşürebilirdi, bunu bilen Venter son bir iğneleme yaptı ve konsorsiyum liderlerine, kendilerine başka değerli işler bulabileceklerini söyledi. Mesela farelerin dizilemesini yapabilirlerdi.

Venter'ın meydan okuması kamu konsorsiyumunun moralini bozdu. Watson, Venter'ı Polonya'yı işgal eden Hitler'e benzetti, İGP'deki bilim insanlarının çoğu da durumlarının Polonya kadar kötü olacağından korkuyordu zaten. Avantajlı bir başlangıç yapmalarına rağmen Venter'ın onları yakalayıp geçebilmesi hiç de uzak bir ihtimal değildi. Bünyesindeki bilim insanlarının bağımsızlık taleplerini bastırmak için Konsorsiyum, dizilemelerini birkaç Amerikan Üniversitesi'ne kiralamış, Almanya, Japonya ve Büyük Britanya'daki laboratuvarlarla ortak olmuştu. Proje bu kadar dağılmışken, içeriden bile İGP uydularının dizilemeyi asla zamanında bitiremeyeceğine inananlar vardı: 1998 yılına gelindiğinde İGP'nin on beş yılının sekizinci yılında, gruplar toplu olarak insan DNA'sının yalnızca yüzde dördünün dizilemesini yapmışlardı. ABD'li bilim insanları özellikle endişeliydi. Beş yıl önce kongre, süper iletken Süper Çarpıştırıcı (Texas'taki masif bir partikül hızlandırıcı) için gereken bütçeyi gecikmeler ve uzamalar yüzünden milyarlarca dolara fırladığı için reddetmişti. İGP de aynı derecede korunmasız görünüyordu.

Ancak İGP'nin başındaki bilim insanları sinmeyi reddetti. Watson'ın istifasından sonra, bazı bilim insanlarının itirazına rağmen konsorsiyumun başına Francis Collins geçti. Collins, Michigan Üniversitesi'nde temel genetik çalışmaları yapmıştı; kistik fibroz ve Huntington hastalığının DNA'sını buldu, Lincoln'ın DNA projesinde danışılan kişilerden de biriydi. Aynı zamanda ateşli bir Hristiyan'dı, bazıları onu "ideolojik açıdan sağlam" bulmuyordu. (Konsorsiyum-

dan iş teklifi aldıktan sonra Collins bir akşamüstü şapelde dua etmiş, İsa'dan kendisine yol göstermesini rica etmişti. İsa ona yürü ya kulum dedi.) Ateşli Venter'ın yanında, Collins fazla sünepe kalıyordu, "saçları evde kesilmiş, Ned Flanders (Homer Simpson'ın aşırı dindar komşusu) bıyıklı bir adam" olarak tanımlanmıştı bir keresinde. Yine de Collins siyasette epey becerikli çıktı. Venter planlarını açıkladıktan hemen sonra, Collins kendini Celera'nın paragöz ana şirketinde çalışan patronlarından biriyle aynı uçakta buldu. Yerden otuz bin fit yüksekte Collins, patronu devlet laboratuvarlarına da aynı süslü dizileyicilerden sağlaması için ikna etti. Bu, Venter'ı tarif edilemeyecek kadar kızdırdı. Sonra Collins Kongre'ye güven vermek amacıyla, tam dizilemeyi planlanandan iki yıl erken bitirmek için gerekli değişikliklerin konsorsiyum tarafından yapılacağını açıkladı. 2001'de de bir "taslak" çıkaracaktı. Bütün bunlar yüce amaçlar gibi duruyordu, ama uygulamaya gelince, Collins bu yeni program yüzünden yavaş kalan pek çok uydu programını tasfiye edip onları tarihi projenin tamamen dışında bırakmak zorunda kaldı.

Collins'in konsoriyumdaki İngiliz meslektaşı iri yarı, sakallı John Sulston'dı. İlk hayvan genomunun (bir solucan genomu) dizilimine yardım eden Cambridgeli bir bilim insanı. (Sulston aynı zamanda DNA'sı Londra'daki sözümona gerçekçi portrede boy gösteren spermin de donörüydü.) Sulston kariyerinin büyük bölümünü tam bir laboratuvar faresi olarak geçirmişti – apolitik bir adamdı ve kendini içeri kapatıp aletlerinin üzerine titrerken ondan mutlusu yoktu. Ancak 1990'ların ortalarında DNA dizileyicilerini tedarik eden şirket, deneylerine karışmaya başladı. Sulston pahalı bir anahtar satın almadığı sürece ham veri dosyalarına erişemeyecekti, şirket Sulston'ın verilerini ticari amaçlarla analiz etmeye hakkı olduğunu öne sürdü. Sulston buna karşılık dizileyicilerin yazılımını hackledi ve şifreyi baştan yazıp şirketi dışarıda bıraktı. O andan itibaren ticari çıkarlara temkinle yaklaştı. Bilim insanlarının DNA verilerini özgürce değiş tokuş etme gereksinimleri konusunda katı bir tutum takındı. Sulston kendini konsorsiyumun İngiltere'deki (Fred) Sanger Merkezi'nde

bulunan multi-milyon dolarlık laboratuvarlarından birinin başında bulduğunda, görüşleri daha fazla etki kazandı. Daha önce veri konusunda kapıştığı şirket, Celera'nın ana şirketiydi ve Sulston, Celera'yı açgözlülüğün vücut bulmuş hali olarak görüyordu. DNA verilerini tutsak edecek, sonra da inceleme yapacak araştırmacılardan fahiş fiyatlar isteyeceklerdi. Venter'ın açıklamasını duyar duymaz Sulston diğer bilim insanlarını ateşli bir konuşmayla ayaklandırdı. Enstitüsünün Venter'la savaşmak için fonlarını iki katına çıkaracağını söyleyerek konuşmayı bitirdi. Birlikleri hep bir ağızdan tezahürat yapıp ayaklarını yere vurdu.

Venter-konsorsiyum savaşı da böyle başladı. Garip ama şiddetli bir bilimsel rekabet. Kazanmak içgörü, mantık ve beceriden çok -iyi bilimin geleneksel ölçütleri- daha hızlı çalışmak için kimin daha fazla işgücüne sahip olduğuna bağlıydı. Zihin gücü de çok önemliydi çünkü genom yarışı bir bilim insanın belirttiği gibi, "bir savaşın bütün psikolojik bileşenlerine sahipti." Bir silahlanma yarışı oldu. Her ekip dizileme gücünü artırmak için on milyonlarca dolar harcadı. Entrikalar da eksik değildi. Bir ara, konsorsiyumdan iki bilim insanı bir dergiye, Celera'nın kullandığı üstün nitelikli yeni dizileyiciler hakkında inceleme kaleme almışlardı. Değerlendirme yazısı kasten hem iyi hem de kötüydü, ama aynı sırada patronları aynı makinelerden bir düzine almak için gizlice pazarlık yapıyordu. Yıldırma deseniz o da vardı. Üçüncü saftaki bazı bilim insanları Venter'la işbirliği yapmaları halinde kariyerlerinin biteceği uyarısını aldılar. Venter de konsorsiyumun, çalışmalarını yayımlamasını engellediğini iddia etti. Müttefik gibi görünenler arasında da gerginlik vardı. Venter, yöneticileriyle sayısız kavgaya karıştı: bir konsorsiyum toplantısında Alman bir bilim insanı, hata yaptıkları gerekçesiyle Japon meslektaşlarına bas bas bağırmıştı. Propaganda da vardı. Venter ve Celera tüm başarılarını böbürlenerek ilan ediyordu ama her seferinde Collins onların ortaya koyduğu, mizah dergilerine yakışacak genomu görmezden geliyor ya da Sulston televizyona çıkıp Celera'nın yine bir "üçkağıt" yaptığını iddia ediyordu. Cephaneden söz eden-

ler bile vardı. Çalışanları yenilik karşıtlarından ölüm tehditleri alınca Celera şirketi, keskin nişancılar tarafından kullanılmasını engellemek için şirket arazisinin yakınlarındaki ağaçları kesti. FBI da Venter'ı uyarmıştı, hevesli bir bombacıya hedef olmamak için postalarını kontrol etmeliydi.

Rekabetin çirkinliği doğal olarak kamuoyuna alttan alta büyük zevk veriyor, tüm dikkati üzerine çekiyordu. Ama bütün bunlar olup biterken gerçek bilimsel değeri olan çalışmalar da ortaya çıkıyordu. Bitmek bilmeyen eleştirilere maruz kalan Celera rasgele tüm-genom dizileme tekniğinin işe yaradığını bir kez daha kanıtlamak zorunda hissetti. Bu nedenle insan genomuyla ilgili arzularını bir kenara bırakıp 1999'da (California Üniversitesi Berkeley'de NIH'in maddi desteğiyle kurulan bir ekibin de işbirliğiyle) meyve sineği genomunun yüz yirmi milyon bazını dizilemeye başladı. Pek çok kişiyi şaşırtarak, mükemmel bir iş çıkardılar: Celera dizilemeyi bitirdikten hemen sonra bir toplantıda *Drosophila* bilim insanları Venter'ı ayakta alkışladi. Her iki ekip de insan genomu çalışmalarına hız vererek nefes kesici bir tempoya ulaştı. Elbette tartışmalar vardı. Celera bir milyar bazı aştığını iddia ettiğinde, konsorsiyum bunu reddetti çünkü Celera (ticari çıkarlarını korumak adına) bilim insanlarının kontrol edebilmesi için verileri yayımlamamıştı. Bir ay sonra, konsorsiyum böbürlenerek bir milyar bazı aştığını açıkladı. Dört ay sonra iki milyarı geçmekle övünüyordu. Ama çatışmalar asıl gerçeğin önemini azaltmıyordu: Bilim insanları aylar içinde son yirmi yılın toplamında yapılandan kat kat fazla DNA dizilemesi yapmışlardı. Genetikçiler Venter'ı NIH günlerinde işlevini bilmeden genetik bilgi ürettiği için şiddetle eleştirmişlerdi. Ama şimdi herkes Venter'ın oyununu oynuyordu: Yıldırım harekatıyla dizileme.

Bilim insanları bir ön giriş yapma amacıyla dizilim verilerini analiz etmeye başladığında başka değerli bilgiler geldi. Bir kere insanların mikrobiyal görünen çok fazla DNA'sı vardı. Bu, çarpıcı bir olasılıktı. Dahası yeterli sayıda genimiz yoktu. İGP'den önce pek çok bilim insanı insanların karmaşıklığına dayanarak 100.000 gene sa-

hip olduğumuzu tahmin ediyordu. Venter kendi adına 300.000 gibi yüksek rakamları telaffuz edenleri hatırlar. Ancak konsorsiyum ve Celera, genoma hızlıca bir baktığında bu ortalama 90.000'e, sonra 70.000'e, ardından 50.000'e düştü ve düşmeye de devam etti. Dizilimin ilk yıllarında 165 bilim insanı, insandaki gen sayısı hakkında en yakın tahmini yapacak kişiye vermek üzere 1200 dolarlık bir havuz oluşturdu. Genellikle bu tür oyunlarda, tahminler doğru cevabın çevresinde bir çan eğrisi oluşturur. Gen bahsinde durum böyle değildi: Tahminler gün geçtikçe düşüyor, bu düşük tahminler de giderek akla daha yatkın görünüyordu.

Neyse ki İGP'nin başrolüne ne zaman bilim geçse insanların dikkatini dağıtacak ilginç bir şey oluyordu. Örneğin 2000 yılında ABD Başkanı Clinton damdan düşer gibi insan genomunun bütün dünyaya ait olduğunu söyledi. Özel sektördekiler dahil, bilim insanlarına dizilim bilgisini hemen paylaşmaları çağrısında bulundu. Devletin gen patentlerini ortadan kaldırdığı fısıltıları da dolaşıyordu ve dizilim şirketlerine para yatıran yatırımcılar ürkerek kaçıştı. Celera çıkan karışıklıkta haftalar içinde 6 milyar dolarlık hisse kaybetti, bu paranın 300 milyon doları Venter'ındı. Bu ve başka aksiliklere teselli olması adına, Venter bu kez birilerinin DNA'sını dizip dizemeyeceğini görmek için Einstein'ın beyninin bir parçasını[84] ele geçirmek istedi ama bu plan da sonuçsuz kaldı.

Az sayıda kişi hâlâ dokunaklı bir biçimde, Celera ve konsorsiyumun birlikte çalışabileceğini umuyordu. Sulston 1999'da Venter'la arasındaki ateşkesi bozmuştu, ama bundan kısa bir süre sonra başka bilim insanları Venter ve Collins'in arasını bulmak istedi. Hatta gayri resmi olarak, konsorsiyum ve Celera'nın yüzde doksanı tamamlanmış insan genomunun kaba taslağını ortak bir makale şeklinde yayımlamasını önerdiler. Görüşmeler hızla ilerledi ama devlet için ça-

84- Celera'dakilerin ünlü DNA'sına zaafı vardı. James Shreeve'in sürükleyici kitabı, *The Genome War*'da iddia edildiğine göre, Celera'nın becerikli süperbilgisayar programının baş mimarı, Friedrich Miescher'e saygısını göstermek için "iltihaplı bir yara bandı"nı bir test tüpünün içinde, bürosundaki kitap rafında tutuyordu. Bu arada İGP içinden birinin uzun hikayesiyle ilgilenirseniz, Shreeve'in kitabı bildiğim kadarıyla bu konuda en iyi yazılmış ve en eğlenceli kitap.

lışan bilim insanları Celera'nın ticari çıkarlarına temkinli yaklaşıyor ve Celera'nın verilerin hemen yayımlanmasına itiraz etmesine kızıyorlardı. Görüşmeler boyunca Venter her zamanki cazibesini sergiledi; konsorsiyumdan bir bilim insanı yüzüne karşı küfretti, pek çoğu da arkasından sövdü. Venter'ın o zamanlar *New Yorker*'da yayınlanan profili, yaşlıca bir bilim insanından (anonim olarak yayımlanmış bir yazısından) yapılmış alıntıyla başlıyordu: "Craig Venter aşağılık herifin tekidir." Doğal olarak ortak yayın planları da boşa çıktı.

Didişmeden dehşete düşmüş ve gözünü gelecek seçime dikmiş Bill Clinton en sonunda araya girdi ve Collins ile Venter'ı Beyaz Saray'da Haziran 2000'de gerçekleşen basın toplantısında bir araya gelmeye ikna etti. Burada iki rakip, insan genomu dizilimi yarışının sona erdiğini beraber açıkladılar. Bu ateşkes planlı değildi ve kalıcı küskünlükler düşünülürse büyük ölçüde sahteydi. Ama Collins ve Venter o yaz günü homurdanmak yerine içtenlikle gülümsüyordu. Gülümsememeleri için bir neden yoktu. Bilim insanlarının ilk insan genini tanımlamalarının üzerinden bir yüzyıldan az bir zaman, Watson ve Crick'in çift sarmalı aydınlatmalarının üzerinden elli yıldan az bir zaman geçmişti. Şimdiyse, milenyumda insan genomunun dizilemesi çok daha fazlasını vaat ediyordu. Biyolojik bilimlerin doğasını bile değiştirmişti. İnsan genomunun ilk taslağı olan iki makaleye neredeyse üç bin bilim insanı katkıda bulunmuştu. Clinton ünlü açıklamasında "Büyük devletlerin çağı sona erdi," demişti. Şimdi büyük biyoloji çağı başlıyordu.

İnsan genomunun ilk taslağını genel hatlarıyla çıkaran iki makale 2001'in ilk aylarında yayımlandı; ortak makale fikri suya düştüğü için tarih minnettar olmalıdır. Tek bir makale iki grubu yanlış bir uzlaşmaya zorlayabilirdi, oysa birbirine meydan okuyan iki makale her iki tarafın benzersiz yaklaşımını öne çıkardı ve genel kabul haline gelen çeşitli uydurmaları ifşa etti.

Celera, makalesinde diziliminin bir kısmını oluştururken bağımsız konsorsiyum verilerini kullandığını kabul etti, bu da Venter'ın asi karizmasını çizdirmesi anlamına geliyordu. Dahası konsorsiyumdaki bilim insanları, rastgele dizilen parçaların birleştirilmesi için kılavuzluk edecek konsorsiyum haritaları olmadan Celera'nın işi bitiremeyeceğini öne sürdüler. (Venter'ın ekibi kızgınlıkla bu iddiaları çürüten kanıtlar yayımladı.) Sulston rekabetin verimliliği artırdığı ve iki tarafı da yenilikçi riskler almaya zorladığı yönündeki Adam Smith tarzı fikirlere de karşı çıktı. Celera bunun yerine dizilime harcanması gereken enerjiyi saçma kamuoyu imajına çekiyor — ve yalnızca "sahte" taslağın yayımını hızlandırıyordu.

Elbette bilim insanları ne kadar kaba olursa olsun bu taslağa bayıldılar, Venter eldiveni suratlarına çarpıp onları düelloya davet etmemiş olsa konsorsiyum bu kadar erken bir taslak yayımlamak için asla kendini zorlamayacaktı. Konsorsiyum kendini her zaman olgun göstermiş olmasına rağmen –hızlı genomik modifiyeyle değil, yalnızca isabetlilikle ilgileniyorlardı– iki taslağı yan yana inceleyen bilim insanlarının çoğu Celera'nın daha iyi iş çıkardığını açıkladı. Celera dizilemesinin iki kat daha iyi ve daha az virüs kirlenmesiyle dolu olduğunu söyleyenler vardı. Konsorsiyum aynı zamanda, fare genomu gibi daha sonraki dizileme projelerinde rasgele tüm-genom dizileme yöntemini kopyalayarak kendi yaptığı Venter eleştirilerini sessizce yalanladı.

Ancak bu zamana gelindiğinde, Venter kamu konsorsiyumunu rahatsız etmek üzere ortalıkta değildi zaten. Çeşitli idari kavgalardan sonra Celera Ocak 2002'de Venter'ı adeta kapının önüne koymuştu. (Bir kere Venter, ekibinin keşfettiği genlerin çoğunu patentlemeyi reddetmişti. Perde arkasında aslında kayıtsız, saplantılı bir kapitalistti.) Venter ayrıldığında, Celera dizileme hızını kaybetti, konsorsiyum 2003 başlarında[85] bir insan genomunun DNA dizile-

85- Aslında bu "tamamlama" açıklaması da keyfiydi. İnsan genomunun bazı bölümleri –aşırı değiş-

mesini tek başına tamamlayarak zaferini ilan etti.

Ancak yıllar boyu süren adrenalin yüklü rekabetten sonra Venter yıldızı sönen bir futbolcu gibi öylece yürüyüp gidemezdi. 2002 ortasında Celera'nın karışık genomunun aslında yüzde altmış oranında Venter'ın sperm DNA'sı olduğunu açıklayarak dikkatleri konsorsiyumun devam eden dizileme çabalarından kendi üzerine çekti. "Adı bilinmeyen" ana donör Venter'dı. Bu açıklamayı izleyen cık cıklamalara aldırış etmeden, ("kibirli," "benmerkezci," ve "gösteriş meraklısı" en kibar yargılardı) Venter başka donörlerin DNA'sının katılmadığı kendi saf DNA'sını analiz etmek istediğine karar verdi. Bu amaçla dört yıl boyunca sadece ve sadece onun dizilemesini yapmak için 100 milyon dolar harcayacak Genom Araştırmaları Merkezi adında yeni bir enstitü kurdu (TCAG, ha-ha).

Bunun ilk eksiksiz bireysel genom olması gerekiyordu – İGP'nin Platonik genomunun tersine, hem annenin hem de babanın genetik katkılarını ve bir insanı benzersiz yapan her rastgele mutasyonu içeren ilk genom. Ama Venter'ın grubu onun genomunu baz baz tamamlamakla dört koca yıl geçirdiği için, bir grup rakip bilim insanı bir bireyin genomunun ilk dizilemesini yapan kişiler olmak için yarışa katılmaya karar verdi. Venter'ın eski düşmanı James Watson'ın DNA dizilimini yapacaklardı. Kaderin bir cilvesiyle ikinci ekip –Jim Projesi adıyla anılıyordu– Venter'ı örnek alarak yeni, daha ucuz ve daha edepsiz dizilime yöntemleriyle ödülü kapmaya çalıştı-

---

ken MHC bölgesi dahil– üzerinde yapılan çalışmalar yıllarca devam etti. Bilim insanları bugün hâlâ temizleme ve düzeltme çalışmaları yapıyor. Küçük hatalar düzeltiliyor ve teknik nedenler yüzünden, alışılmış yöntemlere dizilenemeyen parçalar dizileniyor. (Örneğin bilim insanları fotokopi aşaması için genellikle bakterileri kullanır. Ancak insan DNA'sının bazı bölümleri bakteriyi zehirler, bu nedenle bakteriler kopyalamak yerine onları siler, bu bölümler de ortadan kaybolur.) Son olarak da bilim insanları henüz telomerlerle sentromerleri ele almamıştır. Bu parçalar kromozomların uç ve orta tutunma noktalarını oluşturur, bu bölgeler geleneksel DNA dizileyicilerinin anlam çıkaramayacağı kadar çok tekrarlarla doludur.

O halde neden bilim insanları 2003'te genomun dizilenmesinin tamamlandığını söylediler? Dizileme o noktada makul bir biçimde tamamlanmış olarak tanımlanabilirdi: Gen içeren DNA bölgelerinin yüzde doksan beşinde, 10.000 bazda bir hatadan daha az hatayla karşılaşılmıştı. Ancak halkla ilişkiler açısından bir bu kadar önemli bir şey daha vardı: 2003, Watson ve Crick'in çift sarmalı keşfedişinin ellinci yıldönümüydü.

lar. Watson'ın tüm genomunu, iki milyon dolar civarında son derece mütevazı bir miktar harcayarak dört ayda çıkardılar. Venter da kendine yakışacak şekilde yenilgiyi kabul etmedi ama bu ikinci genom yarışı da muhtemelen kaçınılmaz olarak, bir başka beraberlikle sona erdi: iki ekip 2007 yazının ortalarında neredeyse birkaç gün farkıyla, kendi dizilimlerini internette yayınladı. Jim Projesi'nin hızlı makineleri dünyayı hayrete uğratmıştı ama Venter'ın dizilimi bir kez daha çoğu araştırma için daha isabetli ve daha yararlı olduğunu gösterdi.

(Statü hamleleri de henüz sona ermemiştir. Venter halen etkin biçimde araştırma yaparak, günümüzde [mikroplardan gen gen DNA çıkararak] hayat için gerekli asgari genomu belirlemeye çalışıyor. Bu hareketi ne kadar gösteriş gibi görünse de bireysel genomunu yayınlamak onu Nobel ödülü için avantajlı konuma getirmiş olabilir, geç saatlerde içilen köpüklü biralar eşliğinde bilim insanlarının yapmaya bayıldığı dedikodular, bu onura ulaşmak istediğini söylüyor. Bir Nobel en fazla üç kişi arasında paylaştırılabilir ama Venter, Collins, Sulston, Watson ve başkaları da haklı olarak bir Nobel talebinde bulunabilir. İsveç Nobel komitesi Venter'ın uygunsuz davranışlarını görmezden gelmek zorunda kalacaktır ama eğer çalışmalarındaki tutarlı mükemmellik nedeniyle ona tek başına Nobel verirse Venter her şeye rağmen genom savaşını kazandığını iddia edebilir.[86])

86- Öte yandan, eğer Nobel'i alamazsa bu Venter'ın itibarını ilginç bir biçimde destekleyebilir. Nobel'i kaybetmesi dışarıdan biri olarak (bu da onu pek çok kişi için çekici hale getirmişti) konumunu doğrulayacak ve tarihçilere kuşaklar boyu tartışacakları malzeme verecektir. Venter'ı İGP hikayesinde baş kahraman haline getirebilir.

Watson'ın adı Nobel tartışmalarında sıkça geçmez ama Kongre'yi ve ülkedeki genetikçilerin çoğunu dizilemeye fırsat vermeye zorladığı için bir Nobel'i hak eder. Bununla birlikte Watson'ın son zamanlardaki gafları, özellikle Afrikalıların zekasıyla ilgili küçümseyici yorumları (bu konuyu daha sonra açacağız) Nobel şansını yok etmiş olabilir. Bunu söylemem kabalık olabilir ama Nobel komitesi İGP ile ilgili herhangi bir ödül vermeden önce Watson'ın ölmesini bekleyebilir.

Watson ya da Sulston'dan biri kazanırsa bu Sulston'ın ikinci Nobeli olur ve Sanger'la birlikte tıp/fizyoloji alanında çifte Nobelli ikinci kişi olur. (Sulston Nobel ödülünü 2002'de solucanlarla yaptığı araştırmayla kazandı.) Ancak Sulston da Watson gibi tartışmalı politikalara bulaştı. Wikileaks kurucusu Julian Assange 2010'da cinsel taciz iddiasıyla tutuklandığında Sulston kefaleti için binlerce pound ödedi. Görünüşe göre Sulston'ın özgür bilgi akışına olan bağlılığı laboratuvarıyla sınırlı değildir.

O halde bütün bu İGP yarışı bilim açısından bize ne kazandırdı? Soruyu kime sorduğunuza bağlıdır.

Çoğu genetikçi hastalıkları tedavi etmeyi amaçlar. İGP'nin kalp hastalıkları, şeker hastalığı ve başka yaygın sorunlar için hangi genlerin hedef alınacağını ortaya çıkaracağından emindiler. Hatta kongre bu üstü kapalı vaat üzerine üç milyar dolar harcamıştı. Ama Venter ve diğerlerinin dikkat çektiği gibi aslında 2000'den beri genetik temelli bir tedavi ortaya çıkmadı. Yakın bir zamanda da çıkacağa benzemiyor. Collins bile güçlükle yutkunup mümkün olduğu kadar diplomatik bir şekilde, buluşların hızının herkesin sinirlerini bozduğunu kabul etti. Pek çok yaygın hastalığın çok sayıda mutasyonlu genle ilişkili olduğu ortaya çıktı ama çok sayıda geni hedef alan bir ilaç tasarlamak hemen hemen imkansızdır. Daha da kötüsü bilim insanları anlamlı mutasyonları zararsız olanlardan her zaman ayıramazlar. Bazı durumlardaysa bilim insanları hedef alınacak mutasyonları bile bulamaz. Kalıtım kalıplarına dayanarak, belirli yaygın hastalıkların belirli genetik bileşenleri olması gerektiğini biliyorlar, ama yine de bilim insanları bu hastalıklara sahip olanların genlerini aradıklarında pek az hatta hiç ortak genetik kusur bulamazlar. "Suçlu DNA" sırra kadem basmıştır.

Bu başarısızlıkların birkaç olası nedeni vardır. Belki de hastalığın gerçek sorumluları, bilim insanlarının çok iyi anlamadığı, genlerin dışındaki bölgelerde, yani kodlamayan DNA'da yatar. Belki aynı mutasyon, farklı insanlarda başka genlerle etkileşime girdiği için farklı hastalıklara yol açar. Kimi insanlarda bazı genlerin çift kopyası bulunur, belki bu tuhaf gerçek de bir biçimde hakikaten önemlidir. Belki de kromozomları parçalarına ayıran dizileme, bilim insanlarına hangi genlerin birlikte işleyebileceğini ve bunu nasıl yapacaklarını söyleyebilecek olan kromozom yapısı ve mimari değişkenlikle ilgili önemli bilgileri yok etmektedir. En korkuncu da –çünkü bu bizim temel cehaletimizi vurgular– belki de yaygın, tekil bir hastalık fikri aldatıcıdır. Doktorlar farklı insanlarda benzer semptom-

ları gördüklerinde –dalgalanan kan şekeri, eklem ağrısı, yüksek kolesterol– doğal olarak benzer nedenler olduğunu varsayarlar. Ancak kan şekeri ya da kolesterolü düzenlemek, çok sayıda genin birlikte çalışmasını gerektirir ve ardışık sıralamadaki herhangi bir gendeki mutasyon bütün sistemi bozabilir. Bir başka deyişle büyük çaplı semptomlar benzer olsa da altında yatan genetik nedenler (doktorların tanımlayıp tedavi etmesi gereken şey) farklı olabilir. (Bazı bilim insanları bunu anlatmak için Tolstoy'un sözünü değiştirerek aktarırlar: Belki bütün sağlıklı bedenler birbirine benzer, ancak her sağlıksız beden kendine özgü biçimde sağlıksızdır.) Bu nedenlerden dolayı bazı bilim insanları İGP'nin şimdiye kadar tıp alanında bir nevi başarısızlığa uğradığını" mırıldandı. Eğer öyleyse, yapmamız gereken "büyük bilim" karşılaştırması belki de Manhattan projesi değil, insanı aya götüren ama sonrasında başarısızlığa uğrayan Apollo projesi olmalı.

Her şeye rağmen şimdiye kadar tıp alanındaki eksiklikler ne olursa olsun, insan genomunun dizilimi, damlama etkisi yaratarak biyolojinin neredeyse her alanını canlandırdı, hatta bütünüyle yeniledi. DNA dizilimi daha isabetli moleküler saatlerin oluşturulmasıyla sonuçlandı ve hayvanların büyük viral DNA bölümleri barındırdığını ortaya çıkardı. Dizilim bilim insanlarının primat akrabalarımız dahil hayatın yüzlerce dalının kökenlerini ve evrimini yeniden inşa etmesine yardım etti. İnsanların küresel göçünü izlememizi sağladı ve soyumuzun tükenmesine ne kadar yaklaştığımızı gösterdi. İnsanların ne kadar az gene sahip olduğunu doğruladı (bahsi en düşük tahmin kazandı: 25.947) ve bilim insanlarını, insanların olağandışı özelliklerinin özel bir DNA sahibi olmalarından ziyade, DNA'yı özel biçimlerde düzenlemesinden ve birbirine eklemesinden kaynaklandığını anlamaya zorladı.

En sonunda, tam bir insan genomunun elimizde olması –özellikle de Watson ve Venter'ın bireysel genomlarının olması– pek çok bilim insanının dizilim yarışında gözden kaçırdığı bir noktayı vur-

guladı: Bir genomu okumakla anlamak arasındaki farkı. İki adam da genomlarını yayınlayarak çok büyük riske girdi. Bilim insanları dünyanın dört bir yanında harf harf onları inceledi, kusur ya da utandırıcı bir sır aradı. Her iki adam da bu riske karşı farklı bir tutum benimsedi. *ApoE* geni et yeme becerimizi artırır ama aynı zamanda bazı versiyonları Alzheimer hastalığı riskini artırır. Watson'ın büyük annesi yıllar önce Alzheimer'a yakalanmıştı ve aklını yitireceği olasılığı katlanamayacağı kadar ağırdı, bu nedenle bilim insanlarından hangi *apoE* genine sahip olduğunu açıklamamalarını rica etti. (Ne yazık ki, sonuçları saklayacağına güvendiği bilim insanları bu konuda başarılı olamadı.[87]) Venter genomuyla ilgili hiçbir şeyi engellemedi, hatta kişisel tıp kayıtlarını da kullanıma açtı. Bu şekilde, bilim insanları boyu-kilosuyla ve sağlığının çeşitli yönleriyle genleri arasında bağlantı kurabilirdi. Tıbbi açıdan, tek başına genomik verinin sağlayacağından çok daha yararlı bir bilgiydi bu. Sonuç olarak, Venter'ın genleri onu başka hastalıkların yanı sıra alkolizm, körlük, kalp hastalıkları ve Alzheimer'e yatkın kılıyordu. (Daha da tuhafı Venter normalde insanlarda bulunmayan ama şempanzelerde yaygın olarak bulunan uzun DNA bölümlerine sahipti. Kimse nedenini bilmiyor ama Venter'ın düşmanlarının birtakım kuşkuları vardır elbette.) Dahası Venter'ın genomuyla Platonik İGP genomu arasındaki bir karşılaştırma, kimsenin beklemediği kadar çok sayıda sap-

87- Mike Cariaso adında amatör bir bilim insanı, genetik otostoptan yararlanarak Watson'ın *apoE* versiyonunu ifşa etti. Yine otostop yüzünden bir genin her farklı versiyonu, tamamen şansa bağlı olarak başka genlerin belirli versiyonlarıyla birleşir, bu genler onunla birlikte kuşaklar boyu seyahat eder. (Ya da yakınlarda gen yoksa genin her versiyonu en azından belirli çöp DNA'yla bağlantı kurar.) Bu nedenle birinin taşıdığı *apoE* versiyonuna bakmak istiyorsanız, *apoE*'nin kendisine ya da onun bitişiğindeki genlere bakabilirsiniz. Watson'ın genomundan bu bilgiyi temizlemekten sorumlu bilim insanları elbette bunu biliyorlardı ve *apoE* yakınındaki bilgiyi silmişlerdi. Ama yeterince değil. Cariaso bu hatayı fark etti ve Watson'ın herkesin erişebileceği DNA'sına bakarak *apoE* versiyonunu buldu.

Here Is a Human Being'de Misha Angrist'in anlattığına göre, Cariaso'nun keşfi tam bir şoktu, Cariaso'nun yabancı bir ülkede yaşayan bir aylak olması da cabasıydı. "Gerçekler kaçınılmazdı: Nobel ödüllü [Watson] 20,000+ genin arasından... birinin, yalnızca birinin açıklanmamasını istemişti. Bu görev Baylor Üniversitesi'ndeki, dünyanın en önemli genom merkezlerinden biri olan moleküler beyin vakfına bırakılmıştı... Ancak Baylon'daki ekip, zamanının çoğunu Tayland-Burma sınırında dizüstü bilgisayar dağıtımı yaparak geçiren, çocuklara program yazmayı ve Google'da arama yapmayı öğreten kendi kendini yetiştirmiş otuz yaşındaki bir üniversite mezununun kurnazlığına yenik düştü."

ma olduğunu –herhangi biri ölümcül olabilecek dört milyon mutasyon, inversiyon, insersiyon (DNA dizisine bir veya daha çok baz çiftinin eklenmesi), delesyon (silinme) ve başka beklenmedik durumlar– ortaya çıkardı. Yine de şu anda yetmiş yaşına yaklaşan Venter, bu sağlık sorunlarından kaçmayı başardı. Benzer şekilde bilim insanları Watson'ın genomunda iki yerde yıkıcı çekinik mutasyonların iki kopyasının bulunduğunu fark etmiştir – biri Usher sendromu (kurbanlarının sağır ve kör olmasına yol açar) diğeri de Cockayne sendromudur (gelişimi engeller ve insanların vaktinden önce yaşlanmasına sebep olur). Yine de seksen yaşının üzerindeki Watson'da bu sorunların hiçbiri ortaya çıkmadı.

Peki şimdi bu ne demek? Watson ve Venter'ın genomları bize yalan mı söyledi? Onları okumamızda bir hata mı var? Watson ve Venter'ın özel olduğunu düşünmemiz için ortada bir neden yoktur. Herhangi birinin genomu naif bir biçimde okunursa, onun hastalıklara, deformasyonlara ve hızlı bir ölüme mahkum olduğu düşünülebilir. Yine de çoğumuz bundan kaçmayı başarır. Görünüşe göre ne kadar güçlü olursa olsun, A-C-G-T dizisi genetik dışı faktörler (epigenetiğimiz dahil) tarafından ihlal edilebilir.

15

Haydan Gelen Huya mı Gider?

İkizler Neden Birbirinin Aynı Değildir?

ÖNEK OLAN *EPİ-* BİR ŞEYİN BAŞKA BİR ŞEYİN üzerinde taşındığını ima eder. Epifit bitkiler başka bitkilerin üzerinde büyür. Kitabeler ve epigraflar mezar taşlarının ve uğursuz kitapların üzerinde belirirler. Ot gibi yeşil şeyler ışık dalgalarını 550 nm'de yansıtırlar (fenomen) ancak beyinlerimiz bu ışığı *renk*, anı ve duygu yüklenmiş bir şey (bir epifenomen) olarak kaydeder. İnsan Genom Projesi'nden sonra bilim insanları bazı açılardan neredeyse eskisinden bile daha az şey biliyorlardı: Nasıl olurdu da bazı üzümlerde olduğundan bile daha az sayıda, yirmi iki bin değersiz gen karmaşık insanları yaratabilirdi? Bu nedenle genetikçiler, gen düzenlemesi ve *epi*genetik dahil, gen-çevre etkileşimleri vurgusunu yenilemişlerdir.

Genetik gibi epigenetik de belirli biyolojik özelliklerin nesilden nesile aktarılmasını içerir ancak genetik değişikliklerin tersine, epigenetik değişiklikler fiziksel bağlantılı A-C-G-T dizisini değiştirmez. Bunun yerine epigenetik kalıtım, hücrelerin DNA'ya nasıl eriştiğini, onu nasıl okuyup kullandığını etkiler. (DNA genlerini donanım, epigenetiği ise yazılım olarak düşünebilirsiniz.) Biyoloji çoğu zaman çevre (yetişme) ve genler (doğa) arasında bir ayrım yapsa da, epigenetik doğa ve çevreyi yeni yollarla birleştirir. Epigenetik bazen çevre kısmını kalıtım yoluyla alabileceğimizi bile ima eder; yani anne

ve babalarımızın (ya da büyükannelerimizle büyükbabalarımızın) yediği, soluyarak aldığı ve katlandığı şeylerin biyolojik anılarını kalıtım yoluyla alırız.

Doğrusunu söylemek gerekirse gerçek epigenetiği (ya da "yumuşak kalıtımı") diğer gen-çevre etkileşimlerinden ayırmak zordur. Ayrıca epigenetik geleneksel olarak çeşitli görüşlerin toplamından oluşur; bilim insanlarının buldukları her garip kalıtım şemasını attıkları yerdir burası. Her şey bir yana epigenetiğin açlık, hastalık ve intiharla dolu lanetli bir tarihi vardır, ancak başka hiçbir alan insan biyolojisinin nihai hedefine ulaşmak konusunda –İGP'nin moleküler ufak ayrıntılarından insanın geniş çaplı tuhaflıkları ve özgünlüğünü anlamaya giden adımı atmak– onun kadar umut vermez.

Ancak gelişmiş bir bilim olmasına rağmen epigenetik aslında biyolojideki eski bir tartışmayı canlandırır, ateşli tartışmacıları ise Darwin'den önce yaşamış Fransız Jean-Baptiste Lamarck ve eski dostumuz Baron Cuvier'dir.

Darwin nasıl bilinmeyen bir türü (deniz kabuklularını) inceleyerek isim yaptıysa, Lamarck da *vermes* ile deneyim kazandı. *Vermes* sözcüğü, "solucanlar" olarak çevrilir ama o dönemde deniz anası, sülükler, sümüklüböcekler, ahtapotlar ve doğa bilimcilerin sınıflandıracak kadar eğilme zahmetine girmediği başka kaygan şeyleri de içeriyordu. Meslektaşlarından daha hassas ve titiz olan Lamarck benzersiz özelliklerini vurgulayarak ve onları farklı bir şubeye (phyla) ayırarak bu yaratıkları taksonomik belirsizlikten kurtardı. Kısa bir süre sonra bu hayvan grubu için *omurgasızlar* (*invertebrates)* terimini buldu ve 1800'de daha iyisini yapıp bütün çalışma alanı için *biyoloji* terimini uydurdu.

Lamarck dolambaçlı yollardan *biyolog* oldu. Israrcı babası ölür ölmez Lamarck papaz okulundan ayrıldı, yaşlı bir at aldı ve yalnızca on yedi yaşındayken dört nala Yedi Yıl Savaşı'na katılmaya koş-

tu. Kızı daha sonra Lamarck'ın orada kendini göstererek subaylığa yükseldiğini iddia etti, ama o çoğu zaman babasının başarılarını abartırdı. Yine de teğmen Lamarck'ın kariyeri utanç verici bir biçimde sona erdi: Oynadıkları bir oyun esnasında, adamları kafasından tutup kaldırdıkları Lamarck'ı sakatlamıştı. Ordunun kaybı biyolojinin kazancıydı, Lamarck çok geçmeden ünlü bir botanikçi ve vermolojist oldu.

Solucanları incelemekle tatmin olmayan Lamarck evrim hakkında tumturaklı bir kuram (ilk bilimsel olanı) tasarladı. Kuram iki bölümden oluşuyordu. Genel kısmı evrimin nedenini açıklıyordu: Lamarck'ın öne sürdüğüne göre bütün canlıların kendilerini "kusursuzlaştırmak", daha karmaşık olmak, memelilere daha çok benzemek için "iç dürtüleri" vardı. İkinci kısım evrimin mekaniğini, yani nasıl gerçekleştiğini ele alıyordu. Modern epigenetikle en azından kavramsal olarak örtüşen kısmı da burasıdır. Çünkü Lamarck

Jean-Baptiste Lamarck muhtemelen ilk bilimsel evrim kuramını ortaya koymuş kişidir. Yanılmış olsa bile kuramı bazı açılardan modern epigenetik bilimini andırır. (Louis-Leopold de Boilly)

canlıların çevrelerine tepki olarak davranışlarını ya da biçimlerini değiştirdiklerini ve daha sonra bu edinilmiş özellikleri soylarına aktardıklarını söylüyordu.

Örneğin Lamarck kıçlarını kuru tutmaya çalışan dalıcı sahil kuşlarının bacaklarını her gün mikroskobik olarak uzattıklarını, en sonunda kalıtım yoluyla yavrularına geçen daha uzun bacaklar edindiklerini öne sürüyordu. Benzer şekilde zürafalar ağaçların en üst yapraklarına uzanarak uzun boyunlar edinmiş ve bunları yavrularına geçirmişti. Varsayıma göre bu, insanlarda da aynı şekilde işliyordu: Yıllar boyu çekiç sallayan demirciler, etkileyici kas yapılarını çocuklarına geçiriyorlardı. Lamarck'ın canlıların daha uzun vücut uzantıları, hızlı bacaklar ya da her neyin avantajı varsa onunla *doğduğunu* söylemediğini belirtelim. Bunun yerine canlılar bu özellikleri geliştirmek için çalışıyorlardı. Ne kadar çok çalışırlarsa da, çocuklarına o kadar iyi yetenekler geçiriyorlardı (Burada Weber ve Protestan iş ahlakının gölgeleri görülebilir.) Hiçbir zaman alçakgönüllü bir adam olmayan Lamarck, kuramının "kusursuzlaştığını" 1820 civarında ilan etti.

Yirmi yıl boyunca hayat hakkındaki bu büyük metafizik kavramları kuramsal olarak inceledikten sonra, Lamarck'ın somut fiziksel yaşamı çökmeye başladı. Edinilmiş özellikler kuramı bazı meslektaşlarını hiçbir zaman etkilemediği için akademik konumu her zaman sallantılı olmuştu. (Üstünkörü olsa da güçlü bir karşı görüş, Yahudi erkek çocuklarının üç bin yıllık kesip biçmeden sonra hâlâ sünnet olmalarının gerekmesiydi.) Gözleri de yavaş yavaş kör olan Lamarck, 1820'den kısa bir süre sonra "böcekler, solucanlar ve mikroskobik hayvanlar" profesörü olarak emekliye ayrılmak zorunda kaldı. Ne ünü ne de parası vardı, bu nedenle kızının bakımına muhtaç, yoksul bir adam haline geldi. 1829'da öldüğünde parası yalnızca "kiralık bir mezar"a yetiyordu. Bu da *vermes*'den kalanların yalnızca beş yıllık bir istirahatten sonra yeni müşteriye yer açmak için Paris katakomplarına gönderilmesi anlamına geliyordu.

Ama Lamarck'ı ölümden sonra bir baronun lütfu sonucunda

daha büyük bir hakaret bekliyordu. Cuvier ve Lamarck, devrim öncesi Paris'inde ilk kez karşılaştıklarında dost olarak olmasa bile iyi niyetli meslektaşlar olarak işbirliği yapmışlardı. Ancak Cuvier yaradılış olarak Lamarck'ın neredeyse tam tersiydi. Cuvier'nin tek istediği bulguydu, spekülasyon kokan her şeye –temel olarak Lamarck'ın bütün son çalışmaları– güvensizlik duyuyordu. Cuvier evrimi de doğrudan reddediyordu. Hamisi Napolyon, Mısır'ı işgal ettiğinde hayvan freskleri, kedi, timsah, maymun gibi canlıların mumyaları dahil tonlarca bilimsel ganimet getirmişti. Cuvier evrimi dikkate almıyordu çünkü bu türler belli ki binlerce yıl boyunca değişmemişti, binlerce yıl da o zamanlar dünyanın ömrünün büyük bir bölümü gibi görünüyordu.

Cuvier kendini bilimsel çürütmelerle sınırlamadı ve Lamarck'ı gözden düşürmek için siyasi gücünü de kullandı. Çok sayıdaki becerisinin arasında Fransız bilim akademisi için anma konuşmaları yazmak da vardı ve bu anma konuşmalarını ölmüş meslektaşlarına çok belirsizce zarar vermek üzere tasarlardı. Hafif bir övgüyle zehirleyerek, Lamarck'ın ölüm ilanını merhum meslektaşının haşarata olan bağlılığını överek açtı. Yine de dürüstlük uyarınca, sevgili dostu Jean Baptiste'in evrim hakkında gereksiz tahminlerle uğraştığını belirtmek zorundaydı. Baron Cuvier, Lamarck'ın yadsınamaz kıyaslama yeteneğini de onun aleyhine kullanmış, makalesine elastik zürafalar ve ıslak pelikan kıçlarının karikatürlerini serpiştirmişti, bunlar da kalıcı olarak Lamarck'ın adıyla özdeşleşti. "Böyle temellere dayanan bir sistem bir şairin hayal gücünü oyalayabilir," diye özetliyordu Cuvier, "ama bir eli, iç organı hatta bir tüyü parçalayıp üzerinde çalışan birinin incelemesi karşısında bir an bile ayakta kalamaz." Genel olarak bu "anma", bilim tarihçisi Jay Gould'un ona yakıştırdığı "zalim başyapıt" unvanını hak eder. Ama ahlaki değerler bir yana bırakılıp Baron'un hakkı teslim edilmelidir. Çoğu kişi için anma konuşması yazmak can sıkıcı bir işten başka bir şey değildir. Cuvier bu küçük yükten büyük bir güç yaratıp faydalanacak ve bu işin altından kalkacak zekaya sahipti.

Cuvier'nin eleştirisinden sonra birkaç romantik bilim insanı Lamarkçı çevresel esneklik vizyonuna inanmaya devam etti. Mendel gibi başkaları ise Lamarck'ın kuramlarını eksik buldu; ancak pek çok kişi karar vermekte zorlandı. Darwin, Lamarck'ın kendisinden önce bir evrim kuramı önerdiğini kabul etti ve onun "haklı olarak ün kazanmış bir doğa bilimci" olduğunu yazdı. Darwin bazı edinilmiş özelliklerin (bazen, sünnet edilmiş penisler de dahil) gelecek soylara aktarılabileceğine inanıyordu. Aynı zamanda Darwin, dostlarına yazdığı mektuplarda Lamarck'ın kuramını "tam bir saçmalık" ve "son derece zayıf: ne bir fikir ne de bir olgu içeriyor" diye niteliyordu.

Darwin'in şikayetlerinden biri de canlıların Lamarck'ın edinilmiş özellikleriyle değil doğuştan gelen sabit özelliklerle avantaj kazandıkları inancıydı. Darwin aynı zamanda evrimin ağır işleyişini de vurguluyordu, her şey uzun sürmüştü çünkü doğuştan gelen özellikler, yalnızca avantajlara sahip canlılar ürediğinde yayılabilirdi. Lamarck'ın canlılarıysa bunun tersine, kendi evrimlerini kontrol edebiliyordu, uzun kol ya da bacaklar ya da iri kaslar bir nesil içinde her yere hızla yayılabilirdi. Daha da kötüsü Darwin ve diğerleri için Lamarck tam olarak, biyologların alanlarından sonsuza kadar atmak istedikleri[88] boş bir telolojiyi –kendilerini evrim yoluyla kusursuzlaştıran ve amaçlarını yerine getiren mistik hayvan kavramı– yüceltiyordu.

Lamarck'ın aleyhinde olan başka bir şey daha vardı. Darwin sonrası kuşak, bedenin normal hücrelerle sperm ve yumurta hücrelerini kesin bir çizgiyle ayırdığını buldu. Bu nedenle eğer bir demirci, Atlas'ın göğüs ve karın kaslarına bile sahip olsa bunun hiçbir anlamı yoktu. Spermler kas hücrelerinden bağımsızdı ve demircinin

88- Tarihin garip bir espri anlayışı vardır. Darwin'in büyükbabası Erasmus Darwin bir doktordu. Lamarck'ınkine benzeyen, bağımsız ve oldukça tuhaf bir evrim kuramı yayımlamıştı (üstelik de dizeler biçiminde). Hatta Samuel Taylor Coleridge böyle spekülasyonları küçümsemek için "Darwinleme" sözcüğünü bile uydurmuştu. Ailenin, dindarları kızdırma geleneğini de başlatan Erasmus'tu, eseri papalığın yasaklı eserler indeksinde yer almıştı.

Bir başka ironiyse, Cuvier öldükten hemen sonra Lamarck'ı karaladığı gibi, kendisinin de karalanmasıdır. Görüşlerine dayanarak Cuvier kalıcı bir biçimde afetçilikle ve doğa tarihine evrimcilik karşıtı bir bakış sunmakla ilişkilendirildi. Bu nedenle Charles Darwin'in kuşağı, geri kafalı eski düşünceyi temsil edecek bir örneğe ihtiyaç duyduğunda balkabağı kafalı Fransız bunun için kusursuz bir adaydı. Cuvier'nin itibarı bugün bile bu saldırılardan zarar görür. İntikam tatlıdır.

spermleri DNA açısından cılızsa, o zaman çocukları da cılız olabilirdi. 1950'lerde bilim insanları bu bağımsızlık görüşünü vücut hücrelerinin, kalıtımda önemi olan tek DNA'yı, sperm ya da yumurta hücrelerindeki DNA'yı değiştiremeyeceğini kanıtlayarak güçlendirdi. Lamarck dirilmemek üzere ölmüş görünüyordu.

Ancak son on-yirmi yılda *vermes* geri döndü. Bilim insanları artık kalıtımı daha akışkan görüyor ve genlerle çevre arasındaki bariyerler de daha gözenekli hale geldi. Artık her şey genlerle ilgili değil; genlerin ifadesi, etkinleşmesi ya da kapanması da işin içine girdi. Hücreler genellikle metil grupları denen küçük çıkıntılarla nokta nokta kaplayarak DNA'yı devre dışı bırakır ya da asetil grupları kullanarak DNA'yı makara proteininden çözerek açarlar. Bilim insanları, hücrelerin bölündüğünde bu metil ve asetillerin belirli örüntülerini yavru hücrelere geçirdiklerini artık biliyor, bu bir tür hücresel bellektir. (Gerçekten de bilim insanları bir zamanlar nöronlardaki metillerin beyinlerimizde anıları fiziksel olarak kaydettiğini düşünüyorlardı. Bu doğru değildir, ancak metiller ve asetiller anıların oluşumuna müdahale edebilir.) Burada kilit nokta kalıplardır, çoğunlukla sabit olmalarına rağmen kalıcı değildirler: Belirli çevresel deneyimler metiller ve asetilleri ekleyip çıkararak bu kalıpları değiştirebilir. Gerçekte bu, organizmanın yaptığı ya da yaşadığı şeylerin anısını hücreye kazır: Lamarck benzeri bir kalıtımın en önemli ilk adımı...

Ne yazık ki hücrelere iyi deneyimler kazınabildiği gibi kötü deneyimler de kazınabilir. Yoğun duygusal acı yüzünden bazen memeli beyni, metil gruplarını olmamaları gereken bir yere ekleyen nörokimyasallarla dolar. Yavruyken başka farelerin zorbalığıyla karşılaşan fareler (kulağa ne kadar çelişkili gelse de) çoğu zaman beyinlerinde bu garip metil kalıpları taşır. Anneleri (hem biyolojik hem de onları yetiştiren anne) tarafından ihmal edilen, yalanmayan ya da beslenmeyen yavru farelerde de aynı kalıplar bulunur. Bu ihmal edilmiş fareler yetişkinliklerinde stresli durumlar yaşayınca çökerler, bu çöküş zayıf genlerin bir sonucu olamaz çünkü biyolojik çocuklar da

üvey çocuklar da aynı aşırı duygusallığı sergiler. Onun yerine anormal metil kalıpları öncesinde damgalanmıştır, nöronlar bölünmeye ve beyin büyümeye devam ettikçe bu kalıplar kendi kendilerini kalıcı hale getirirler. 11 Eylül 2011'de olanlar henüz doğmamış insanların beyinlerinde de aynı şekilde iz bırakmış olabilir. Manhattan'daki bazı hamile kadınlar post-travmatik stres bozukluğu yaşadı, bu da beyin genleri dahil en az bir düzine geni epigenetik olarak açabilir ya da kapatabilir. Bu kadınların, özellikle de hamileliğin son üç ayında olanların çocukları garip uyarıcılarla karşı karşıya kaldıklarında diğer çocuklardan daha fazla kaygı ve akut sıkıntı hissediyordu.

Bu DNA değişimlerinin *genetik* olmadığını belirtelim, çünkü A-C-G-T dizisi baştan sona aynı kalır. Ama epigenetik değişimler fiili mutasyonlardır, genler adeta işlevini yitirmiştir. Tıpkı mutasyonlar gibi epigenetik değişimler de hücrelerde ve yavrularında yaşamaya devam eder. Gerçekten de yaşlandıkça giderek daha çok sayıda kendimize özgü epigenetik değişim biriktiririz. Bu da DNA'ları aynı olmasına rağmen tek yumurta ikizlerinin kişiliklerinin, hatta fizyonomilerinin her yıl daha çok farklılaşmasını açıklar. Bu da bir ikizin cinayet işleyip ikisinin birden yakayı sıyırdığı –çünkü DNA testleri onları birbirinden ayıramaz– detektif hikayesi klişesinin her zaman geçerli olmayacağı anlamına gelir. Epigenomları onları mahkum edecektir.

Elbette bütün bu kanıtlar, yalnızca vücut hücrelerinin çevresel ipuçlarını kaydettiğini ve başka vücut hücrelerine geçirebildiğini gösterir, bu bir tür sınırlı kalıtımdır. Normalde sperm ve yumurta birleştiğinde embriyolar bu epigenetik bilgiyi siler, sizin *siz* olmanıza izin verir, annenizin babanızın yaptığı şeyin yükünden sizi kurtarır. Ama başka kanıtlar epigenetik değişimlerin, hata ya da hileyle bazen yeni kuşak eniklere, civcivlere ya da çocuklara kaçak olarak geçtiğini gösteriyor. Bu da gerçek Lamarkçılığa, Cuvier ve Darwin'in dişlerini gıcırdatmasına sebep olacak kadar yakındır.

Bilim insanları bu epigenetik kaçakçılığı ilk kez İsveç ve Finlandiya arasındaki bir tarım köyü olan Överkalix'te saptadı. 1800'lerde burası büyümek için zorlu bir yerdi. Hanelerin yüzde yetmişinde beş ya da daha fazla (bunların yüzde yirmi beşindeyse on ya da fazla) çocuk vardı, bütün bu insanlar çoğu ailenin güçlükle sahip olabildiği iki dönüm kıraç araziden beslenmek zorundaydı. Altmış altı derece kuzey enleminin üzerinde, hava koşullarının mısır ve diğer mahsulleri her beş yılda bir harap etmesi de cabasıydı. Bazı dönemlerde, örneğin 1830'ların bir bölümünde, birkaç yıl üst üste hiç mahsul alamadılar. Yöre papazı bu olayları Överkalix'in yıllık kayıtlarına neredeyse bir delinin metanetiyle geçirmişti. "Söyleyecek olağandışı bir şey yok," diye gözlemlemişti bir keresinde. "Ama bu mahsul alamadığımız [üst üste] sekizinci yıl."

Doğal olarak her yıl bu kadar kötü değildi. Belirli aralıklarla toprak insanlara bolca yiyecek sunuyordu, hatta on beş kişilik aileler bile tıka basa karınlarını doyurup kıtlık zamanlarını unutabiliyordu. Ama mısırın çürüdüğü, sık İskandinavya ormanları ve donmuş Baltık Denizi yüzünden erzakların Överkalix'e ulaşmadığı o karanlık kışlarda insanlar ineklerle domuzları kesip dayanmaya çalışıyordu.

Hudut bölgeleri için oldukça tipik olan bu hikaye, birkaç İsveçli bilim insanı olmasa muhtemelen unutulup gidecekti. Bilim insanlarının Överkalix'le ilgilenmelerinin nedeni, kıtlık gibi çevresel faktörlerin hamile bir kadının çocuğunu uzun vadede sağlık sorunlarına yatkın bir hale getirip getirmeyeceğini öğrenmek istemeleriydi. Bilim insanları bunu düşünürken, Almanya işgali altındaki Hollanda'da 1944–45 *Hongerwinter*'ında yaşanan kıtlık sırasında ve hemen sonrasında doğan 1800 çocuk üzerinde yapılan araştırmayı temel alıyordu. O mevsim, sert hava koşulları kanalları dondurarak kargo gemilerinin geçişini engelledi. Hollanda'ya son bir iyilik olarak da Naziler kara yoluyla yardım gelebilecek yolları ve köprüleri yakıp yıktı. 1945 ilkbaharının başlarında Hollandalı bir yetişkine düşen günlük gıda beş yüz kaloriye kadar düştü. Bazı çiftçiler ve sığınmacılar (aralarında savaş sırasında Hollanda'da kapana kı-

sılan Audrey Hepburn ve ailesi de vardı) lale soğanlarını kemirmeye başladı.

Mayıs 1945'te işgalin sona ermesinden sonra gıda payı iki bin kaloriye yükseldi ve bu artış doğal bir deney ortamı oluşturdu: Bilim insanları kıtlık sırasında rahme düşen ceninlerle kıtlık sonrası gebe kalan kadınların ceninlerini karşılaştırıp hangisinin sağlıklı olduğunu görebilirdi. Tahmin edildiği gibi kıtlık çeken ceninler genel olarak daha küçük ve zayıf bebeklerdi, ancak sonraki yıllarda da şizofreni, obezite ve şeker hastalığı bu çocuklar arasında yüksek oranlardaydı. Bebekler aynı temel gen havuzundan geldiği için farklılıklar muhtemelen epigenetik programlamadan kaynaklanıyordu: Yiyecek yoksunluğu, rahmin (bebeğin çevresi) kimyasını değiştiriyor, bu nedenle belirli genlerin ifadesini değiştiriyordu. Altmış yıl sonra bile, doğum öncesi kıtlık çekenlerin epigenomları önemli derecede farklı görünüyordu ve Leningrad kuşatması, Nijerya'daki Biafra krizi ve Mao dönemi Çin'indeki Uzun Yürüyüş gibi başka kıtlıkların kurbanları da uzun vadede benzer etkiler göstermişti.

Ancak Överkalix'te sık sık meydana gelen kıtlık nedeniyle bilim insanları daha da ilgi çekici bir şey araştırma fırsatını yakaladıklarını fark ettiler: Epigenetik etkiler birkaç kuşak boyunca devamlılık gösterebilir miydi? İsveç kralları uzun zaman boyunca (bağlılık yeminini kimsenin çiğnememesi için) her köyden mahsul kayıtlarını talep etmişti, bu nedenle Överkalix'in tarım verileri 1800'den çok önceye gidiyordu. Bilim insanları bu verileri, yerel Luteryen kilisesinin tuttuğu titiz ölüm, doğum ve sağlık kayıtlarıyla eşleştirebilirdi. Üstelik Överkalix'in dışarıyla pek az genetik alışverişi vardı. Donma tehlikesi ve ağır yerel aksan nedeniyle buraya yerleşen İsveç ve Lapon sayısı azdı. Bilim insanlarının takip ettiği 320 kişi arasından yalnızca dokuzu Överkalix'i daha iyi bir yere göç etmek üzere terk etmişti, bu nedenle bilim insanları aileleri uzun yıllar boyunca izleyebilirdi.

İsveç ekibinin bulduğu şeyler arasında bazıları (örneğin annenin beslenmesi ve çocuğun gelecekteki sağlığı arasındaki ilişki) son derece anlamlıydı. Özellikle de çocuğun gelecekteki sağlığıyla *babanın*

beslenme biçimi arasında güçlü bir bağlantı buldular. Baba çocuğu karnında taşımadığı için doğal olarak herhangi bir etki sperm yoluyla geçmiş olmalıydı. Daha da tuhafı baba açlıkla karşı karşıya kalırsa çocuğun sağlığında bir artış oluyordu. Eğer baba karnını doyurduysa, çocukların daha fazla sayıda hastalığa maruz kaldıkları kısa ömürleri oluyordu.

Babaların etkisi o kadar güçlüydü ki, bilim insanları izleri babanın babasına kadar takip edebiliyordu, eğer büyükbaba Harald açlık çektiyse, torunu Olaf bundan yararlanıyordu. Üstelik bunlar göze çarpmayan etkiler de değildi. Harald aşırı yemek yediyse Olaf'ın şeker hastalığına yakalanma riski dört kat artıyordu. Eğer Harald kemerleri sıktıysa, Olaf ortalama otuz yıl daha fazla yaşıyordu (toplumsal farklılıklar ayarlandıktan sonra). Dikkat çekici bir biçimde bu etki, kıtlık ya da açgözlülüğün büyükbaba üzerindeki etkisinden çok daha büyüktü: Açlık çeken büyükbabalar, tıka basa yiyen büyükbabalar ve tam ayarında yiyen büyükbabalar hepsi de aynı yaşa, yetmişine kadar yaşıyordu.

Baba/büyükbaba etkisi genetik açıdan anlamlı değildi. Açlık ebeveynin ya da çocuğun, doğumda belirlenen DNA dizilimini değiştiremezdi. Suçlu çevre de değildi. Açlık çeken erkeklerin hepsi de farklı yıllarda evlenip çocuk sahibi olmuştu, bu nedenle çocukları ve torunları kimi iyi kimi kötü farklı zaman dilimlerinde büyümüştü, yine de hepsi, babaları ya da büyükbabaları açlık çektiği sürece bundan yararlanmıştı.

Ama etki epigenetik açıdan anlamlı olabilir. Yine asetil ve metil açısından zengin gıdalar genleri açıp kapatabilir, böylece doymak ya da açlık çekmek metabolizmayı düzenleyen DNA'yı kapatabilir ya da açabilir. Bu epigenetik şalterlerin kuşaktan kuşağa nasıl geçtiğine gelince, bilim insanları açlığın zamanlamasında bir ipucu buldu. Ergenlik ve bebeklik yıllarında ya da doğurganlığın en üst seviyede olduğu yıllarda çekilen açlık, bunların hiçbiri bir erkeğin çocuğu ya da torununun sağlığı açısından önemli değildi. Önemli olan tek şey "yavaş büyüme dönemi"nde, ergenlikten hemen önceki dokuz ya-

şından on iki yaşına kadar olan dönemde aşırı yiyip yemediği ya da açlık çekip çekmediğiydi. Bu dönemde erkekler, sperme dönüşecek hücre stokunu bir kenara koymaya başlarlar. Yani yavaş büyüme dönemi bir kıtlık ya da bolluk dönemine denk geldiğinde ön-sperm olağandışı metil ve asetil kalıplarıyla damgalanacak, bu kalıplar da zamanla asıl sperme kazınacaktır.

Bilim insanları hâlâ Överkalix'te olanların moleküler ayrıntılarını çözmeye çalışıyor. Ancak insanlarda yumuşak ebeveyn kalıtımı üzerine yapılan bazı araştırmalar sperm epigenetiğinin derin ve kalıtsal etkileri olduğu düşüncesini destekler. On bir yaşından önce sigara içmeye başlayan erkeklerin çocukları, özellikle de erkek çocukları, (ilkokulda başlayanlar bu alışkanlığı bir süre sonra bıraksa bile) sigaraya daha geç başlayanların çocuklarına kıyasla daha tıknaz olacaktır. Benzer şekilde Asya ve Afrika'daki betel cevizinin etli kısmını (*cappuccino* ayarında bir uyarıcı) çiğneyen milyonlarca erkek, kalp hastalığı ve metabolik hastalık riski iki kat fazla olan çocuklara sahip olur. Nörobilimciler her zaman sağlıklı beyinlerle psikozlu beyinler arasındaki anatomik farklılıkları bulamasa da şizofren ve manik depresiflerin beyinlerinde ve spermlerinde farklı metil kalıpları olduğunu saptamışlardır. Bu sonuçlar ışığında, bilim insanları zigotun sperm (ve yumurtadan) bütün çevresel etkileri silip temizlediği varsayımını yeniden gözden geçirmek zorunda kaldı. Görünüşe göre, babaların biyolojik kusurları çocuklarına ve onların çocuklarına geçebilir.

Spermin çocuğun uzun vadedeki sağlığını belirlemede öncelikli rol oynaması muhtemelen yumuşak kalıtım meselesinin en ilginç boyutudur. Halk arasında annenin hamileliği sırasında kötü şeyler, örneğin tek kollu bir adam görmesinin yıkıcı etkileri olduğuna inanılıyordu, modern bilim babanın izlenimlerinin de en az bu kadar, hatta çok daha önemli olduğunu söylüyor. Yine de ebeveyne özgü bu etkiler tamamıyla beklenmedik değildi, çünkü bilim insanları anne ve babanın DNA'sının çocuklara eşit katkıda bulunmadığını biliyordu. Eğer erkek aslanlar dişi kaplanlarla çiftleşirse sonuç-

ta bir *liger* ortaya çıkar: Ortalama bir ormanlar kralının iki katı ağırlığında, boyu altı metreyi geçen bir kedi. Ama bir erkek kaplanla dişi aslanın birleşmesi sonucunda doğan *tiglon* bu kadar haşmetli olmaz. (Diğer memeliler de benzer uyumsuzluklar gösterir. Bu da İlya İvanov'un dişi şempanzeleri ya da insan kadınları gebe bırakma çabalarının umduğu kadar simetrik olmadığını gösterir.) Bazen anne ve baba DNA'sı ceninin kontrolü için düpedüz savaşa girişir. Örneğin *igf* genine bakalım.

Neyse ki bu kez gen adının açılımı anlamlıdır: *igf*'in açılımı "insülin benzeri büyüme faktörü"dür ve rahimdeki çocukların, büyümedeki dönüm noktalarına normalden önce ulaşmasına yol açar. Babalar, hızla büyüyerek genlerini bir sonraki nesle daha çabuk ve daha sık aktaracak iri, sağlam bir bebek yapmak için çocuğun her iki *igf* geninin çalışmasını isterken, anneler ilk bebeğin iç organlarını ezmemesi ve başka çocuk yapamadan doğum sırasında kendisini öldürmemesi için *igf*'leri dizginlemek ister. Bu nedenle kaloriferin ısı ayarı yüzünden kavga eden yaşlı çiftler gibi, spermler *igf*'lerini etkin konuma getirmeye eğilimliyken, yumurtalar kendilerine ait olanı kapatır.

İçimizde başka yüzlerce "damgalanmış" gen, hangi ebeveynden geldiğine göre kendini etkinleştirir ya da kapatır. Craig Venter'ın genomundaki genlerin yüzde kırkı, baba/anne farklılıklarını sergiliyordu. Aynı DNA bölümünün silinmesi, annenin mi yoksa babanın mı kromozomunun kusurlu olduğuna bağlı olarak farklı hastalıklara yol açabilir. Bazı damgalanmış genler zamanla taraf bile değiştirebilir. Farelerde ve (tahminen insanlarda) çocukken beynin kontrolünü anne genleri ele geçirirken, daha sonra kontrol baba genlerine geçer. Hatta doğru "epigender" damgalaması olmadan muhtemelen hayatta kalamazdık. Bilim insanları iki çift erkek ya da iki çift dişi kromozomu olan fare embriyoları planlayabilir, geleneksel genetiğe göre bu çok zor bir iş sayılmaz. Ama bu çift cinsiyetli embriyolar rahimde ölür. Bilim insanları embriyoların hayatta kalmasına yardım etmek için karşı cinsten birkaç hücre karıştırdılar. Erkek[2]'ler

büyük Botero bebeklerine dönüştü (*igf* sayesinde) ama beyinleri küçüktü. Dişiler[2] küçük bedene ama aşırı büyük beyinlere sahipti. O halde Einstein ve Cuvier'nin beyin boyutları arasındaki farklılıklar, erkeklerdeki kellik yapısı gibi ebeveynin soyundaki gariplikten başka bir şey olmayabilir.

Kaynak ebeveyn etkisi denen şey de şimdiye kadar gerçekleşen en muazzam bilimsel sahtekarlıklardan birine olan ilgiyi canlandırdı. Epigenetiğin incelikleri düşünülürse –bilim insanları bu konuya son yirmi yılda hakim olmuştur– bu kalıplara uzun zaman önce rastlayan bir bilim insanının, bırakın meslektaşlarını ikna etmeyi, sonuçlarını yorumlamakta bile zorluk çekeceğini hayal edebilirsiniz. Avusturyalı biyolog Paul Kammerer bilimde, aşkta, siyasette ve hemen her şeyde bocaladı. Ama bugün birkaç epigenetikçi onun hikayesini, belki de zamanından önce yapılmış bir keşfin dokunaklı bir hatırlatıcısı olarak görürler.

Paul Kammerer bir simyacının doğayı yeniden yaratma hırsına ve ergen bir erkek çocuğunun hayvanlara eziyet etme yeteneğine sahipti. Kammerer semenderlerin renklerini değiştirebileceğini ya da onlara ince çizgiler ya da benekler katabileceğini iddia ediyordu. Bunu yapabilmesi için gereken tek şey, onları sıra dışı renkler barındıran ortamlara sokmaktı. Güneş seven peygamber böceklerini yemeklerini karanlıkta yemeye zorladı, gelecekteki yavrularında oluşacak etkileri görebilmek için deniz üzümlerinin hortumlarını kesti. Büyüme çağında ne kadar güneş aldıklarına bağlı olarak gözleri olan ya da gözleri olmayan amfibiler yetiştirebileceğini bile öne sürdü.

Kammerer'nın çok ilginç bir tür olan ebe kurbağası üzerinde yaptığı bir dizi deney, onun hem zaferi hem de felaketi oldu. Çoğu kurbağa suda çiftleşir ve sonra döllenmiş yumurtalarını suda serbestçe yüzmeye bırakır. Ebe kurbağaları karada çiftleşir ancak kurbağa yumurtaları karada daha korunmasız olduğu için erkek ebe kur-

bağası yumurtalarını bir salkım üzüm gibi arka bacaklarına bağlar ve yavrular yumurtadan çıkana kadar onlarla birlikte zıplar. Bu hoş alışkanlıktan pek etkilenmeyen Kammerer 1903'te ebe kurbağalarını suda çiftleşmeleri için zorlamaya başladı. Bunun için akvaryumlarındaki sıcaklığı artırdı, hem de çok. Taktik işe yaradı, kurbağalar bütün zamanlarını suda geçirmediğinde kurumuş kayısılar gibi büzülüyordu, hayatta kalanlar her yeni kuşakla birlikte suda biraz daha çok zaman geçirmeye başladı. Solungaçları daha uzundu, yumurtalarını su geçirmez kılan kaygan, jölemsi bir tabaka ürettiler ve önayaklarında nasıra benzer siyah urlar geliştirdiler, bu "nuptial pad"ler (çiftleşme yastıkları) erkek kurbağaların birleşme sırasında kaygan eşlerini kavramalarını sağlar. Çok ilginç bir biçimde, Kammerer bu istismar görmüş kurbağaları daha soğuk ve nemli havuzlara koyduğunda kurbağaların asla çöl koşullarında yaşamamış olan *yavruları* suda üreme tercihini sözde kalıtım yoluyla alıyor ve yine kendi yavrularına geçiriyorlardı.

Kammerer bu sonuçları 1910 civarında açıkladı. Sonraki on yıl boyunca bu ve başka deneyleri kullanarak (ve görünüşe göre hiçbir deneyi başarısız olmuyordu) uygun çevrede hayvanların neredeyse her şeyi yapacak şekilde biçimlendirebileceğini ve her şekle sokulabileceğini ileri sürdü. O zamanlar bu tür şeyler derin Marksist anlamlar taşıyordu, çünkü Marksizm perişan haldeki kitleleri kontrol altında tutan tek şeyin berbat çevreleri olduğuna inanıyordu. Ancak sosyalizme derinden bağlı Kammerer savlarını insan toplumuna dek genişletti: Ona göre yetişme doğaya *eşti*, ikisi birleşik bir kavramdı.

Gerçekten de biyoloji o zamanlar ciddi bir karmaşa içindeydi. Darwincilik hâlâ tartışmalıydı, Lamarkçılık neredeyse ortadan kaybolmuştu ve Mendel yasaları henüz zaferini ilan etmemişti. Kammerer ise Darwin, Lamarck ve Mendel'i birleştirebileceğini vaat ediyordu. Örneğin Kammerer doğru çevrenin avantajlı genleri oluşturabileceğini öne sürüyordu. İnsanlar onu küçümsemek yerine kuramlarını heyecanla karşıladı, kitapları çok sattı, dünyanın her yerinden izleyicilere konuşmalar yaptı. (Bu "büyük şov konuşmalarında"

Hayatı acıyla geçmiş Avusturyalı biyolog Paul Kammerer bilim tarihindeki en büyük sahtekarlıklardan birisine imza attı. Kammerer epigenetik alanında bilmeden bir öncü olmuş olabilir.

Kammerer testis nakilleriyle eşcinselliği "tedavi" etmeyi ve Amerikan tarzı bir Yasaklama'nın hayata geçirilmesini önerdi çünkü hiç kuşku yok ki, Yasaklama bir Amerikan Übermenschen kuşağı, "içki arzusu olmadan doğacak" bir ırk üretecekti.)

Ne yazık ki Kammerer ünlendikçe –çok geçmeden kendini "ikinci Darwin" olarak vaftiz etti– bilimi de o kadar şüpheli görünmeye başladı. En rahatsız edici olanı da Kammerer'nın bilimsel raporlarında amfibi deneyleriyle ilgili önemli ayrıntıları sonuca eklememesiydi. İdeolojik tutumu da göz önüne alındığında pek çok bilim insanı, özellikle de Mendel'in Avrupa'daki savunucusu William Bateson, onun boş konuştuğunu düşünmeye başladı.

Acımasız bir adam olan Bateson başka bilim insanlarına saldırmaktan asla çekinmezdi. 1900'lerde Darwinciliğin gözden düşmesi sırasında eski akıl hocası, Darwin'in savunucularından Walter Whedon'la epey tatsız bir tartışmaya girdi. Biyoloji araştırmalarına

kaynak dağıtan bir kurula girdikten sonra Bateson, Weldon'ın kaynağını keserek bir Oedipus'a dönüştü. İşler o kadar tatsızlaştı ki Weldon 1906'da bisiklete binerken kalp krizi geçirip öldüğünde, karısı bu ölümden Bateson'ın kinini sorumlu tuttu. Bu sırada Weldon'ın bir dostu Karl Pearson, Bateson'ın makalelerinin dergilerde yayımlanmasını engelledi ve firma dergisi (Pearson'a aitti) *Biometrika*'da Bateson'a saldırdı. Pearson, Bateson'a dergide karşılık verme iznini vermeyince Bateson *Biometrica*'nın fotokopi kapaklı sahte nüshalarını bastı, cevabını içine koydu ve dergiyi sahte olduklarına dair hiçbir ibare olmadan kütüphanelere ve üniversitelere dağıttı. O dönemde esprili bir şiir durumu şöyle özetliyordu: "Karl Pearson biometrikçi/sanırım konumu bu onun/Bateson ve şti. / umarım mahvolurlar/ tek hecelik bir azapta."

Aynı Bateson şimdi de Kammerer'nın kurbağalarını incelemek için bir fırsat istiyordu. Kammerer ona örnekleri vermedi, eleştirmenler bahanelerinden etkilenmedi ve Kammerer'yı yerden yere vurmaya devam etti. Kammerer'nın laboratuvarını bir yıkıntıya dönüştürüp hayvanlarını telef eden I. Dünya Savaşı'nın kaosu tartışmaya geçici olarak son verdi. Ancak bir yazarın ifade ettiği gibi, "Eğer I. Dünya Savaşı Avusturya'yı ve beraberinde Kammerer'yı mahvetmediyse bile, Bateson yarım kalan işi bitirmek için savaştan sonra kendi hamlesini yaptı." Amansız bir baskı altındaki Kammerer en sonunda 1926 yılında, sakladığı tek ebe kurbağasının Bateson'ın Amerikalı bir dostu tarafından incelenmesine izin verdi. Sürüngen uzmanı Gladwyn Kingsley Noble, *Nature*'a kurbağanın tek bir şey dışında tamamen normal göründüğünü bildirdi. Çiftleşme yastıkları yoktu, ancak birisi öyle görünmesi için kurbağanın derisinin altına siyah mürekkep enjekte etmişti. Noble *sahtekarlık* sözcüğünü kullanmadı ama kullanması da gerekmiyordu.

Biyoloji infilak etti. Kammerer herhangi bir hatayı inkar ederek, isimsiz siyasi düşmanları tarafından sabote edildiğini ima etti. Ama diğer bilim insanlarının da sesleri yükselince Kammerer umutsuzluğa kapıldı. Onu yıkan *Nature* makalesinden hemen önce Kammerer,

yeni Lamarkçı kuramlarına sempatiyle bakan Sovyetler Birliği'nde akademik bir görev kabul etmişti. Altı hafta sonra Kammerer, Moskova'ya bir mektup yazarak görevi kabul ederse vicdanının rahat edemeyeceğini bildirdi. Bütün bu olumsuz ilgiyi üzerine çekmişken büyük Sovyet devletinin bundan zarar görmesini istemiyordu.

Sonra bu görevden çekilme mektubu daha karanlık bir tona büründü. "Umarım mahvolmuş hayatıma son verecek cesareti ve gücü yarın bulabilirim," diye yazdı. Bu cesareti ve gücü bularak 23 Eylül 1926'da Viyana dışında taşlık bir kır patikasında başına bir kurşun sıktı. Bu kesin bir suç itirafı gibi görünüyordu.

Yine de Kammerer'nın her daim savunucuları olmuştu ve birkaç tarihçi masumiyeti lehine makul kanıtlar toplamıştı. Bazı uzmanlar çiftleşme yastıklarının gerçekten belirdiğini ve Kammerer'nın (ya da çok istekli bir asistanın) kanıta rötuş yapmak için mürekkep enjekte ettiğine inanır. Kimileri de Kammerer'in gerçekten siyasi düşmanlarının komplosuna uğradığına inanır. Sözümona yerel nasyonel sosyalist partisi (Nazi partisinin öncüsü), kuramları Ari ırkın doğuştan gelen genetik üstünlüğüne kuşku düşüren yarı Yahudi Kammerer'ya çamur atmak istemiştir. Dahası intiharı Noble'ın onu ifşa etmesine de bağlı olmayabilirdi. Kammerer'nın uzun süredir maddi sorunları vardı ve Alma Mahler Gropius Werfel adında bir kadın yüzünden akli dengesini yitirmişti. Werfel bir süre ücretsiz olarak Kammerer'nın laboratuvar asistanlığını yapmıştı ama besteci Gustav Mahler'le (ve zamanın başka ünlü erkekleriyle) olan çalkantılı evliliğiyle tanınıyordu.[89] Eksantrik Kammerer'yla kısa bir ilişkisi oldu. Alma için sıradan bir kaçamaktı ama Kammerer kadını bir saplantı haline getirdi. Bir keresinde Alma'yı, kendisiyle evlenmezse Mahler'in mezarının başında kendi beynini dağıtmakla tehdit etti. Kadının karşılığı ise gülmek oldu.

89- Alma Mahler, ressam Gustav Klimt ve Bauhaus tasarımcısı Walter Gropius ile evlenecek kadar zevk sahibi bir kadındı. Viyana'da kötü kadın olarak nam salmıştı, hatta Tom Lehrer onunla ilgili bir şarkı da yazdı. Nakarat kısmı şöyledir: "Alma, söyle bize!/Çağdaş kadınlar kıskanıyor hepsi de/Hangi sihirli değnek/Gustav ve Walter ve Franz'ı getirdi sana?" Web sitemde sözlerinin tamamının yer aldığı linki bulabilirsiniz.

Öteyandan herhangi bir savcı Kammerer davasındaki bazı rahatsız edici gerçekleri fark edebilir. Bir kere sosyetik bir sima ve hafif şarkıların hevesli bestecisi ve bilimden uzak Werfel bile Kammerer'nın laboratuvarda özensiz çalıştığını anlamıştı, kayıtları korkunçtu ve gözde kuramlarıyla çelişen sonuçları sürekli olarak (Alma bunu farkında olmadan yaptığını hissediyordu) görmezden geliyordu. Daha da kötüsü bilimsel dergiler daha önce Kammerer'yı verilerle oynarken yakalamıştı. Bir bilim insanı, "fotoğraf görüntülerini değiştirme üstadı" diyordu onun için.

Kammerer'nın amacı ne olursa olsun, intiharıyla birlikte, bağlantılı olduğu Lamarkçılık da lekelendi, çünkü Sovyetler Birliği'ndeki bazı acımasız siyasi tipler Kammerer'nın davasını benimsedi. Resmi yetkililer ilk önce onurunu korumak için bir propaganda filmi çekmeye karar verdi. *Salamandra* Kammerer-benzeri bir kahramanın hikayesini anlatıyordu. Profesör Zange gerici bir rahibin (Mendel?) entrikalarıyla mahvoluyordu. Rahip ve işbirlikçisi gizlice Zange'nin laboratuvarına giriyor ve bir gece semendere mürekkep enjekte ediyorlardı. Ertesi gün, örnek başka bilim insanlarının önünde havuza sokuluyor ve mürekkep akıp suyu lekeliyor, böylelikle Zange aşağılanmış oluyordu. İşini kaybettikten sonra Zange karnını doyurmak için sokaklarda dilencilik yapıyordu (tuhaf bir biçimde şeytani bir laboratuvardan kurtarılan bir maymun ona arkadaşlık ediyordu). Ama tam kendini öldürecekken bir kadın onu kurtarıp Sovyet cennetine götürüyordu. Kulağa gülünç gelse de yakında Sovyetler Birliği'nin tarım çarı olacak Trofim Lysenko efsaneye inanıyordu: Kammerer'yı sosyalist biyolojinin bir şehidi sayıyordu. Bu nedenle Kammerer'nın kuramlarını ya da en azından kuramlarının bir kısmını savunmaya başladı.

Kammerer'nın ölmüş olması da Lysenko'nun işine geldi, böylelikle yalnızca Sovyet ideolojisine daha uygun düşen yeni-Lamarkçı fikirlerini vurgulayabilirdi. Lamarkçı coşkuyla yanıp tutuşan Lysenko 1930'larda güç kazandı ve Lamarkçı olmayan genetikçileri (aralarında Bateson'ın hamilik ettiği biri de vardı) tasfiye etmeye baş-

ladı. Onları ya doğrudan öldürtüyor ya da Gulag'a açlıktan ölmeye gönderiyordu. Ne yazık ki ortadan kaybolan insanların sayısı arttıkça, Lysenko'nun çarpık fikirlerine bağlı olduğunu söylemek zorunda kalan Sovyet biyologlarının da sayısı artıyordu. Aynı dönemden bir İngiliz bilim insanı, Lysenko'yla genetik hakkında konuşmanın "çarpım cetvelini bilmeyen bir adama diferansiyel hesabı açıklamaya çalışmaya" benzediğini söylüyordu. Lysenko "biyolojik açıdan imkansız bir problemdi". Lysenkoculuk doğal olarak Sovyet tarımını yok etti, milyonlarca insan kıtlık yüzünden öldü, ancak yetkililer Kammerer'nın ruhu olarak gördükleri şeyi terk etmeyi reddetti.

Ne kadar haksızlık olursa olsun, Kremlin'le olan bağlantısı sonraki yıllarda hem Kammerer'nın itibarını hem de Lamarkçılığı yok olmaya mahkum etti. Ancak Kammerer'nın savunucuları onun lehine kanıtlar öne sürmeye devam etti. En dikkat çekicisi (ve başka her yerde komünizmi kınadığı düşünüldüğünde ironik bir biçimde) Arthur Koestler'dı. 1971'de Kammerer'nın aklamaya çalıştığı *The Case of the Midwife Toad* adlı kurgu dışı bir kitap yazdı. Başka şeylerin yanı sıra Koestler, *çiftleşme yastıkları olan* yabani bir ebe kurbağasının keşfiyle ilgili 1924 tarihli bir makaleyi ortaya çıkardı. Bu Kammerer'yı zorunlu olarak aklamasa da ebe kurbağasının çiftleşme yastıkları için gizli genler taşıdığını ima eder. Bunlar Kammerer'nın deneyleri sırasındaki bir mutasyonla ortaya çıkmış olabilirlerdi.

Ya da belki epigenetikle ortaya çıktılar. Bazı bilim insanları son zamanlarda başka etkilerin yanı sıra, Kammerer'nın deneyleri sonucunda ebe kurbağası yumurtalarını çevreleyen jelatinimsi tabakanın kalınlığında bir değişiklik olduğunu fark etti. Bu jöle, metil bakımından zengin olduğundan, onun kalınlığını değiştirmek (çiftleşme yastıkları ya da başka özelliklerin atavistik genleri de dahil) bazı genleri etkinleştirip kapatabilir. Yine bu kadar ilginç olan bir şey daha vardır. Kammerer kurbağaları ne zaman çiftleştirse, babanın çiftleşme tercihinin (kara/su) sonraki nesillerde mutlaka annenin tercihine üstün geldiği konusunda diretmişti. Eğer baba kuru çiftleşmeyi seviyorsa, çocukları ve torunları da aynıydı. Eğer baba sulu çiftleş-

meyi seviyorsa, çocuklar için de aynı şey geçerliydi. Kaynak ebeveyn etkisi yumuşak kalıtımda önemli bir rol oynar ve kurbağalardaki bu eğilimler Överkalix'te gördüklerimizle benzerlik taşır.

Kammerer epigenetik etkileri tesadüfen bulmuş olsa bile, onları anlamamış ve muhtemelen (Nazi öncüleri komplosuna inanmıyorsanız) mürekkep enjekte ederek sahtekarlık yapmıştı. Ama bu durum Kammerer'yı bazı açılardan daha da ilgi çekici bir hale getirir. Böbürlenme, propaganda ve skandallarla dolu geçmişi, Darwincilik tutulması sırasında bile neden pek çok bilim insanının yumuşak kalıtım gibi epigenetik kuramları düşünmeyi reddettiğini açıklamaya yardımcı olur. Yine de, Kammerer hem bir alçak hem de ne yaptığını bilmeyen bir öncü olabilir: Daha büyük ideolojik doğrular adına yalan söylemeye istekli olsa bile, belki de aslında yalan söylemeyen birisi. Yine de Kammerer genetikçilerin bugün de boğuştuğu sorunlarla, çevre ve genlerin birbiriyle nasıl etkileşime girdiği ve sonunda hangisinin üstün geldiği sorusuyla boğuştu. Gerçekten de, mesela Överkalix'ten haberi olsaydı Kammemer'in nasıl bir tepki vereceğini hayal etmek dokunaklıdır. İsveç köyündeki nesil ötesi etkilerin bazıları ortaya çıktığı sırada Avrupa'da yaşıyor ve çalışıyordu. Sahtekar olsun ya da olmasın, sevgili Lamarkçılığının tek bir izine bile rastlamış olsaydı belki de kendi hayatına son verecek kadar umutsuz hissetmeyecekti.

Epigenetik son on yılda o kadar hızlı genişledi ki her ilerlemeyi sıralamaya çalışmak epey bunaltıcı olabilir. Epigenetik mekanizmaları farelere benekler vermek gibi gayrı ciddi şeylerin yanı sıra, insanları intihara sürüklemek gibi (belki de Kammerer olayındaki son bir ironi) ciddi şeyler de yapabilir. Kokain ve eroin gibi uyuşturucuların, nörotransmitterler ve nörostimulantları düzenleyen DNA'yı sarma ya da çözme işlevi gördükleri düşünülür (bu da uyuşturucuların neden insana kendini iyi hissettirdiğini açıklar) ama uçmaya de-

vam ederseniz, bu DNA kalıcı olarak hatalı sarılır ve bağımlılığa yol açar. Beyin hücrelerindeki asetil gruplarını eski haline getirmek, farelerde unutulmuş anıları canlandırmıştır ve her gün, normalde büyümelerini önleyecek olan epigenetik yöneticileri etkisiz hale getirmek için tümör hücrelerinin metil gruplarını yönlendirebileceğini gösteren bir başka araştırma ortaya çıkmaktadır. Bazı bilim insanları, bir gün Neandertal epigenetiğinden bile bilgi açığa çıkarılabileceğini düşünüyor.

Bütün bunlara rağmen bir biyologu sinirlendirmek istiyorsanız, ona epigenetiğin evrimi nasıl baştan yazacağından ya da genlerimizden zincirlerimizden kurtulurcasına kurtulmamızı sağlayacağından dem vurun. Epigenetik, genlerin işleyişini değiştirir ama onların gücünü geçersiz kılmaz. Epigenetik etkiler insanlarda kesinlikle mevcuttur ama pek çok biyolog onların haydan gelip huya gittiğinden kuşkulanır: Metiller, asetiller ve diğer mekanizmalar çevresel tetikleyiciler olmadan birkaç kuşak içinde buharlaşabilir. Kısacası epigenetiğin türümüzü kalıcı olarak değiştirip değiştiremeyeceğini henüz bilmiyoruz. Belki de temeldeki A-C-G-T dizisi her zaman kendini tekrar var eder, tıpkı üzerindeki metil-asetil graffiti silindikçe tekrar ortaya çıkan granit duvar gibi.

Fakat aslında böyle bir karamsarlık, işin özünü ve epigenetiğin vaatlerini es geçer. İnsanın düşük genetik çeşitliliği ve düşük gen sayısı, karmaşıklığımızı ve çeşitliliğimizi açıklayamaz. Milyonlarca ve milyonlarca epigen kombinasyonu bunu yapabilir. Üstelik yumuşak kalıtım diyelim ki altı nesil sonra buharlaşsa bile, hepimiz yalnızca iki-üç kuşak boyunca yaşadığımız için, bu zaman ölçeğinde epigenetik büyük bir fark yaratır. Epigenetik yazılımı baştan yazmak, genleri tekrar yapılandırmaktan çok daha kolaydır ve yumuşak kalıtım gerçek genetik evrime yol açmasa bile, değişen dünyaya hızla uyum sağlamamızı sağlar. Epigenetiğin kanser, klonlama ve genetik mühendisliği hakkında bize sağladığı yeni bilgiler sayesinde muhtemelen dünyamız gelecekte daha da hızlı değişecek.

16

Bil(me)diğimiz Kadarıyla Yaşam

Peki Şimdi Ne Olacak?

1950'LERİN SONLARINA DOĞRU, DNA biyokimyacısı ve RNA Kravat Kulübü üyesi Paul Doty adında kendi halinde bir adam New York sokaklarında yürürken bir sokak satıcısının malları gözüne takıldı ve şaşkınlıkla durdu. Satıcı yaka rozetleri satıyordu, Dotty her zamanki bildik çeşitlerin yanında "DNA" yazan bir rozet fark etti. Dünyada DNA hakkında Dotty'den daha çok şey bilen pek az kişi vardı ama Dotty, halkın çalışması hakkında pek az bilgisi olduğunu ve onu umursamadıklarını sanıyordu. Baş harflerin başka bir şeyi temsil ettiğine inanarak Dotty satıcıya bu D-N-A'nın ne anlama gelebileceğini sordu. Satıcı büyük bilim insanını tepeden tırnağa süzdü. "Anlamadın mı dostum," dedi ağır New York aksanıyla. "Gen işte!"

Kırk yıl sonrasına, 1999 yazına gidelim. DNA'yı bilmeyen kalmamıştı, yaklaşan DNA devrimini dert edinen Pennsylvania'daki yasamacılar, Arthur Caplan adında bir biyo-etik uzmanından (aynı zamanda Celera'nın yönetim kurulu üyesiydi) yasa koyucuların genetiği nasıl düzenleyebilecekleri konusunda kendilerine tavsiye vermesini istedi. Caplan onları geri çevirmediyse de başlangıçta işler pek iyi gitmedi. Seyircilerini ölçmek için Caplan bir soruyla açılışı yaptı: "Genleriniz nerede? Bedeninizin neresinde bulunuyorlar?" Pennsylvania'nın en iyi eğitimli ve en zeki insanları cevabı bilmiyor-

du. Hiçbir ironi ya da alay olmadan, bu insanların dörtte biri genleri erbeziyle özdeşleştiriyordu. Kendine güvenen yüzde yirmi beşlik kısım, genlerinin beyinde olduğuna karar vermişti. Bazıları da sarmal ya da başka bir şeyin resimlerini görmüştü ama ne anlama geldiğinden emin değildi. 1950'lerin sonlarında *DNA* terimi zamanın ruhunun bir parçasıydı, hem de bir sokak satıcısının yaka rozetini şereflendirecek kadar. *Gen işte.* O zamandan bu yana kamuoyunun anlayışında hiçbir ilerleme olmadı. Caplan daha sonra, cehaletleri göz önüne alındığında "politikacıların genetikle ilgili düzenlemeler ve kurallar getirmesini istemenin" tehlikeli olduğuna karar verdi. Elbette gen ve DNA teknolojisi hakkında şaşkınlık ve kafa karışıklığı hissetmek, bu konuda güçlü inançlar beslemeye engel değildi.

Bu bizi şaşırtmamalıdır. Genetik, Mendel'in ilk bezelyesini ekmesinden beri insanları büyüledi. Ama bir tiksinti ve kafa karışıklığı paraziti de bu bu büyülenmeden beslenir. Genetiğin geleceği de bu iticilik/çekicilik, benim-olmalı/ona-katlanamıyorum ikilemlerini çözüp çözmememize göre şekillenecek. Özellikle de gen mühendisliği (klonlama dahil) ve zengin, karmaşık insan davranışını "salt" genlerle açıklamak –çoğu zaman yanlış anlaşılan iki fikir– bizi hem korkutuyor hem de büyülüyor gibi görünüyor.

İnsanlar, on bin yıl önce tarım yapmaya başlamalarından beri hayvanlar ve bitkileri genetik olarak geliştirdiği halde ilk gen mühendisliği 1960'larda, bilim insanlarının meyve sineği yumurtalarını, gözenekli yumurtaların bir şey emeceğini umarak DNA'ya batırmalarıyla başladı. Bu basit deneyler inanılmaz biçimde işe yaradı. Sineklerin kanatlarıyla gözleri renk ve biçim değiştirdi ve bu değişimlerin kalıtsal olduğu ortaya çıktı. On yıl sonra 1974 yılında bir moleküler biyolog, farklı türlerin DNA'sını birbirine ekleyip melezler oluşturmak için çeşitli araçlar geliştirmişti. Bu Pandora kendini mikroplarla sınırlasa da bazı biyologlar bu kimeraları gördüğünde ürperdi, bir sonraki adımın ne olacağını kim bilebilirdi? Bilim insanlarının aceleci davrandıklarına karar verdiler ve bu rekombinant DNA araştırmasında moratoryum çağrısı yaptılar. Sıra dışıydı ama

biyoloji çevreleri (Pandora dahil) bunu onaylayarak güvenlik ve davranış kurallarını tartışmak için gönüllü olarak deneyleri bıraktılar. Bilim tarihinde neredeyse eşi benzeri olmayan bir durumdu. 1975'te biyologlar devam etmek için yeterli bilgiye sahip olduklarına karar verdiler, zaten sakınganlıkları da kamuoyunu yatıştırmıştı.

Bu coşku uzun sürmedi. Yine 1975 yılında Alabama doğumlu, hafif bir disleksisi olan, Harvard'da çalışan Evanjelik bir mirmekolog iki buçuk kilo ağırlığında, 697 sayfalık bir kitap yayımladı. Kitabın adı *Sociobiology*'di. Edward O. Wilson sevgili karıncaları için yıllar boyunca toprakta emek vermiş, serfler, askerler ve kraliçelerin karmaşık sosyal etkileşimlerini basit davranış kurallarına hatta kısa denklemlere indirgemeye uğraşmıştı. Tutkulu Wilson *Sociobiology*'de kuramlarını başka sınıfları, aileleri ve şubeleri kapsayacak şekilde genişletti, evrim merdiveninde basamak basamak -balıklar, kuşlar, küçük memeliler, memeli etoburlar ve primatlar- yukarı çıkmıştı. Wilson şempanze ve gorillerin ardından, "insan" başlığı taşıyan kötü şöhretli yirmi yedinci bölüme geliyordu. Burada bilim insanlarının insan davranışlarının tamamının olmasa bile büyük bir bölümünün –sanat, etik, din ya da en çirkin saldırganlıklarımız– kökenini DNA'da bulabileceğini öne sürüyordu. Bu da insanların sonsuz bir işlenebilirliği olmadığını, sabit bir doğası olduğunu ima ediyordu. Wilson'ın çalışması aynı zamanda bazı yaradılış ve toplumsal farklılıkların (örneğin kadın ve erkek arasındaki farklılıkların) genetik kökenleri olabileceğini de öneriyordu.

Wilson bu tür imaların akademisyenler arasında koparacağı kıyameti tahmin edemediği için politik açıdan tam bir aptal olduğunu sonradan itiraf edecekti. Gerçekten de kamuoyunun pek sevdiği Stephen Jay Gould dahil, Harvard'daki bazı meslektaşları *Sociobiology*'yi ırkçılık, cinsiyetçilik, yoksulluk, savaş, elmalı turtanın sofrada olmaması gibi normal insanların nefret ettiği her şeyi rasyonalize etme çabası olarak yerden yere vurdular. Aynı zamanda açıktan açığa Wilson'u sefil öjeni kampanyaları ve Nazi katliamlarıyla ilişkilendirdiler, sonra da başka insanlar sert tepki gösterdiğinde şaşırmış gibi

davrandılar. 1978 yılında Wilson bir bilim konferansında çalışmasını savunurken birkaç budala aktivist sahneyi bastı. Wilson ayak bileği kırık olduğu için tekerlekli sandalyedeydi ve kendini savunamadı ya da kaçamadı. Aktivistler mikrofonunu elinden aldılar, onu "soykırımla" suçladıktan sonra başından aşağı buzlu su dökerek "Şimdi ıslandın işte!"[90] diye bağırdılar.

1990'lara gelindiğinde, başka bilim insanlarının bu görüşü yaygınlaştırması sayesinde (çoğu zaman daha yumuşak biçimlerde) insan davranışının katı genetik kökenleri olduğu düşüncesi eskisi kadar şok edici değildi. Benzer biçimde, bugün bir başka sosyobiyolojik ilkeyi de doğal karşılıyoruz: avcı-toplayıcı geçmişimizin, düşünme tarzımızı hâlâ yönlendiren DNA'yı bize miras bırakmış olmasını. Ama sosyobiyolojinin korları sönmeye yüz tutmuşken, İskoçya'da bilim insanları Şubat 1997'de belki de en ünlü insan dışı hayvanın doğuşunu müjdeleyerek kamuoyunun genetiğe duyduğu korkuyu tekrar canlandırdılar. Yetişkin koyun DNA'sını dört yüz koyun yumurtasına aktardıktan sonra onlara *Frankenstein* tarzında elektrik veren bilim insanları yaşayabilecek durumda yirmi embriyo elde etmeyi başardı. Bu klonlar test tüplerinde altı, rahimde 145 gün geçirdi, bu sırada on dokuz embriyo doğal düşük sonucu öldü. İçlerinden sadece Dolly hayatta kaldı.

Aslında bu küçük kuzuya aval aval bakan insanların çoğu Dolly'yi Dolly olduğu için umursamıyordu. İnsan Genom Projesi arka planda gümbür gümbür ilerliyor, bilim insanlarına insanlığın bir şablonunu vaat ediyordu. Dolly de, bilim insanlarının kendi türümüzden birini klonlamaya yaklaşmasından duyulan korkuyu körüklüyordu. Açıkçası bu durum çoğu insanın ödünü koparıyordu, gerçi Arthur Caplan İsa'yı klonlama olasılığını soran heyecanlı bir telefona cevap vermişti (Arayanlar doğal olarak Turin kefeninden DNA almayı planlıyorlardı. Caplan şöyle düşündüğünü hatırlar. "Zaten geri geleceği varsayılan az sayıda insandan birini getirmeyi düşünüyorsunuz.")

90- Bu cümlenin İngilizcesi "You're all wet." şeklindedir. Aynı zamanda, *haksızsın* anlamını da taşır.

Dolly'nin ağıldaki arkadaşları onu kabul etti, bir klon olarak ontolojik konumuna aldırmış görünmüyorlardı. Âşıkları da öyle. Dolly doğal yollarla, hepsi de güçlü kuvvetli altı kuzu doğurdu. Ama nedense insanlar klonlara karşı neredeyse içgüdüsel bir korku duyar. Dolly sonrası, yabancı başkentlerde uygun adım yürüyen klon ordularıyla ya da insanların organ almak için klon yetiştirecekleri çiftliklerle ilgili sansasyonel varsayımlar üretildi. Bu kadar garip olmayan korkular da vardı, kimileri klonların hastalık ya daha derin moleküler kusurları olacağından korkuyordu. Yetişkin DNA'sını klonlamak için pasif genleri etkinleştirmek ve hücreleri bölünmeye zorlamak gerekir. Bu, kansere çok benzerdir ve klonları tümör oluşumuna açık hale getirir. Çok sayıda bilim insanı (Dolly'nin ebeleri buna karşı çıksa da) Dolly'nin genetik açıdan yaşlı doğduğu sonucuna varmıştı. Anormal biçimde yaşlı ve zayıf hücrelere sahipti. Dolly'nin bacakları vaktinden çok önce geçirdiği eklem iltihabı yüzünden sertleşmişti. Peyton Rous'ın araştırdığı türden bir akciğer kanserine yakalanmasına yol açan bir virüs kaptıktan sonra, altı yaşında (türünün ömrünün yarısını tamamladıktan sonra) öldü. Dolly'yi klonlamak için kullanılan yetişkin DNA'sı, bütün yetişkin DNA'ları gibi epigenetik değişimlerle pürüzlenmiş, mutasyonlarla ve eksik yamanmış kırıklarla eğrilmişti. Bu tür kusurlar, genomunu henüz doğmadan önce bozmuş olabilirdi.[91]

Ama buradaki mesele tanrıyı oynamaksa, şeytanın avukatı da olabiliriz pekala. Diyelim ki bilim insanları bütün tıbbi sınırlamaların üstesinden geldi ve tamamen sağlıklı klonlar üretti. Pek çok kişi prensipte yine de insan klonlamaya karşı çıkacaktır. Ancak akıl yü-

91- Dolly'den bu yana, bilim insanları kedileri, köpekleri, mandaları, develeri, atları ve fareleri klonladılar. 2007'de bilim insanları yetişkin maymun hücrelerinden embriyonik klonlar yarattılar ve farklı dokuları görmelerine yetecek kadar gelişmelerine izin verdiler. Ancak bilim insanları bu embriyoları gelişimlerini tamamlamadan sonlandırdılar, bu nedenle maymun klonların normal biçimde gelişip gelişmeyeceği belirsizdir. Primatları klonlamak diğer türleri klonlamaktan daha zordur çünkü klonun kromozomlarına yol açmak için donör yumurtanın çekirdeğini kaldırmak, primat hücrelerinin doğru bölünmek için ihtiyaç duyduğu birtakım özel düzenekleri de beraberinde götürür. Başka türlerde, iğ iplikleri denen bu düzeneğin kopyaları primatlara kıyasla daha fazla miktarlarda bulunur. Bu, insan klonlamada önemli bir teknik engel olarak kalmaya devam eder.

İlk klonlanan memeli Dolly, check-uptan geçiyor. (Roslin Enstitütüsü, Edinburgh Üniversitesi)

rütmelerinin bir bölümü genetik belirlenimcilikle, DNA'nın biyolojimizi ve kişiliğimizi katı biçimde yönettiği düşüncesiyle ilgili, anlaşılır ancak neyse ki hatalı varsayımlara dayanır. Bilim insanlarının dizilimini yaptığı her yeni genomla birlikte, genlerin kesinliklerle değil, olasılıklarla ilgilendiği daha da belirginleşir. Genetik *etki* yalnızca bir etkidir, bunun ne fazlası ne de azı. Bu kadar önemli bir şey daha vardır. Epigenetik araştırmaları, çevrenin genlerin işleyişini ve birbirleriyle etkileşimlerini değiştirdiğini gösterir, yani birini aslına sadık biçimde klonlamak için her kaçırılan öğünün ve her sigaranın epigenetik etiketini korumak gerekebilir. (Bu konuda iyi şanslar.)

Pek çok kişi artık insan klonlarından kaçmak için çok geç olduğunu da unutuyor. Şu anda bile, aramızda tek yumurta ikizleri adı altında ucubeler dolaşıyor. Bir klon ve ebeveyni, bütün epigenetik farklılıklarıyla ancak ikizler kadar birbirine benzeyecektir, hatta birbirlerine daha bile az benzeyeceklerine inanmak için geçerli nedenler vardır.

Şöyle düşünün: Yunan filozoflar teknesi ve güvertesi yavaş yavaş, kalas kalas çürüyen bir gemi fikrini tartışmışlardır. Yıllar sonra, baştaki kalasların her biri değiştirilmiş olacaktır. Sonuç olarak elimizde olan gemi aynı gemi midir? Neden aynı gemidir ya da neden aynı gemi değildir? İnsan da buna benzer zor bir sorudur. Bedenimizdeki atomlar biz ölmeden önce pek çok geri dönüşüme uğrar, bu nedenle bütün yaşamımız boyunca aynı vücuda sahip olmayız. Yine de aynı insan olduğumuzu hissederiz. Neden? Çünkü bir geminin aksine, her insanın kesintisiz bir düşünce ve anı deposu vardır. Eğer insan ruhu varsa, bu o zihinsel dağarcıktır. Ama bir klonun, ebeveyninden farklı anıları olacaktır, farklı müzikleri dinleyerek, başka kahramanlara hayran olarak büyüyecektir, farklı yemeklere ve kimyasallara maruz kalacak, beyni yeni teknolojilerle farklı bir biçimde döşenecektir. Tüm bu farklılıkların toplamı, başka zevkler ve eğilimler olacaktır. Bu da farklı bir mizaç, ayrı bir ruh demektir. Bu nedenle klonlama aslının tıpatıp aynını yalnızca yüzeysel olarak, görüntüde oluşturur. DNA'mız bizi sınırlar, ancak olasılık yelpazesi içinde nereye düşeceğimiz, kişiliğimiz, hangi hastalıklara yakalanacağımız, beynimizin stres ya da engellerle nasıl başa çıktığı gibi konular DNA'dan daha fazlasına dayanır.

Yanılgıya düşmeyin. Burada klonlanmayı savunmuyorum, aksine aleyhine konuşuyorum çünkü bunun ne anlamı olurdu ki? Oğullarını kaybetmiş bir aile, boş odasına her girdiklerinde hissettikleri acıyı onu klonlayarak dindirmek isteyebilir. Psikologlar Ted Kaczynski ya da Jim Jones'u klonlayıp sosyopatları nasıl etkisizleştirebileceklerini öğrenmek isteyebilir. Ancak klonlama bu talepleri karşılamayacaktır. Karşılayamayacağı neredeyse kesindir, o halde bu zahmete girilmesinin anlamı var mıdır?

Klonlama, insanları yalnızca pek mümkün olmayan dehşet senaryoları yüzünden kızdırmakla kalmaz, dikkatleri genetik araştırmalarının insan doğası hakkında kurcalayabileceği ve kurcaladığı tartışmalı konulardan uzaklaştırır. Bu tartışmalara ne kadar gözlerimizi kapatmak istesek de ortadan kaybolmaları mümkün değildir.

Cinsel yönelimin bazı genetik temelleri vardır. Arılar, kuşlar, böcekler, yengeçler, balıklar, kokarcalar, yılanlar, kurbağalar ve her türden memeli (bizonlar, aslanlar, rakunlar, yunuslar, ayılar ve maymunlar) mutlulukla hemcinsleriyle oynaşır; çiftleşmeleri çoğu zaman fiziksel bağlantılı görünür. Bilim insanları farelerde anlamlı bir adla anılan *fucM* geninin etkisiz hale getirilmesi halinde, dişi farelerin lezbiyen olacağını buldu. İnsan cinselliği daha ayrıntılıdır. Ancak eşcinsel erkekler, eşcinsel kadınlardan daha geniş çaplı olarak araştırılmıştır: benzer koşullarda yetişen heteroseksüel erkeklerden daha çok eşcinsel akrabaları vardır ve genler güçlü bir fark yaratıyormuş gibi görünür.

Bu Darwinci bir açmaz sunar. Eşcinsel olmak çocuk sahibi olma ihtimalini azaltır ve herhangi bir "eşcinsel genini" sonraki nesle aktarma ihtimalini azaltır. Yine de yeryüzünün her yerinde karşılaşılan pek çok zulme rağmen eşcinsellik tarih boyunca var olmuştur. Bir kurama göre eşcinsellik genleri gerçekten de "erkek-sever" genlerdir, erkeklerin erkeklere aşık olmasını sağlayan ama bunu taşıyan kadınların da çocuk sahibi olma ihtimallerini artırarak erkekleri arzulamasını sağlayan androfilik (erkekleri tercih eden, erkeğe yönelen) genler. (Tersi de jinefilik DNA için geçerlidir.) Başka bir ihtimal de eşcinselliğin başka genetik etkileşimlerin bir yan etkisi olarak ortaya çıkmasıdır. Solaklık ve her iki elini de kullanabilme oranlarının eşcinsel erkekler arasında daha yüksek olduğunu gösteren çok sayıda araştırma bulunur. Ayrıca eşcinsel erkeklerin yüzük parmakları da sıklıkla daha uzundur. Elbette hiç kimse çatalı şu ya da bu elle tutmanın eşcinselliğe yol açtığına inanmaz ama etki alanı geniş bir gen,

belki de beyinle oynayarak her iki özelliği de etkiliyor olabilir.

Bu tür bulgular hem yararlı hem zararlıdır. Genetik bağlantılar bulmak eşcinsel olmanın sapkın bir "seçim" değil, doğuştan ve kalıtsal bir şey olduğunu doğrular. Öte yandan, genç yaştan eşcinselleri, hatta potansiyel eşcinselleri bile tarama ve ayırma ihtimali insanlara korku veren bir olasılıktır. Dahası bu sonuçlar yanlış şekilde sunulabilir. Eşcinsellikle ilgili bir diğer tahmin unsuru da kişinin sahip olduğu kendisinden büyük erkek kardeş sayısıdır. Her ağabey eşcinsel olma olasılığını yüzde yirmi ila otuz arasında artırır. Bu konuda en önemli açıklama, annenin bağışıklık sisteminin, rahmindeki her "yabancı" Y kromozomuna giderek daha güçlü tepki gösterdiğidir. Bağışıklık tepkisi bir biçimde fetüsün beyninde eşcinselliği uyarır. Bu bir kez daha eşcinselliğin biyolojik bir temeli olduğuna işaret eder. Ama saf ya da kötü niyetli bir gözlemcinin bu bağışıklık bağlantısını sözcüklerle oynayarak çarpıtıp eşcinselliği yok edilmesi gereken bir hastalıkla özdeşleştirebileceğini de görebilirsiniz. Bu tehlikeli bir tablodur.

Irk da genetikçiler arasında rahatsızlıklara yol açar. Bir kere ırkların varlığı pek az anlam ifade eder. İnsanlarda neredeyse her hayvandan daha az genetik çeşitlilik bulunur. Ancak renklerimiz, oranlarımız ve yüz hatlarımız, her yıl Westminister'da finale kalan köpekler kadar farklıdır. Bir ırk kuramı soy tükenişlerinin, hafif farklılıkları olan küçük ilk insan topluluklarını yalıttığını söyler. Bu gruplar Afrika'nın dışına göç edip Neandertallerle, Denisovanlarla ve kim bilir başka kimlerle ürerken bu farklılıklar giderek büyüdü. Yine de etnik gruplar birtakım farklı DNA'lar taşıyor olmalıydı: Avustralya aborjini bir karı koca asla çilli, kızıl saçlı bir Seamus doğurmazdı. Zümrüt adaya taşınıp kıyamete kadar çocuk yapsalar bile. Renk DNA ile kodlanır.

Elbette buradaki düğüm noktası, Maybelline'in cilt tonunuzda yarattığı fark değil, başka potansiyel farklılıklardır. Chicago Üniversitesi'nden bir genetikçi, Bruce Lahn kariyerine Y kromozomlarındaki palindromları ve inversiyonları kataloglayarak başla-

dı, ama 2005 civarında nöron büyümesini etkileyen beyin genlerini, *mikrosefali* ve *aspm*'i araştırmaya başladı. İnsanlarda birden çok versiyonları bulunsa da, her genin bir versiyonunun çok sayıda otostopçusu vardı ve bunlar da popülasyonda yaklaşık 3400 m/s hızla sürüklenmiş görünür. Bu güçlü bir sağ kalma avantajıdır, genlerin nöron büyütme becerilerine dayanan Lahn, küçük bir adım atıp bu genlerin insanlara bilişsel bir destek sağladığını ileri sürdü. *Mikrosefali* ve *aspm* genlerinin beyni güçlendiren versiyonlarının ilginç bir biçimde MÖ 35.000 ve 40.000'de, tarihte ilk sembolik sanat ve ilk kentlerin ortaya çıkışında sürüklenmeye başladığını fark etti. İz peşindeki Lahn bugün yaşayan farklı popülasyonları taradığında beyin geliştirici versiyonların Asya ve beyaz ırk arasında Afrika yerlilerinden birkaç kez daha sık çıktığını saptadı.

Bilim insanları bu bulguları spekülatif, sorumsuz, ırkçı ve yanlış olmakla suçladı. Bu iki gen, beyin dışında pek çok yerde kendilerini gösterir. Bu nedenle eski Avrupalılara ve Asyalılara farklı şekillerde yardım etmiş olabilirlerdi. Görünüşe göre genler spermlerin kuyruklarını daha çabuk hareket ettirmelerine yardım eder. Bağışıklık sistemini de yeni silahlarla donatmış olabilirler. (Mutlak kulak ve tonal dillerle de ilişkilendirilmişlerdir.) Dahası, sonraki araştırmalar bu genlere sahip insanların IQ'larının onları taşımayanlardan daha yüksek olmadığını belirledi. Bu, beyin-destekleme hipotezini büyük ölçüde ortadan kaldırdı. Kendisi de Çinli bir göçmen olan Lahn kısa bir süre sonra şöyle itiraf edecekti. "Bilimsel açıdan biraz hayal kırıklığına uğradım. Ama toplumsal ve siyasi tartışma bağlamında biraz rahatladım."

Rahatlayan tek kişi o değildi: Irk, genetikçileri ikiye ayırır. Bazıları ırkın var olmadığına yemin eder. Toplumsal bir yapı olan ırkın, biyolojik açıdan anlamsız olduğuna inanırlar. *Irk* gerçekten de farklı duygular uyandıran bir terimdir, çoğu genetikçi bu kelime yerine, "etnik gruplar" ya da "popülasyonlar"dan söz etmeyi tercih eder. Ancak yine de bazı genetikçiler, etnik gruplar ve zihinsel yeteneğin araştırılmasını yaralayıcı bulur ve sansürlemek isterler. Her iyi araş-

tırmanın ırksal eşitliği kanıtlamaktan başka bir şey yapmayacağını düşününler de vardır ve onlar da işin devam etmesini ister. (Elbette bizi ırk hakkında uyarmak, hatta böyle bir şey olmadığının altını çizmek bile muhtemelen bu düşüncenin hepten aklımıza yerleşmesine neden olur. Aman – sakın yeşil zürafalar düşünmeyin.)

Bu arada her durumda gayet saygılı olan bilim insanları, işin "biyolojik açıdan anlamsız" kısmının saçmalık olduğunu düşünür. Öncelikle bazı etnik gruplar sırf biyolojik nedenler yüzünden, başka hastalıkların yanı sıra hepatit C ve kalp hastalığının tedavisinde kullanılan birtakım ilaçlara da zayıf tepki verir. Başka gruplar eski yaşadıkları yerlerdeki yetersizlikler nedeniyle günümüzün bolluk ortamında metabolik bozukluklara açık hale gelmişlerdir. Tartışmalı bir kuram, Afrika'da köle akınlarında esir alınanların soylarından gelen kişilerin bugün hipertansiyon oranlarını artırdıklarını ileri sürer, çünkü vücutlarında besin, özellikle de tuz depolayan ataları yeni evlerine yaptıkları korkunç okyanus yolculuklarını daha kolay atlatmışlardır. Hatta birkaç etnik grubun HIV'e daha yüksek bağışıklığı vardır. Yine de her grubun bağışıklığı farklı biyokimyasal nedenlere dayanır. Bu ve diğer vakalarda –Crohn hastalığı, diyabet, göğüs kanseri– ırk faktörünü tümden inkar eden doktor ve epidemiyologlar insanlara zarar verebilir.

Daha geniş bir düzeyde, bazı bilim insanları ırkların var olduğunu, çünkü her coğrafi popülasyonun tartışılmaz biçimde bazı genlerin ayrı versiyonlarını taşıdığını ileri sürer. Bir bireyin DNA'sının birkaç yüz parçasını bile inceleseniz, onu yüzde yüze yakın bir ihtimalle atadan kalma geniş gruplardan birine ayırabilirsiniz. Hoşunuza gitse de gitmese de bu gruplar genel olarak insanların geleneksel ırk mefhumlarına uyar – Afrika, Asya, Beyaz (ya da bir antropoloğun ifadesiyle "domuz pembesi") vs. Doğru, etnik gruplar arasında her zaman genetik bir karışma vardır, özellikle de Hindistan gibi coğrafi kavşaklarda; bu da ırk kavramını pek çok bilimsel araştırma için yararsız hale getiren bir olgudur. Ama insanların kendini özdeşleştirdiği toplumsal ırk, ait oldukları biyolojik popülasyon gruplarını

isabetli biçimde tahmin eder. Her DNA bölümünün her bir versiyonunun ne işe yaradığını bilmediğimiz için de, ırklar/popülasyonlar/her-ne-demek-istiyorsanız-onu araştırmak isteyen az sayıdaki polemikçi, inatçı bilim insanı da zekadaki potansiyel farkları keşfetmenin meşru bir konu olduğunu öne sürer. Sansürlenmeyi hoş karşılamazlar. Tahmin edileceği gibi ırk kavramının varlığını onaylayanlar da inkar edenler de karşılıklı olarak birbirlerini bilime siyaset karıştırmakla suçlarlar.[92]

Irk ve cinsellik dışında genetik son zamanlarda suç, cinsiyet ilişkileri, bağımlılık, obezite ve pek çok başka konuya ilişkin tartışmalarda da boy göstermiştir. Hatta önümüzdeki on-yirmi yıl içinde genetik faktörler ve yatkınlıklar muhtemelen her insan özelliği ve davranışında karşımıza çıkacak, hatta üstünlüğü ele geçirecek. Ancak

92- İsterseniz bunu psikanalize tabi tutun ama James Watson ve Francis Crick de ırk, DNA ve zeka ile ilgili münasebetsiz yorumlarda bulundular. Crick 1970'lerde neden bazı ırk gruplarının diğerlerinden daha yüksek ya da düşük IQ'ya sahip olduğu ya da daha doğrusu neden böyle sonuçlar elde edildiğini araştıran çalışmalara destek verdi. Crick bazı grupların zeka limitleri olduğunu bilirsek daha iyi toplumlar oluşturabileceğimize inanıyordu. Crick aynı zamanda açıkça "Amerikalı beyazlarla siyahlar arasındaki ortalama IQ farkının yarısından fazlasının genetik nedenlere dayanmasını muhtemel görüyorum," demişti.

Watson'ın gafı 2007 yılında *Avoid Stupid People* [Aptal İnsanlardan Uzak Durun] gibi sevimli bir isme sahip otobiyografisinin tanıtım turnesindeyken geldi. Bir noktada şöyle bir açıklama yaptı: "Afrika ihtimali konusunda doğal olarak sıkıntılıyım. Çünkü "toplumsal politikalar onların zekasının bizimle eşit olduğu gerçeğine dayanıyor. Oysa bütün testler bunun gerçekte böyle olmadığını gösteriyor." Medya onu yerin dibine batırdıktan sonra Watson işini kaybetti (Barbara McClintock'ın eski laboratuvarı Cold Spring Harbor'daki yöneticilik) ve az çok rezil olmuş bir halde emekliye ayrıldı.

Geçmişte de kadınlar hakkında ("insanlar bütün kadınları güzelleştirmemizin korkunç olacağını söylüyor. Bence müthiş olurdu"), kürtaj ve cinsellik hakkında ("Cinselliği belirleyen bir gen ve eşcinsel bir çocuk sahibi olmak istemediğine karar veren bir kadın bulabilirseniz, bırakın da eşcinsel bir çocuk sahibi olmasın"), obez insanlar için ("Ne zaman şişman insanlarla konuşsanız kendinizi kötü hissediyorsunuz çünkü onları işe almayacağınızı biliyorsunuz.") vs. kaba ve tahrik edici yorumlar yapma alışkanlığı göz önüne alındığında Watson'ı ne kadar ciddiye alacağımız belirsizdir. Harvard'daki siyahi araştırmalarda çalışan Henry Louis Gates Jr. daha sonra özel bir buluşmada Watson'ı Afrika yorumları konusunda yokladı ve Watson'ın ırkçıdan çok "ırk kaygıları" olan biri olduğu sonucuna vardı. Dünyayı ırksal terimlerle görüyor ve ırk grupları arasında genetik uçurumlar olduğuna inanıyordu. Ancak Gates, Watson'ın aynı zamanda bu tür uçurumların varlığına inansa bile *grup* farklılıklarının yetenekli *bireylere* önyargılı olmamamızı gerektirmediğine inandığını belirtir. (Bu, siyahların basketbolda daha üstün olduğunu ama arada sırada bir Larry Bird'ün çıkabileceğini söylemekle aynı şeydir.) Gates'in düşüncelerini http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2008/07/10/aR2008071002265.html'de okuyabilirsiniz.

Her zamanki gibi son sözü DNA söylüyordu. Watson 2007 yılında otobiyografisiyle birlikte genomunu da kamuoyuna sundu, bazı bilim insanları etnisite belirteçleri için onu derinlemesine araştırmaya karar verdiler. Ve bakın ne buldular: Watson, diziliminin kesinliğine dayanarak tipik bir Beyazın sahip olduğundan on altı kat daha fazla Siyah Afrikalı genine sahipti; genetik açıdan siyah bir büyük büyükbaba sahibi olmakla aynı anlama gelir.

genetikçiler, özellikler ve davranışlar hakkında ne keşfederse keşfetsin, genetiği toplumsal meselelere uygularken birkaç ilkeyi aklımızda tutmalıyız. En önemlisi de bir özelliğin biyolojik zemini ne olursa olsun, birini birkaç mikroskobik genin nasıl davrandığına bakarak mahkum etme ya da reddetmenin gerçekten anlamlı olup olmadığını kendinize sorun. Aynı zamanda davranışla ilgili genetik yatkınlıklarımızın binlerce, hatta milyonlarca yıl önce Afrika savanalarında biçimlendiğini de unutmayın. Bu nedenle bir anlamda "doğal" olmakla birlikte, artık tamamen faklı bir çevrede yaşadığımız için bu yatkınlıkların bugün aynı şekilde işimize yaramaları şart değildir. Doğada olan, zaten karar vermek için yetersiz bir kılavuzdur. Etik felsefede en büyük hatalardan biri de doğayı "doğru olan"la bir tutan ve "doğal olanı" önyargıyı haklı ya da mazur göstermek için kullanan doğalcılık yanılgısıdır. Biz insanlar kendimizi biyolojimiz dışında da değerlendirebildiğimiz için *insaniyiz*.

Toplumsal meselelere değinen her araştırmada sansasyonel sonuçlar çıkarmadan önce en azından bir durup kanıtların yeterli olup olmadığını inceleyebiliriz. Geçtiğimiz beş yılda bilim insanları, bugün bile araştırmak için fazlasıyla Avrupalı kalan gen havuzunu genişletmek için dünyanın dört bir yanındaki etnik grupları inceleyip DNA dizilemesi yaptı. Özellikle de ne olduğu isminden bile anlaşılabilecek olan 1000 Genom Projesi'nden elde ettikleri ilk sonuçlardan bazıları, bilim insanlarının gen sürüklenmelerinin –Lahn'ın ırk-zeka fişeğini tutuşturan sürüklenmeler– önemini abartmış olabileceğini gösteriyor.

2010 yılına gelindiğinde genetikçiler sürüklenme belirtileri gösteren insan genlerinin iki bin versiyonunu tanımladılar, özellikle bu genlerin çevresindeki düşük çeşitlilik nedeniyle sanki otostop gerçekleşmiş gibi görünüyordu. Bilim insanları bu sürüklenmiş versiyonları sürüklenmemiş versiyonlardan ayıran şeyin ne olduğunu bulmaya çalıştığında DNA üçlüsünün mutasyona uğrayıp yeni bir amino asit oluşturduğuna dair örneklere rastladılar. Bu anlamlıydı, amino asit proteini değiştirebilirdi ve bu değişim birini daha

zinde yapıyorsa doğal seçilim onu popülasyonda sürüklemiş olabilirdi. Ancak bilim insanları başka bölgeleri incelediğinde sessiz mutasyonlu –genetik şifrenin fazlalığı nedeniyle amino asidi değiştirmeyen mutasyonlar– genlerde de aynı sürüklenme belirtilerini buldular. Doğal seçilim bu değişimleri sürüklemiş olamazdı çünkü mutasyon görünmez olacak ve yarar sağlamayacaktı. Bir başka deyişle, görünür DNA sürüklenmelerinin çoğu yapay olabilir ya da başka evrimsel süreçlerin eseri olabilirdi.

Bu, sürüklenmelerin hiç gerçekleşmediği anlamına gelmez. Bilim insanları hâlâ laktoz toleransı, saç yapısı ve başka birkaç özelliği (ironik olarak ten rengi de bunlara dahildir) belirleyen genlerin, göçmenler Afrika'nın dışında yeni ortamlarla karşılaştıkça çeşitli etnik gruplar arasında sürüklendiğine inanırlar. Ama bunlar daha ender örnekleri temsil edebilir. İnsanlardaki çoğu değişim yavaşça yayılmıştır ve muhtemelen hiçbir etnik grup çok etkili genler alarak genetik bir çekilişte diğer grubun "önüne fırlamamıştır." Bunun tersi yönündeki her iddiaya (özellikle de etnik gruplar konusundaki sözümona bilimsel iddiaların daha önce sıklıkla çöktüğü düşünülürse) temkinli yaklaşmak gerekir. Çünkü eski bir atasözünün dediği gibi, sorunu çıkaran bilmediklerimiz değil, bildiklerimizin tam olarak bildiğimiz gibi olmamasıdır.

Genetiğin yöntemleri konusunda bilgilenmek yalnızca genlerin nasıl çalıştığını anlamak konusunda ilerlemeyi değil, bilgisayar gücünde de ilerlemeleri gerektirecek. Moore yasası –mikroçiplerin iki yılda bir aşağı yukarı iki kat güçlendiği– onyıllardır geçerlidir, bu da bazı uzaktan kumandalı köpek tasmalarının bugün neden Apollo görevinde kullanılan anabilgisayarlardan daha üstün performans gösterebileceğini açıklar. Ama 1990'lardan bu yana genetik teknoloji Moore'un tahminlerini bile geride bıraktı. Daha modern bir DNA dizileme aracı yirmi dört saat içinde, İnsan Genom Projesinin on uzun

yılda ürettiğinden daha fazla veri ortaya çıkarabilir. Üstelik bu teknoloji laboratuvarlara ve dünya çapında saha istasyonlarına yayılarak giderek daha kullanışlı bir hale geldi. (2011'de Usame bin Ladin'i öldüren ABD ordu personeli, Ladin'in akrabalarından toplanan örneklerle Ladin'den alınan DNA örneklerini eşleştirerek, gecenin bir saatinde okyanusun ortasında olmalarına rağmen saatler içinde onu teşhis etmişti.) Aynı anda tüm genomu dizilemenin maliyeti 3.000.000.000 dolardan 10.000 dolara indi, yani baz başına 1 dolardan 0,0003 sente. Bilim insanları bugünlerde tek bir geni incelemek istediklerinde çoğunlukla tüm genomu dizilemek, önce geni ayırıp sadece o bölümü dizilemekten daha ucuza gelir.

Elbette bilim insanları, topladıkları büyük miktardaki A'ları, C'leri, G'leri ve T'leri hâlâ *analiz* etmek zorundadırlar. İGP'nin burunlarını sürtmesinden sonra artık yalnızca ham veri akışına bakarak birdenbire zihinlerinde bir fikir belirmesini (*Matrix*'teki gibi) bekleyemezler. Hücrelerin DNA'yı nasıl birleştirdiğini, epigenetik dipnotları eklediğini ve çok daha karmaşık süreçleri de düşünmek zorundadırlar. Genlerin nasıl gruplar halinde çalıştığını, DNA'nın kendisini çekirdeğin içine nasıl paketlediğini incelemek; kendisi de DNA'nın bir yan ürünü olan kültürün nasıl geriye eğilip genetik evrimi etkilediğini saptamak zorundalar. Gerçekten de bazı bilim insanları DNA ve kültür arasındaki geri besleme döngüsünün son altmış bin yılda insan evrimini etkilemekle kalmayıp onu düpedüz yönlendirdiğini öne sürerler. Bütün bunlarla başa çıkmak, ciddi anlamda güçlü bilgisayarlar gerektirecektir. Craig Venter bir süperbilgisayar talep etmişti ama geleceğin genetikçileri DNA'ya başvurup onun inanılmaz işlem gücünü temel alan araçlar geliştirmek zorunda kalabilirler.

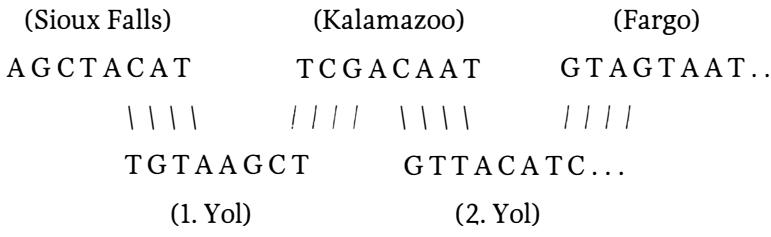
İşlerin yazılım boyutuna gelince, genetik algoritma dediğimiz şeyler evrimin gücünü kullanarak karmaşık sorunların çözümüne yardım edebilir. Kısacası genetik algoritmalar programcıların birbiriyle birleştirdiği bilgisayar komutlarını, dijital "kromozomlar" oluşturmak için bir araya gelmiş bireysel "genler" olarak ele alırlar.

Programcı, bunu test etmek için başlangıçta bir düzine farklı program kullanabilir. Her birindeki gen-komutlarını ikili sayı sistemine göre 0'lar ve 1'ler şeklinde kodlar ve onları uzun, kromozom benzeri bir diziye dönüştürür (0001010111011101010 ...). Ardından işin eğlenceli kısmı gelir. Programcı her programı çalıştırır, değerlendirir ve en iyi programlara "parça değiştirmelerini" söyler, yani (kromozomların DNA değiş tokuş etmesi gibi) 0 ve 1 dizilerini değiş tokuş etmeleri komutunu verir. Sonra programcı bu melez programları çalıştırıp değerlendirir. Bu noktada en iyi olanlar parça değişimi yapar ve daha fazla 0 ve 1 değiş tokuş eder. Sonra işlem tekrarlanır, sürekli devam eder ve programların evrilmesine izin verir. Arada sırada çıkan mutasyonlar –çevrilen 0'lar ve 1'ler– daha çok çeşitlilik katar. Genel olarak genetik algoritmalar çok sayıda farklı programın en iyi "genlerini" yaklaşık olarak en iyide toplar. En basit programlarla başlasanız bile, genetik evrim onları otomatik olarak geliştirir ve daha iyilerine odaklanır.

İşin donanım (ya da "wetware") kısmına gelince, DNA bir gün silikon transistörlerin yerini alabilir ya da onları güçlendirebilir ve fiziksel olarak hesap yapabilir. Ünlü bir tanıtım esnasında, bir bilim insanı klasik satıcı problemini çözmek için DNA kullandı. (Bu bilmecede, bir satıcı haritaya dağılmış sekiz kenti dolaşmak zorundaydı. Her kenti bir kere ziyaret edecek, ancak bir kere ayrıldığı kente bir daha uğramayacak, başka bir yere gitmek için bile içinden geçmeyecekti. Ne yazık ki kentlerin arasındaki yollar dolambaçlıydı ve hangi sırayla gidileceği ilk bakışta çözülemiyordu.)

DNA'nın bu problemi nasıl çözebileceğini görmek için farazi bir örneği ele alalım. İlkönce DNA parçalarıyla iki ayrı grup oluşturursunuz. Hepsi tek ipliklidir. İlk grupta gidilecek sekiz kent vardır, bu parçalar rastgele A-C-G-T dizileri olabilir: Sioux Falls AGCTACAT, Kalamazoo TCGACAAT. İkinci grup için haritayı kullanın. İki kent arasındaki her yol bir DNA parçası alır. Ancak anahtar buradadır, bu parçaları rastgele yapmak yerine zekice bir şey yaparsınız. Diyelim ki 1. Otoyol, Sioux Falls'da başlayıp Kalamazoo'da bitiyor.

Eğer otoyolun ilk yarısının parçasını, Sioux Falls'un harflerinin yarısının A/T ve C/G tümleyicisi yaparsanız ve otoyolun ikinci yarısını Kalamazoo'nun harflerinin yarısının A/T ve C/G tümleyicisi yaparsanız , 1. Otoyolun parçası iki kenti fiziksel olarak birleştirebilir.



Benzer biçimde diğer kentleri ve yolları kodladıktan sonra hesaplama başlar. Bütün bu DNA parçalarının bir tutamını bir test tüpünün içinde karıştırırsınız, ve abrakadabra, güzelce bir çalkalama sonrasında cevap ortaya çıkar: Şişenin içinde bir yerde artık iki iplikli daha uzun bir DNA dizisi olacaktır. Bir iplikte satıcının sırasıyla gitmesi gereken sekiz kent sıralanırken diğer tümleyici iplikte de kentleri birbirine bağlayan yollar sıralanacaktır.

Elbette cevap makine kodunun biyolojik dengiyle yazılacaktır (GCGAGACGTACGAATCC...) ve şifrenin çözülmesi gerekecektir. Test tüpü doğru cevabın pek çok kopyasını içerirken, serbest yüzen DNA asidir; tüpte aynı zamanda trilyonlarca yanlış çözüm de bulunur, kentleri atlayan ya da satıcının iki kent arasında gidip geldiği çözümler. Dahası cevabı diğerlerinden ayırmak sıkıcı bir hafta boyunca DNA dizisini laboratuvarda saflaştırmayı gerektirir. Demek ki evet, DNA hesaplaması henüz bilgi yarışmalarına girmek için hazır değil. Yine de heyecanı anlayabilirsiniz. Bir gram DNA, trilyonlarca CD'de depolanabilecek bilgiyi saklayabilir, onun yanında bizim dizüstü bilgisayarlarımız geçmişte yaşamış, spor salonu boyutundaki dev hayvanlar gibi kalır. Ayrıca bu "DNA transistörleri" aynı anda birkaç hesabı silikon devrelere kıyasla çok daha kolay bir biçimde yapabilir. Ama belki de en iyisi DNA transistörlerin küçük bir masrafla

kendilerini birleştirip kopyalayabilmeleridir.

Deoksiribonükleik asit bilgisayarlarda silikonun yerini gerçekten alırsa genetikçiler DNA'yı etkin biçimde kullanarak onun alışkanlıklarını ve tarihi analiz edebilecekler. DNA zaten kendini tanıyabilir, iplikleri birbirine bu şekilde dolanır. Bu nedenle DNA bilgisayarları da moleküle mütevazı düzeyde öz farkındalık ve dönüşümlülük kazandırabilir. DNA bilgisayarları DNA'nın kendini düzenleyip işlevini geliştirmesine bile yardım edebilirler. (Patronun kim olduğunu insan merak ediyor...)

Peki DNA bilgisayarı DNA'ya ne tür iyileştirmeler getirebilir? En belirgin iyileştirme pek çok genetik hastalığın nedeni olan işlev bozuklukları ve tekrarları yok edebilmemiz olacaktır. Bu kontrollü evrim bize en sonunda doğal seçilimin, azınlığın adım adım ilerleyebilmesi için çoğunluğun genetik kusurlarla doğmasını gerektiren zalimce israftan kaçmamıza izin verebilirdi. Yüksek fruktozlu mısır şurubunu yakmak için midelerimizi kaplayacak (*apoE* et yeme geninin modern bir versiyonu) bir gen geliştirerek günlük sağlığımızı da geliştirebilirdik. Daha da iyisi, muhtemelen parmak izlerimizi ya da saç stillerimizi tekrar programlayabilirdik. Eğer küresel sıcaklıklar giderek yükselirse, bodur bedenler daha çok ısı tuttuğu için, yüzey alanımızı ısı yayacak şekilde artırmak isteyebiliriz. (Buz çağında Neandartellerin bira fıçısı gibi göğüsleri olmasının bir nedeni vardı.) Dahası bazı düşünürler DNA düzenlemelerinin, var olan genler üzerinde ince ayarlar yaparak değil de, güncellemeleri yeni bir çift kromozoma koyup onları embriyolara yerleştirerek[93] yapılmasını önerirler, yani bir tür yazılım yaması. Bu kuşaklararası üremeyi engelleyebilir ancak bizi primatlardaki kırk sekiz kromozom normuna uyacak hale getirebilirdi.

Bu değişimler yeryüzündeki insan DNA'larını şimdi olduğundan bile daha benzer yapabilir. Eğer saç ya da göz rengimizle ya da be-

93- Nicholas Wade'in, insan kökenlerinin dilbilimsel, genetik, kültürel ve diğer boyutlarında usta işi bir gezinti olan *Before the Dawn*'da yer alan bir önerisidir.

den şeklimizle oynarsak sonunda birbirimize de benzeyebiliriz. Ama başka teknolojiler söz konusu olduğunda ortaya çıkan tarihsel şablona bakarsak işler tam tersi yönde de gidebilir: DNA'mız giysi, müzik ya da yiyecek zevkimiz kadar çeşitlenebilir. Bu durumda DNA başımıza postmodern kesilebilir ve standart insan genomu diye bir şey kalmayabilir. Genomik metin yeniden yazılmış bir parşömene dönüşür ve sonsuza kadar tekrar tekrar yazılabilir ve DNA'yı hayatın şablonu, yaşamın kitabı olarak tanımlayan metafor geçerliliğini yitirebilir.

Gerçi hayallerimizi saymazsak bu metaforun hiçbir zaman geçerliliği olmadı. Şablonlar ve kitapların tersine DNA'nın sabitlenmiş ya da tasarlanmış bir anlamı yoktur, sadece ona yüklediğimiz anlamı taşır. Bu nedenle DNA'yı dikkatli bir biçimde, düzyazı gibi değil de bir kahinin dolambaçlı, içinden çıkılmaz önemli sözleri gibi yorumlamalıyız.

DNA'yı araştıran bilim insanları gibi, Antik Yunan'da Delfi kahinine giden hacılar da soru sorduklarında kendileriyle ilgili derin bir şey öğrenirlerdi – ama bu alacaklarını düşündükleri cevap olmazdı genellikle. Lidya kralı Krezüs bir keresinde Delfi'ye, savaşta bir başka imparatorla karşılaşıp karşılaşmaması gerektiğini sormuştu. Kahin, "Büyük bir imparatorluğu yok edeceksin," dedi ona. Krezüs kendi imparatorluğunu yok etti. Kahin Sokrates'e, "senden bilgesi yok," demişti. Sokrates bundan kuşkuluydu, ta ki çevresindeki bilgeliğiyle ün salmış herkesle görüşüp onları sorgulayana kadar. Sonra onların tersine en azından bir şey bilmediğini itiraf ettiğini ve bilmediği şeyleri "bildiğine inanarak" kendini kandırmadığını fark etti. Her iki örnekte de insanlar zamanla üzerine düşündükten sonra, olguları toplayıp iki anlamlı sözü çözümlediklerinde gerçek ortaya çıkmıştı. Aynı şey DNA'da da olur: DNA genellikle bize duymak istediklerimizi söyler, yazarların ironi konusunda ondan öğreneceği çok şey vardır.

Delfi'nin aksine, bizim kahinimiz hâlâ konuşuyor. Mütevazı bir başlangıcın ardından sapmalar ve soyun tükenmesi tehlikelerine rağmen DNA'mız (RNA ve diğer NA'lar) bizi yaratmayı ba-

şardı: İçlerindeki DNA'yı keşfedip kodunu çözecek ve aynı zamanda DNA'larının onları nasıl sınırladığını fark edecek kadar da zeki canlıları. DNA geçmişimizle ilgili, kaybettiğimizi düşündüğümüz bir hikaye hazinesini açığa çıkardı. Bize hazineyi yüzyıllarca deşmemizi sağlayacak merakı ve bunun için gereken beyni verdi. Bu iticilik/çekicilik, benim-olmalı/ona-katlanamıyorum ikilemine rağmen, hakkında ne kadar çok şey öğrenirsek DNA'yı değiştirmek de o kadar cezbedici ve arzu edilebilir görünüyor. DNA'nın bize bağışladığı hayal gücü sayesinde, onun yaşama taktığı kuvvetli ve içler acısı zincirlerden kurtarmayı hayal edebiliyoruz. Kimyasal özümüzü yeni baştan yapmayı hayal edebiliyoruz. Yaşamı hem öğreniyor hem de yeni baştan yaratmayı hayal edebiliyoruz. Bu kahin molekül, çabalamayı sürdürerek genetik materyalimizi keşfetmeye, aramaya ve onunla oynamaya devam edersek bildiğimiz yaşamın yok olacağını vaat ediyor. Genetiğin bütün güzelliği, bizi aydınlattığı ve beklenmedik bir biçimde gülümsettiği anların dışında, tekrar tekrar ona yönelmemizi sağlayan da bu vaattir: DNA'mız ve genlerimiz, genlerimiz ve DNA'mız hakkında daha fazlasını, çok daha fazlasını öğrenme vaadi.

Sonsöz

Genomik Kişiselleşiyor

İŞİN İÇYÜZÜNÜ BİLMELERİNE RAĞMEN bilimde tecrübesi olan pek çok kişi, hatta pek çok bilim insanı bilinçdışında hâlâ genlerinden korkar. Çünkü entelektüel anlamda ne kadar yetkin olursanız olun, karşınıza bunun zıttını gösteren ne kadar çok örnek çıkarsa çıksın, bir hastalık geninin DNA'nızda bulunmasının sizi illa ki o hastalığa mahkum etmediğini kabul etmek yine de zordur. Aklınız bunu kabul etse bile içinizde bir şey karşı çıkar. Bu anlaşmazlık, Alzheimerlı annesinin anıları yüzünden, James Watson'ın *apoE* durumunu öğrenmek istemeyişini açıklar. Aynı zamanda büyükbabamdan kaçtığım anın, genlerimi araştırırken Parkinson hastalığıyla ilgili ipuçlarını gizlemeye ikna ettiğini de.

Ancak bu kitabı yazdığım sırada Craig Venter'ın genomuyla ilgili her şeyi sansürlemeden yayınladığını öğrendim. Kamuoyuna açıklamak çılgınca bile olsa kendi DNA'sıyla yüzleşmekteki özgüvenine saygı duydum. Onun örneği bana güç verdi. Her geçen gün, vardığım sonuçla (insanların genleriyle gerçekten yüzleşmesi gerektiği) nasıl davrandığım (Parkinson'umu saklamak) arasındaki çelişki beni giderek daha çok rahatsız etti. Bu nedenle en sonunda dişimi sıkıp, test şirketinin sitesine girdim ve sonuçlardaki elektronik mührü kaldırmak üzere faremi tıklattım.

İtiraf edeyim gözlerimi yerden kaldırıp ekrana bakmak birkaç saniyemi daha aldı. Bakar bakmaz da rahat bir soluk alarak adeta uyuştum. Omuzlarımın, kollarımın, bacaklarımın gevşediğini hissettim. Şirkete göre Parkinson hastalığına yakalanma riskim diğer insanlara nazaran daha fazla değildi.

Bir sevinç çığlığı attım, ama sevinmeli miydim? Mutluluğumda ironik bir yan da vardı kuşkusuz. Genler kesin şeylerle ilgilenmez, onlar olasılıklarla ilgilenir. Bu, sonuca göz atmadan önceki mantramdı, riskli DNA'yı almış olsam bile, bunun beynimi harap etmek *zorunda olmadığıma* kendimi inandırma yöntemim. Ama işler biraz düzelir gibi göründüğünde belirsizliği neşeyle bir kenara atıp daha az riskli DNA'nın hastalıktan kesinlikle kurtulduğum anlamına gelmeyeceğini sevinçle görmezden geldim. Genler olasılıklarla ilgilenir ve bu olasılığın bir kısmı hâlâ orada duruyordu. Bunu biliyordum ama yine de rahatlamıştım. Bu, kişisel genetiğin paradoksudur.

İzleyen aylarda küçük rahatsız edici bilişsel uyumsuzluğu kovdum ve dikkatimi kitabı bitirmeye verdim. DNA'nın her zaman son sözü söylediğini unutarak. Son noktayı koyduğum gün test şirketi eski sonuçların yeni bilimsel araştırmalar ışığında güncellendiğini haber verdi. Tarayıcımı açıp ekrandaki görüntüyü kaydırmaya başladım. Daha önce bir dizi güncelleştirme görmüştüm, her seferinde yeni sonuçlar zaten sadece öğrendiklerimi doğrulamaya yaramıştı, riskim aşağı yukarı aynı kalmıştı. Bu nedenle Parkinson güncelleştirmesini gördüğümde neredeyse hiç tereddüt etmedim. Güçlü ve gözü pek bir ruh haliyle tam üzerine tıkladım.

Zihnim gördüğüm şeyi özümseyene kadar, gözlerim rahatlığımı artıran büyük fontlu yeşil bir yazıya takıldı (Yalnızca kırmızı harfler *dikkat edin* anlamına geliyordu.) Bu nedenle yanındaki yazıyı anlayana kadar birkaç kez okumak zorunda kaldım: "Parkinson hastalığına yakalanma riski nispeten yüksek."

Yüksek mi? Yakından baktım. Yeni bir araştırma DNA'yı genomda, daha önce gördüğüm sonuçtakilerden farklı bir noktada incelemişti. Benim gibi Kafkasyalı insanlar, Kromozom 4 üzerindeki söz

konusu noktada ya CT ya da TT sahibiydi. Bende (şişman yeşil harflere bakılırsa) söz konusu noktada CC vardı. Araştırmaya göre bu daha yüksek risk demekti.

Aldatılmıştım. Genetik bir cezaya çarptırılmayı bekleyip bir noktada o cezayı çekmek bir şeydi, ama bir hüküm giymeyi beklerken önce affedilip sonra kendini tekrar mahkum edilmiş bulmak? Çok daha büyük işkenceydi.

Her nedense bu genetik hüküm beklediğim gibi boğazımı düğümlemedi. Panik ya da nörotransmitterlerden gelen bir savaş-ya-da-kaç dürtüsü hissetmedim. Psikolojik olarak bunun katlanması en zor şey olması gerekirdi, yine de beynim infilak etmemişti. Haberler keyfimi yerine getirmiş değildi elbette, ama kendimi sakin ve dertsiz tasasız hissediyordum.

O halde ilk haberle son haber, hazırlık ve sözde ölümcül darbe arasında ne değişmişti? Kendini beğenmiş biri gibi konuşmak istemem ama sanırım eğitildim. Artık Parkinson gibi çok sayıda genin etkisine bağlı karmaşık bir hastalık söz konusu olduğunda genlerden herhangi birinin muhtemelen riskimi fazla etkilemeyeceğini öğrenmiştim. Ardından "nispeten yüksek risk"in ne anlama geldiğini araştırdım, bu da yalnızca yüzde yirmiydi. Üstelik bu miktar, erkeklerin yalnızca yüzde 1,6'sını etkileyen bir hastalık (bunu da daha fazla araştırdığımda öğrendim) içindi. Şirketin itiraf ettiği gibi yeni araştırma bir "başlangıç"tı, değişikliklere açıktı, belki de her şey tersine dönebilirdi. Yaşlandığımda yine de Parkinson olabilirdim. Öte yandan genlerin nesilde, Büyükbaba Kean, Gene ve Jean arasında bir yerde karışması sırasında tehlikeli parçalar dağılmış olabilirdi ve hâlâ bir yerlerde gizleniyorlarsa bile, ille de alevlenecekler diye bir şey yoktu. İçimdeki küçük çocuğun kaçması için bir sebep yoktu.

En sonunda kafama dank etmişti: Kesin sonuçlar yoktu, olasılıklar vardı. Bireysel genetiğin yararı olmadığını söylemiyorum. Örneğin (başka araştırmaların söylediği gibi) prostat kanserine yakalanma ihtimalimin daha yüksek olduğunu bildiğime memnunum, bu nedenle yaşlandıkça doktorumun lastik eldivenlerini ta-

kıp kontrollerini yaptığından emin olacağım. (Dört gözle beklenecek bir şey.) Ama klinikte bir hasta için genler yalnızca başka bir araçtır, kan-idrar tahlili ya da aile geçmişi gibi. Gerçekten de genetik biliminin getirdiği en anlamlı değişimler muhtemelen anında teşhis ya da tıbbi ilaçlar değil, zihinsel ve manevi zenginleşme –varoluşsal düzeyde biz insanların kim olduğumuza ve yeryüzündeki başka canlıların arasında yerimizin ne olduğuna dair geniş bir algı– olacaktır. DNA'mın dizilenmesinden keyif aldım ve aynı şeyi tekrar yapardım ama sağlığımla ilgili bir yarar elde edeceğim için değil. Daha ziyade, henüz her şeyin en başında olduğumdan memnun olduğum için.