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

STEVEN D. GARBER

biyoloji

KENDİ KENDİNE ÖĞRETME KILAVUZU

İKİNCİ BASIMDAN ÇEVİRİ

biyoloji

KENDİ KENDİNE ÖĞRETME KILAVUZU

- Hücrelerden dolaşım sistemine kadar tam bir seyir
- Yüzlerce soru ve birçok inceleme testi
- Tanımlanan ve açıklanan anahtar kavramlar ve terimler

Çeviri Editörleri: Prof. Dr. Ökkeş Yılmaz - Dr. Öğr. Üyesi Hatayi Zengin

SECOND EDITION

biology

A SELF-TEACHING GUIDE

- A complete course, from cells to the circulatory system
- Hundreds of questions and many review tests
- Key concepts and terms defined and explained

STEVEN D. GARBER

nobel

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

Biyoloji

Kendi Kendine Öğretme Kılavuzu

Biology

A Self-Teaching Guide

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

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

Biyoloji

Kendi Kendine Öğretme Kılavuzu

İkinci Basımdan Çeviri

Steven Daniel Garber

Biology

A Self-Teaching Guide

Second Edition

Çeviri Editörleri

Prof. Dr. Ökkeş Yılmaz

Dr. Öğr. Üyesi Hatayi Zengin

John Wiley & Sons, Inc.

nobel

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

BİYOLOJİ Kendi Kendine Öğretme Kılavuzu
Çeviri Editörleri: Prof. Dr. Ökkeş Yılmaz - Dr. Öğr. Üyesi Hatayi Zengin
BIOLOGY A Self-Teaching Guide
Steven Daniel Garber

Yayın No. : 2251
Fen Bilimleri No.: 149
ISBN : 978-605-7895-60-8
Basım Sayısı : 2. Basımdan Çeviri, Mart 2019

© Copyright 2019, NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD. ŞTİ. SERTİFİKA NO.: 40340
Bu baskının bütün hakları Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.ne aittir. Yayınevinin yazılı izni olmaksızın, kitabın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla basımı, yayımı, çoğaltımı ve dağıtımı yapılamaz.

Copyright © 1989, 2002 by Steven D. Garber. All rights reserved. This translation published under license.
TURKISH language edition published by NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK, Copyright © 2019

Genel Yayın Yönetmeni : Nevzat Argun -nargun@nobelyayin.com-
Yayın Koordinatörü : Gülfem Dursun -gulfem@nobelyayin.com-

Redaksiyon : Samet Tekin -samet@nobelyayin.com-
Sayfa Tasarım : Gülbeyaz Güler -gulbeyaz@nobelyayin.com-
Kapak Tasarım : Mehtap Yürümez -mehtap@nobelyayin.com-
Baskı ve Cilt : Osmanlı Mücellit Matbaacılık Sertifika No.: 29041
Plastikçiler Sitesi 1536 Sokak No.: 40 Yenimahalle / ANKARA

Kütüphane Bilgi Kartı

Garber, Steven Daniel.

BIOLOGY A Self-Teaching Guide / Steven Daniel Garber
BİYOLOJİ Kendi Kendine Öğretme Kılavuzu / *Çeviri Editörleri: Ökkeş Yılmaz - Hatayi Zengin*
1. Basım. xviii + 358 s. 17x24 cm. Kaynakça yok, dizin var.
ISBN: 978-605-7895-60-8
1. Hücre Yapısı, Bölünmesi ve Üreme 2. Canlılarda Sistemler 3. Canlıların Sınıflandırılması

Genel Dağıtım

ATLAS AKADEMİK BASIM YAYIN DAĞITIM TİC. LTD. ŞTİ.
Adres: Bahçekapı mh. 2465 sk. Oto Sanayi Sitesi No:7 Bodrum Kat Şaşmaz-ANKARA - siparis@nobelyayin.com-
Telefon: +90 312 278 50 77 - **Faks:** 0 312 278 21 65
E-Satış: www.nobelkitap.com - www.atlaskitap.com - **Bilgi:** esatis@nobelkitap.com - info@atlaskitap.com

Dağıtım ve Satış Noktaları: Alfa Basım Dağıtım, Ana Basım Dağıtım, Arasta, Arkadaş Kitabevi, Başarı Dağıtım, D&R mağazaları, Dost Dağıtım, Güneş Dağıtım, Kitapsan, Nezih Kitabevleri, Prefix, Remzi Kitabevleri, TveK Mağazaları

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

Çeviri Kurulu

1 Hayatın Kökeni

Dr. Şenel Sencer Tektaş
Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

2 Hücre Yapısı

Dr. Şenel Sencer Tektaş
Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

3 Hücre Bölünmesi

Dr. Öğr. Üyesi Hatayi Zengin
Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü

4 Üreme

Prof. Dr. Muhittin Dinç
Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü

5 Hücresel Solunum

Prof. Dr. Ökkeş Yılmaz
Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

6 Fotosentez

Doç. Dr. Kamuran Aktaş
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

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

7 Homeostaz

Doç. Dr. İsmail Gökden Deniz
Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü

8 Hormonlar

Dr. Semih Dalkılıç
Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

9 Beyin ve Sinir Sistemi

Dr. Emel Akbaba
Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

10 Kemikler ve Kaslar

Dr. Semih Dalkılıç
Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

11 İç Taşıma: Bitkiler ve Omurgasız Hayvanlar

Doç. Dr. Kamuran Aktaş
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

12 Dolaşım Sistemi

Dr. Pelin Yılmaz Sancar
Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

13 Kan

Dr. Öğr. Üyesi Hatayi Zengin
Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü

14 Virüsler ve Altvirüsler

Doç. Dr. İsmail Eker
Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

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

15 Monera

Dr. Gülden Doğan
Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

16 Protista

Prof. Dr. Rahime Oral
Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü

17 Mantarlar Âlemi: Fungi

Prof. Dr. Rahime Oral
Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü

18 Bitkiler Âlemi: Plantae

Dr. Gülden Doğan
Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü

19 Hayvanlar Âlemi: Animalia

Dr. Öğr. Üyesi Fatma Koçbaş
Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü

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

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

İçindekiler

	Bu Kitap Nasıl Kullanılır	xi
	Ön Söz	xiii
	Teşekkür	xv
	Çeviri Editörünün Ön Sözü	xvii
1	Hayatın Kökeni	1
2	Hücre Yapısı	11
3	Hücre Bölünmesi	51
4	Üreme	69
5	Hücresel Solunum	91
6	Fotosentez	107
7	Homeostaz	129
8	Hormonlar	143
9	Beyin ve Sinir Sistemi	165
10	Kemikler ve Kaslar	189
11	İç Taşıma: Bitkiler ve Omurgasız Hayvanlar	205
12	Dolaşım Sistemi	219
13	Kan	235
14	Virüsler ve Altvirüsler	251
15	Monera	259
16	Protista	271
17	Mantarlar Âlemi: Fungi	275
18	Bitkiler Âlemi: Plantae	285
19	Hayvanlar Âlemi: Animalia	307
	Dizin	341

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

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

Bu Kitap Nasıl Kullanılır

Bu Kendi Kendine Öğrenme Rehberi'nin amacı şu an birçok üniversitenin biyoloji derslerinde öğretilenleri bir araya getirmek, *öğrenmeyi kolaylaştırmak* ve dolayısıyla öğrenciyi daha başarılı kılmaktır. Bu kitap, herhangi bir biyoloji dersinde başarılı olmak için gereken tüm temel noktaları vurgularken, temel kavramları ve terimleri düzenler, sadeleştirir ve bunlara açıklık getirir.

Bölümler ve bölüm sonundaki sorular, testler, sınavlar, yeterlilik sınavları ve finaller için mükemmel bir hazırlık imkânı sunmaktadır. Bu Kendi Kendine Öğrenme Rehberi'nde, her bölümün sonunda anahtar terimlerin, üzerinde düşünülecek soruların ve sınavlarda çıkanlara benzeyen çoktan seçmeli soruların bulunduğu (cevaplarla birlikte) bir çalışma bölümü sunulmuştur. Ayrıca, bu kitap, Öğrenci Yetenek Testi (SAT), Amerikan Üniversitesi Test Programı Değerlendirmesi (ACT), Biyoloji'de Giriş Test Programı Başarı Testi, İleri Yerleştirme Programı: Biyoloji, Üniversite Düzeyi Sınavı Programı: Bilimde Alan Sınavı, Ulusal Öğretmen Sınavları (NTE) Alan Testi: Biyoloji ve Genel Bilimler, Lisansüstü Kayıt Sınavları (GRE): Alan Testi-Biyoloji gibi standart sınavların biyoloji alanına hazırlanmak için mükemmel bir yardımcıdır.

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

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

Ön Söz

Ben; öğrenci, asistan, profesör, başkan, dekan ve yönetici oldum. Her düzeyde öğrenciyle çalıştım ve birçok farklı biyoloji kitabı kullandık. İhtiyaç açık, benzerlikler ortada. Öğrenciler, biyoloji derslerinin bir şeye gerek duyduğu konusunda hemfikirler. Sizi, birçok şeyi, çok hızlı bir şekilde öğrenmeniz için zorluyorlar. Size öğretilenler ve okuduklarınız genelde anlaması çok zor şeyler olmaktadır.

Bu kitap, biyoloji derslerinin zayıflığına çözüm bulma ve güçlü tarafları üzerine inşa edilmesiyle, bize iş birliği yapma ve size öğretilenlerle öğrendikleriniz arasındaki boşluğu doldurma olanağı sunar. Hepinize, *Biyoloji: Kendi Kendine Öğrenme Rehberi*'ni ben anlatmayı tercih ederdim ama ben olmadan da etkisinin olumlu olacağı kanısındayım. Yöntem işe yaramaktadır!

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

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

Teşekkür

Biyoloji okuryazarlığının teşvik edilmesi asil bir görevdir. Genel bir muammayı ve ona ait belirsizlikleri ortadan kaldırıp konuyu netleştirdiğimiz her yerde eşsiz bir memnuniyet duyduğumu belirttiğimde tüm vatandaşlarım ve çalışma arkadaşlarım adına konuştuğumdan eminim.

Editörüm Jeffrey Golick'e; yönetmen editörü John Simko; copyeditor, Debra Manette ve yazı editörüm F. Joseph Spieler'e, ustaca yönlendirilme ve müzakere edilmiş olmasından dolayı teşekkür etmek isterim. Ayrıca Rutgers Üniversitesi, Yale Üniversitesi, Cornell Üniversitesi, New York Üniversitesi, Amerikan Doğa Tarihi Müzesi, Ulusal Park Servisi ve New York Şehri Parklar ve Rekreasyon Bölümü'ndeki birçok meslektaşıma da teşekkür ederim.

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

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

Çeviri Editörünün Ön Sözü

Biyoloji, "Kendi Kendine Öğrenme Rehberi" şeklinde yazılan bu kitap, biyoloji ile ilgili ders verilen Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü; Eğitim Fakültesi, Biyoloji Öğretmenliği Bölümleri ile Fen Bilgisi Öğretmenliği Bölümlerinde okutulan Genel Biyoloji dersleri için geniş bir bakış açısı içinde kapsamlı kısa ve pratik bir şekilde yazılmış bir kitaptır. Kitabın içeriğinde herhangi bir değişim yapılmadan ve kitaba herhangi bir katkıda bulunulmadan, kitabın, doğrudan çevirisi yapılmıştır.

Okuyucuların ve öğrencilerin biyoloji bilimlerine dair işlevsel bir anlayış kazandırmak amacıyla yazılan bu kitap, her bölüm ile ilgili olarak okuyucuların kendilerini test edebilecekleri çoktan seçmeli sorular ve cevaplar kısmı ile hakkında düşünülecek sorular olmak üzere iki farklı kapsamda sorular içermektedir.

Orijinali Stewen Daniel Garber tarafından kaleme alınan ve ikinci baskısı yapılan bu kitap, Biyoloji Bölümleri, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümleri, Biyoloji Öğretmenliği ve Fen Bilgisi Öğretmenliği gibi alanlarda okutulan Genel Biyoloji derslerinde yararlanılabilecek önemli bir kaynaktır. Kitabın tercümesinde ve düzenlenmesinde katkıda bulunan başta Dr. Öğr. Üyesi Hatayi Zengin olmak üzere bütün öğretim üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

Prof. Dr. Ökkeş Yılmaz

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

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

1 Hayatın Kökeni

Yaşamın dünyadaki gelişimi sırası ile takip eden olayları içerir. Görülen ilk canlılar, en basit canlılar olan tek hücreli organizmalardı. Daha sonra bunlardan daha komplike olan çok hücreli organizmalar meydana geldi. Daha komplike hâle gelmek, sadece hücre sayısındaki artıştan daha fazlasını gerektiriyordu. Daha fazla hücre sayısı ile beraber, çok hücreli organizmalarda belirli görevleri yerine getiren hücresel özelleşme ortaya çıktı. Milyonlarca hatta milyarlarca yıllık organizmal değişiklikten sonra bugün bitkiler ve hayvanlar olarak adlandırdığımız canlılar meydana gelmiş oldu.

Bu olayların temel dizisi, çoğu jeologlar, paleontologlar, biyologlar ve hatta teologlar tarafından üzerinde anlaşılan ortak kanıya uygun olduğu için; Musa, Aristoteles ve Darwin'in mantıksal olarak en olası yaratılış hikâyesini ortaya koyan keskin gözlemciler ve doğa bilimciler olduğu kanısına varılabilir.

Bilim insanları genel olarak, Güneş sistemimizin oluşumundan bu yana yaklaşık 4,5 milyar yıl geçtiği kanısındadır. Dünyamızın altı günde yaratıldığına inananlar, genellikle **yaratılışçılar** olarak adlandırılır. Yaratılışçıların soruşturma yöntemleri, İncil'in bahsettiği her şeyin kesin doğru olarak kabul edilmesine dayanır. Diğer yandan, **bilim adamları** ise araştırmalarında hipotezleri ve teorileri test etmelerini, kavramları ve fikirleri geliştirmelerini sağlayan **bilimsel yöntemi** kullanmaktadırlar. Bununla birlikte, yaratılışçı görüşü benimsemiş çok sayıda iyi bilim adamı bulunmaktadır. Her iki görüş sıklıkla kıyaslanıp tezatlanmış olsa da aslın-

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

da yaratılışçılık bir bilim değildir ve bu nedenle çoğu biyoloji kitabında ele alınmaz.

Kendiliğinden Oluşum (Abiyogenez)

Canlı organizmaların cansız maddelerden köken aldığı hakkındaki hipotez, **kendiliğinden oluşum** olarak bilinir. Bu konsept bin yılı aşkın süre boyunca kendine taraftar bulmuştur. Aristo, böceklerin ve kurbağaların nemli topraktan türemiş olduğuna inanmaktaydı. Yüzyıllar boyunca bu temel tema üzerinde fikirler üretilmeye devam edildi. Ta ki 1668 yılında İtalyan Francesco Redi, kurtçukların çürüyen etten türediği yaygın inancını test edip kendiliğinden oluşum konseptini sorgulayıncaya kadar. Francesco, bazılarının ağzı havanın girişine izin veren fakat sineklerin geçişine izin vermeyecek şekilde file ile kapatılmış bir seri kavanoza ölü hayvan örnekleri yerleştirdi. Kurtçuklar sadece ağzı açık bırakılmış kavanozlardaki leşlerin üzerinde oluştu. Bu ağzı açık kavanozlardaki leşlere sinekler ulaşıp yumurtlayabilmişlerdi ve yumurtalar daha sonra sinek larvalarına ve kurtçuklara dönüştüler. Diğer yandan ağzı file ile kapatılmış kavanozlardaki leşlere sinekler ulaşamadıkları için burada kurtçuklar oluşamadı. Buradan kurtçukların sadece sineklerin yumurtalarını bırakabileceği yerlerde ortaya çıktıkları sonucuna ulaştı.

On dokuzuncu yüzyılda Fransa'da Louis Pasteur ve İngiltere'de John Tyndall tarafından yürütülen diğer deneylerle birlikte, mikroorganizmaların kendiliğinden oluşum teorisi rafa kalkmış oldu. Onlar bakterilerin havada bulunduğunu ve steril olan sıvı besi yerinin ısı ile sterile edilen hava ile temasında hâlen steril kalabileceğini ispatladılar. O zamana kadar insanlar hâlâ mikroorganizmaların kendiliğinden oluştuğuna inanmaktaydı.

Hayatın kökeni hakkındaki teorilerin daha ileriye taşınması için, kendiliğinden oluşum teorisi ile ilgili tartışmalarda mistisizmin son bir nedeni olan **vitalist doktrinin** de geçersiz kılınması gerekiyordu. Bu fikrin destekçileri yaşam süreçlerinin yalnızca fiziksel evrenin yasaları ile açıklanamayacağını aynı zamanda kısmen bazı **hayati güçler** veya **hayati prensipler** ile var olduğunu ele almaktaydı. 1870'lerin sonunda, çoğu bilim adamının tüm organizmaların daha önce var olan organizmaların çoğalmasıyla ortaya çıktığını kabul etmesi ile birlikle kendiliğinden oluşum konsepti tarihe karıştı.

Hayatın Kökeni İçin Koşullar

Hayatın dünyada zaman içindeki bir dizi kimyasal reaksiyonlar sonucu oluştuğu düşünülmektedir. En yaygın olarak kabul edilen hipotez, eski bir

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

yıldızın patlaması sonucu süpernovadan çıkan madde bulutunun birleşmesi ile Güneş'in ve gezegenlerin oluşumuyla başlar. Sonuçların hemen hemen aynı olmaması olasılığı ile birlikte, aynı patlama ve aynı zaman süreci tekrarlanmış olsa, aynı sıradaki olaylar muhtemelen tekrar gerçekleşirdi.

Birleşerek en büyük kütle hâline gelen Güneş ve küçük kütlelerden biri olan bizim Dünyamız, Güneş sistemimizi ortaya çıkardı. Yeryüzünde, daha ağır materyaller gezegenin çekirdeğine batarken hafif maddeler yoğun bir şekilde yüzeye çıktı. Bunların arasında hidrojen, oksijen ve karbon gelişen tüm yaşam açısından önemli bileşenler olarak bulunmaktadır.

Dünyadaki ilkel atmosfer şu anda var olan durumdan oldukça farklıydı. Mevcut atmosferik gazlar öncelikle moleküler azot (N_2, yüzde 78), moleküler oksijen (O_2, yüzde 21) ve az miktarda karbondioksit (CO_2, yüzde 0,033) iken, helyum ve neon gibi diğer birçok gaz ise çok az miktarda bulunmaktaydı.

Günümüz atmosferinin bileşimi, hayatın yeni gelişmeye başladığı şartlardakinden belirgin şekilde farklıdır. O zamanda atmosfer şu andakinin aksine çok daha fazla hidrojen içeriyorken, bugünün aksine, daha az miktarda oksijen içeriyordu. Böyle bir atmosferde, muhtemelen azot, hidrojen ile birleşerek amonyak (NH_3); oksijen, hidrojenle birleşip su buharı (H_20) oluşturmuş; hidrojen ise karbon atomları ile birlikte öncelikli olarak metan (CH_4) bileşiği olarak bulunmaktaydı. Yer kabuğunun yüksek sıcaklığı ona çarpan her yağmur suyunu su buharına dönüştürerek buharlaştırdı. Yeryüzü soğurken, yağmur suyu çözülmüş mineralleri çukur alanlara taşıyarak göller, denizler ve okyanusları oluşturdu. Buna ek olarak, okyanuslarda ve karada meydana gelen volkanik aktiviteler nihayetinde okyanuslarda biriken çeşitli türdeki tuzlar gibi mineralleri yeryüzüne getirdi. Ayrıca, yeryüzünde herhangi bir yaşamın var olmasından çok daha önce, denizler büyük miktarlarda basit organik bir bileşik olan metan içeriyordu.

Yaşamın meydana gelmesi için başlangıçta gerekli olan bileşiklerin çoğunun bu erken denizlerde mevcut olduğu düşünülmektedir. Diğer çalışmalar yaşamın ortaya çıkmasına götüren ilk adımların atılabileceği uygun ortamların başka yerlerde de mevcut olabileceğini belirtmişlerdir. Ancak bu ortamlar henüz iyi anlaşılamamıştır ve hayatın kökeni ile potansiyel bağlantıları belirlenememiştir.

Hayatın Başlangıcı ile İlgili Deneyler

1920'lerde Sovyet bilim adamı S. I. Oparin, milyarlarca yıl önce Dünya'da meydana gelen inorganik bileşiklerden yaşamın nasıl türemiş olabileceğini araştırdı. Çalışmaları, aralarından en öne çıkanı 1950'lerde Stanley

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

Miller'ın deneyleri olan birçok önemli gelişmelere yol açtı. Miller, erken okyanusların ve ilkel atmosferin kimyasal koşullarını tekrarladı ve kimyasal reaksiyonlar üretmek için elektrik kıvılcımı şeklinde bir enerji kaynağı kullandı. Erken okyanuslarda ve Dünya'nın ilkel atmosferinde bulunduğu düşünülen bileşikleri ihtiva eden sıcak su ve gazların yaklaşık bir hafta boyunca kıvılcımlara maruz kaldıklarında, organik bileşiklerin oluştuğunu buldu.

Melvin Calvin ve Sydney Fox tarafından gerçekleştirilenler gibi sonraki denemeler, hayatın yapı taşları olarak adlandırılan önemli birçok yapının ya da proteinleri oluşturan amino asitlerin, deneysel olarak Stanley Miller tarafından ilk kez kurulanlara benzer koşullar altında oldukça kolaylıkla oluştuğunu göstermiştir.

Kili meydana getiren mikroskobik parçacıkların üzerinde bulunan ince su filminin önemli kimyasal reaksiyonlar için uygun koşullara sahip olduğu gösterilmiştir. Killer yaşayan süreçler olarak tanımladığımız olaylara dâhil olan moleküllere destek ve organik çeşitlilik için katalizör görevi görürler. J. Desmond Bernal'in (1940'ların sonlarında) killerin hayatın kökeni üzerindeki önemi ile ilgili fikirlerini ortaya attığından beri, kil içeren ilave prebiyotik senaryolar önerildi. Killer; enerji depoluyor, bu enerjileri dönüştürüyor ve kimyasal reaksiyonlar gerçekleştirebilecek kimyasal enerji formunda salıyorlar. Killer, ayrıca tampon görevi görme ve hatta şablon gibi davranma kapasitesine sahiptir. A. G. Cairns-Smith, killerle ilişkili olarak büyüyen çeşitli metallerin mikroskobik kristallerini analiz etti ve bunların büyüme modellerini sürekli tekrarladıklarını keşfetti. Bu durumun bazı moleküllerin kendiliğinden türemek için bağlı oldukları orijinal şablonlarla alakalı olabileceğini öne sürdü. Cairns-Smith ve A. Weiss, killerin kendini kopyalayan sistemlerin ilk şablonları olabileceğini öne sürmektedirler.

Bazı araştırmacılar, mutasyon ve böyle basit moleküler sistemlerin seçilmesi yoluyla, diğer moleküllerin sonunda şablon gibi davranan kilin yerini alabileceğine inanmaktadır. Böylece zaman içerisinde, bazı şablonlara bir molekülün basitçe transkripsiyonu için sadece bilgi şifrelemek yerine, belirli koşullar altında spesifik molekülleri transkripte edecek şekilde depolanan bilgileri kodlamak mümkün olabilir.

Daha fazla molekül üreten moleküllerin hücre benzeri muhafazalar içine nasıl sarmalandığını açıklamak için başka senaryolar önerilmiştir. Sydney Fox ve arkadaşları ilk önce protein-nükleik asit sistemleri arasındaki moleküler sınırların spontane bir şekilde ortaya çıkabileceğini gözlemledi. Amino asidi kuru koşullar altında ısıttılar ve uzun polipeptit zincirlerinin üretildiğini saptadılar. Bu polipeptidler daha sonra sıcak su solüsyonlarına konuldu ve soğutulduktan sonra araştırmacılar polipep-

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

titlerin küçük küreler hâlinde birleştiğini buldular. Bu küresel membranlarda veya **mikrosferlerde** belirli maddeler hapsoldu. Ayrıca çevreleyen solüsyondaki lipitler membranlara müdâhil olarak bir protein-lipid membran oluşturdu.

Oparin, "Orijinal protobiyon sistemlerden doğadaki en ilkel bakterilere kadar olan yol... Amipten insana giden yoldan daha az veya daha kısa sürmedi" dedi. Başka bir deyişle, yapılan açıklamalar organik moleküllerin ilkel denizlerde veya killer üzerinde nasıl türemiş olabileceğini basite indirgemeyi amaçlamış ve bu moleküllerin lipit protein membranlarına nasıl hapsolabileceği gösterilmiş olsa da bu deneysel durumları temel alarak gerçekte canlı hücreler oluşturmak başka bir boyuttur ve en azından yüz milyonlarca yıl, belki de daha da uzun sürmüş olabilir.

Panspermia

Çoğu modern teorisyen, canlı organizmaların en azından şimdiki koşullar altında spontane olarak türediği fikrini kabul etmezken; birçoğu yukarıda tarif edilen uzun zaman önce hâkim olan koşullar altında canlıların cansız maddelerden muhtemelen kendiliğinden ortaya çıktığını düşünmektedir. Bununla birlikte, Dünya üzerindeki hayatın kökeni için başka hipotezler de önerilmiştir.

1821'de Fransız Sales-Guyon de Montlivault, Ay'dan gelen tohumların Dünya'daki en erken yaşama nasıl kök verdiğini tanımladı. 1860'lı yıllarda bir Alman olan H. E. Richter, göktaşlarında evrenin bir bölümünden taşınan mikropların sonunda Dünya'ya yerleşmiş olma olasılığını önerdi. Bununla birlikte, yıldızlar arası alanın oldukça soğuk (-220°C) olduğunun keşfedilmesi ile birlikte bu sıcaklığın bilinen çoğu mikrobik yaşam biçimini öldüreceği, bu nedenle meteorik ulaşımın canlıların taşınması için makul bir olasılık olarak kabul edinilemeyeceği bulundu. Meteor üzerinde bir canlı hayatta kalmayı basarmış olsa bile, Dünya'ya atmosferini delerek girme sırasında oluşacak yüksek sıcaklık bu canlıyı kül hâline getirirdi.

Bu argümanlara karşı, 1905'te bir İsveçli kimyager Svante Arrhenius, **panspermi** olarak bilinen kapsamlı bir teori önerdi. Gerçekte uzayda yolculuk yapanların bakterilerin sporları olduğunu, bunların soğuk havalarda uzun süre hayatta kalabileceklerini (New Mexico, Carlsbad'daki bazı bakteri sporları 250 milyon yıl hayatta kaldı ve yakın zamanda canlandırıldı) ve Dünya atmosferine çarptıklarında yanan meteorlarda seyahat etmek yerine bu sporların tek başına yıldızlar arası uzayda yıldız ışığının fiziksel basıncıyla itilerek taşındığını ileri sürdü.

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

Bu teorinin Arrhenius'un göz ardı ettiği ana sorunu, ultraviyole ışığın bakteri sporlarını gezegenimizin atmosferine ulaşma şansı bulamadan çok önce öldürülmüş olacağıydı. Bu, teoriye sonradan getirilen modifikasyonu açıklamaktadır.

James Watson'la birlikte DNA'nın yapısını keşfettikleri için Nobel Ödülü'nü alan Francis Crick, 1973'te bir biyokimyager olan Leslie Orgel ile ortak yazar olarak bir makale yayınladı. Yazdıkları makaleyi "Yönlendirilmiş Panspermi", Crick'in mikroorganizmaların kompakt dayanıklılığından dolayı diğer uzak gezegenleri enfekte etmek amacıyla bir uzay gemisine paketlenip gönderilmiş olabileceğini önermiş olduğu *Hayatın Kendisi (Life Itself)* adlı kitabı izledi. Crick'in hipotezinde eksik olan tek bağ bir motifti.

Dünyadaki Hayatın Kökeni İpuçları İçin Uzayı Araştırma

Yaşamın kökeniyle ilgili güncel bilgiler yeni araştırma konuları ortaya çıkarmıştır. Şaşırtıcı bir gerçek olarak, 1986'da Halley kuyruklu yıldızına yakından uçan uzay aracı, kuyruklu yıldızın beklenenden çok daha fazla organik madde içerdiğini gösteren bilgiler gönderdi. Bu ve buna ilave kanıtlardan dolayı bazı kişiler evrenin yaşamın kimyasal öncüleri ile dolu olduğu sonucuna varmıştır. Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi'nin yaşam bilimleri bölümünün şefi Lynn Griffiths "Baktığımız her yerde biyolojik olarak önemli süreç ve maddeler bulmaktayız." demiştir.

Yıllardır, fosil kanıtlarından biliyoruz ki bakteriler yaklaşık 3,5 milyar yıl önce, yani Güneş sistemi kurulduktan yaklaşık 1 milyar yıldan daha fazla bir zamandan sonra Dünya'da ortaya çıktılar. Birkaç yıl içinde basit organik kimyasalların daha karmaşık olanlara, daha sonra proteinlere, genetik materyallere ve canlı, üreyen hücrelere nasıl dönüştüğünün anlaşılmasında güçlükler vardır.

Şuandaki güncel teori, yaklaşık 4 milyar yıl önce Güneş sisteminin oluşumunu takip eden sürede amino asitler gibi kompleks organik moleküller de dâhil olmak üzere yaşam için elzem olan çok sayıda önemli öge yeryüzüne ve diğer gezegenlere kuyruklu yıldızlar, meteorlar ve yıldızlar arası toz vasıtasıyla yağdı. Bu organik kimyasallar daha karmaşık moleküllere, daha sonra proteinlere, genetik materyallere ve yaşayan, üreyen hücrelere gelişti ve bu şimdilerde **kimyasal evrimin** neredeyse kaçınılmaz sonucu olarak görülmektedir.

Ne yazık ki, Dünya'nın kritik bir milyar yılı boyunca oluşan kimyasal evriminin izi onu takip eden 3,5 milyar yıl boyunca ardında bir iz bırakmadan yok oldu. Fakat günümüzde biyologlar ve kimyacılar, yeryüzündeki yaşamın kökenindeki ilk aşamalara ilişkin ipuçlarının Güneş sisteminin

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

başka yerlerine bakarak bulunabileceğini düşünüyorlar. Gezegen bilimciler, yakında bu tür soruları araştırmak üzere gezegenler, Ay, kuyruklu yıldızlar ve asteroitlerde meydana gelmiş veya hâlâ meydana gelebilecek kimyasal evrim yollarını gösteren kanıt arayışında yeni sondalar başlatacaklar.

ANAHTAR TERİMLER

Kimyasal evrim
Bilimsel yöntem
Hayati güç
Yaratılışçı
Bilim adamı
Hayati prensipler
Mikroküreler
Kendiliğinden oluşum
Canlı doktrini
Panspermia

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

1. Dünyanın ve tüm canlılarının altı günde yaratıldığına dair İncil'in açıklamalarına inananlar şöyle bilinir:
   a. Evrimci biyologlar
   b. Moleküler biyologlar
   c. Sistematik uzmanları
   d. Kladistler
   e. Yaratılışçılar

2. Bilim adamları, hipotezleri ve teorileri test etmelerini ve kavramlar ve fikirler geliştirebilmelerini sağlayan _____ kullanırlar.
   a. Occam'ın usturasını
   b. Dinî dogmayı
   c. Dinî inancı
   d. Bilimsel yöntemi
   e. Yaratılış bilimini

3. Aristo, böceklerin ve kurbağaların nemli topraktaki canlı olmayan bileşenlerden türediğine inanıyordu. Canlı organizmaların kökeni ile ilgili bu erken hipotez _____ olarak bilinir.
   a. Evrim
   b. Kendiliğinden oluşum
   c. Materyalizm
   d. Yaratılışçılık
   e. Aristoteles nesli

4. _____ destekleyicileri, yaşam süreçlerinin sadece fiziksel evrenin yasalarıyla belirlenir olmasına değil aynı zamanda hayati bir güce veya hayati prensibe bağlı olduğunu düşünmektedirler.
   a. Dogmatik ilke'nin
   b. Darwinci yaklaşım'in
   c. Canlı doktrinin
   d. Lamarck ilkesi'nin
   e. Yukarıdakilerin hepsi

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

5. Günümüz atmosferinin bileşimi, hayatın henüz gelişmeye başlamış olduğu zamanda bulunanlardan belirgin şekilde farklıdır. O zamanlar atmosfer çok daha fazla_____ içeriyordu.

a. Hidrojen
b. Oksijen
c. Potasyum
d. İridyum
e. Yukarıdakilerin hepsi

6- Erken okyanusların ve atmosferin kimyasal koşulları laboratuvarda replike edilip ve bir enerji kaynağından elektrikli kıvılcımlar şeklinde enerji sağlandığında _____ oluşmuştur.

a. Hayat
b. Organik moleküller
c. Amino asitler
d. a ve b
e. b ve c

7- _____ yaşayan süreçler olarak tanımladığımız olaylara dâhil olan moleküllere destek ve organik çeşitlilik için katalizör görevi görür.

a. Kuvars kristalleri
b. Altın
c. Plütonyum
d. Kil
e. Yukarıdakilerin hepsi

8- Araştırmacılar kuru koşullar altında amino asitleri ısıttıklarında uzun polipeptit zincirleri oluştu. Bu zincirler bir sıcak su çözeltisine konduktan sonra soğumaya bırakıldığında, polipeptidler, içinde belirli maddeler hapsolmuş olan _____ adlı küçük kürelere birleştiler. Daha fazla molekül oluşturan moleküller böyle hücre benzeri muhafazalar içine alınabilir.

a. Hücreler
b. Hücre zarları
c. Hücre duvarları
d. Mikroküreler
e. Yukarıdakilerin hepsi

9- Mikropların evrenin başka bir yerinden meteorlar vasıtasıyla dünyaya taşınmış olabileceği öne sürülmüştür. Bununla birlikte, bu ulaşım şekli düşüncesi çürümüştür çünkü _____.

a. Dünya'nın atmosferi içine girişi sırasında oluşan ısı herhangi bir mikrobu kül hâline getirir
b. Göktaşlarında böyle bir hayat şekli hiç bulunamadı
c. Yıldızlar arası boşlukta hiçbir şey hayatta kalamaz
d. Yukarıdakilerin hepsi
e. Yukarıdakilerin hiçbiri

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

10- _____, 1905'te İsveçli kimyager Svante Arrhenius tarafından önerilen kapsamlı teori olup; uzun süren soğumadan sonra hayatta kalabilecek bakteri sporlarının yıldızlar arası alan boyunca yıldız ışığının fiziksel baskısı boyunca itildiğini belirtir.

a. Panspermia
b. Arrheniusism
c. Mikrospermia
d. Germspermia
e. Galaksiler arası sporlar

Cevaplar

1. e	4. c	7. d	9. a
2. d	5. a	8. d	10. a
3. b	6. e		

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Yaşamın kökeni ile ilgili temel teorileri kısaca tartışınız. Bu temel teorilerin güçlü ve zayıf noktalarını listeleyiniz.
2. Kilin, bazıları tarafından teorize edilmiş olan yaşamın kökeninde oynadığı rol nedir?
3. Araştırmacılar deneysel olarak yaşamın başlangıcını, erken okyanusların ve atmosferin kimyasal koşullarını laboratuvarda replike ederek araştırdılar. Sonuçlarından bazılarını ve bu sonuçların yeryüzündeki yaşamın kaynağı hakkında ne gibi ipuçları sağladığını açıklayınız.
4. Dünya'daki hayatın kökeninin başka bir yerden geldiğini ileri süren açıklamalardan bazılarını tartışınız.
5. Dünya'daki yaşamın kökeni için uzay sondalarından gelen en yeni ipuçları nelerdir?

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

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

2 Hücre Yapısı

Mikroskoplar

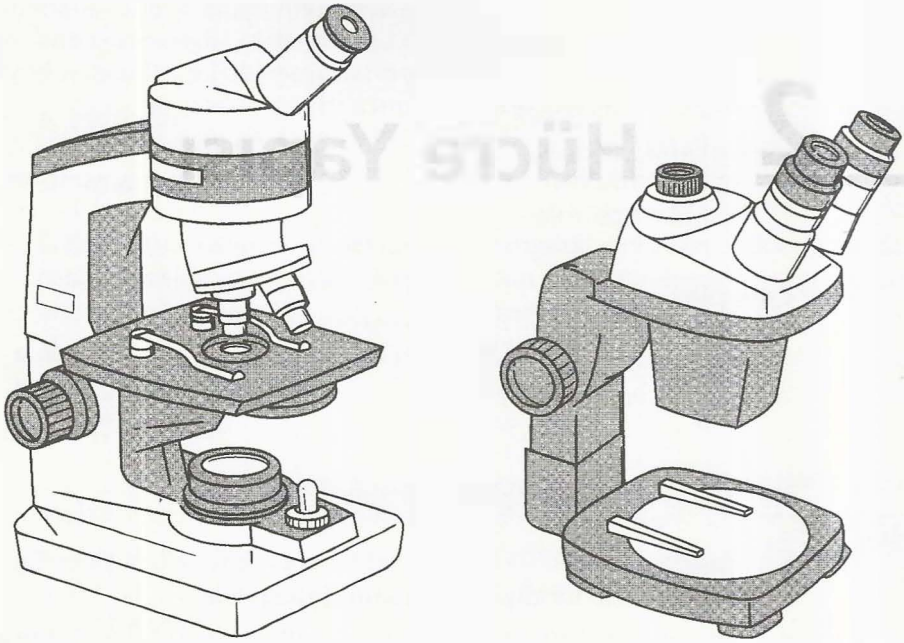
Gelişmiş optiklerin kullanıma sunulmasından önce, hücre kadar küçük herhangi bir şeyin var olabileceği bilinmiyordu. On yedinci yüzyılda, gözlük için kullanılan lensler önce bir tüpün karşı uçlarına gelecek şekilde düzenlenerek küçük bir teleskop oluşturuldu. Bu icat, ilki Hollandalı **Antonie van Leeuwenhoek** tarafından inşa edilen **mikroskobun** icadına atılan bir adım olmuş oldu.

Bu ışık mikroskobu ile ince bir şekilde dilimlenerek içlerinden ışık geçmesine izin verilen numunelerin incelenmesi kolaylaştırılmıştır. Örnekleri boyamak suretiyle iç yapıları vurgulamak mümkündür. Örneğin, hücresel sıvıları pembeye boyarken katı, sert yapıları mora boyamak, yüksek kontrast sağladığı için **sitologlar** olarak da bilinen hücreleri inceleyen bilim insanlarının bu yapıları daha açık bir şekilde ayırt etmelerini sağlar.

Bazı ışık mikroskopları, araştırmacıların cisimlerin boyutlarını 1.500 kat (1.500×) büyüterek görmelerine izin verirken, **diseksiyon mikroskopları** olarak da adlandırılan **stereomikroskoplar**, nesneleri yalnızca 4× ila 80× arasında büyütür. İki göz mercekle, bu düşük güçlü, üç boyutlu görünümün avantajı, araştırmacıların böcek kanatlarının damarları gibi çok daha büyük yapıları araştırabilmeleridir (bk. Şekil 2.1).

Işık mikroskobunun icadından bu yana, hücre araştırmacıları için en önemli teknolojik gelişme, 1930'ların başında meydana gelen **elektron**

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



Şekil 2.1. Işık mikroskobu (solda) ve stereomikroskop (sağda). Işık mikroskobunun çözünürlüğü 1.500×'lik bir büyütmeyi nadiren aşmaktadır. Diseksiyon mikroskobu olarak da adlandırılan stereomikroskop, nispeten büyük nesneleri üç boyutlu hâle getiren iki göz merceğine sahiptir. Büyütme aralığı 4× ila 80× arasındadır.

mikroskobunun (EM) gelişimiydi. Işık mikroskobu yalnızca daha büyük **magnifikasyon** ile daha küçük yapıları büyük göstererek görme kabiliyetini artırmakla kalmadı, ayrıca bu büyütülen yapıları daha net ve açık bir şekilde veya daha yüksek çözünürlükle görme becerisini de geliştirdi.

Işık mikroskobu altında mavi ışıkla örneklerin aydınlatılmasının, daha uzun dalga boylarındaki renklerden çok daha fazla çözünürlük sağladığı keşfedildiğinde, araştırmacılar, daha kısa dalga boylarının kullanılmasıyla daha da fazla çözünürlük elde edilebileceği konusunda spekülasyon yaptılar. Bununla birlikte, menekşe mor rengi ışığından daha kısa dalga boyları insan gözü tarafından görülmez. Bu problem, görünür ışıkta fotonlarınkinden daha kısa dalga boylarında seyahat eden bir elektron demetinden yararlanan **transmisyon elektron mikroskobunun (TEM)** icat edilmesine yol açtı. Havadaki gaz molekülleri tarafından herhangi bir elektronun saptırılmasını ve emilmesini önlemek için elektronlar vakumlanmış bir ortam içinde ince kesit alınmış numunelerden geçirilir. Daha sonra elektronlar

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

elektromıknatıslarla fotoğrafik bir plak üzerine odaklandırılırlar ve ışık mikroskobuyla elde edilenlerden çok daha iyi bir görüntü elde edilir.

Daha sonra 1950'lerde numuneden geri yansıyan elektronlara odaklanan **taramalı elektron mikroskobu (SEM)** icat edildi. SEM, TEM'den daha az çözme gücüne sahip olduğundan, bir vakum gerektirmez ve araştırmacıların bazı küçük organizmaları canlı görüntülemelerine izin verir.

Mikroskop teknolojisindeki en son ilerlemeler, bilim insanlarının canlı hücreleri daha yüksek magnifikasyonla daha da büyüterek gözlemlemelerine olanak tanır. Yeni geliştirilen tekniklerden birine **kontakt X-ışını mikroskopisi**dir. Bir başka mikroskop, bilim insanlarının molekülleri fotoğraflamasına olanak tanıyan **taramalı tünelleme mikroskobu**'dur.

Hücreler

İlk mikroskopların bulunmasıyla birlikte araştırmacılar birçok maddenin mikroskobik yapısını incelemeye başladılar ve 1665'te İngiliz **Robert Hooke**, bir parça mantarda **hücre** adını verdiği yapıları gördüğünü açıkladı. Bu terimi kullandı çünkü mantar, hücreler olarak adlandırılan o devirdeki manastırlardaki bireysel uyku odalarına benzeyen binlerce minik odadan oluşuyordu. Bir zamanlar yaşayan hücrelerden geriye kalan tek yapı olan hücre duvarlarını gözlemlediğinin farkında değildi.

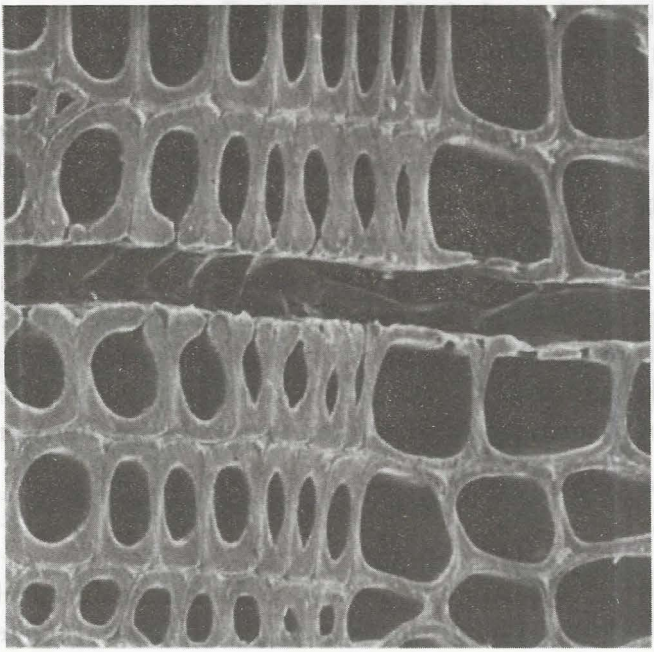
Hooke'un ilk keşfi, hayvan hücrelerinin kalın **hücre duvarlarına** sahip bitki hücrelerinden farklı olarak böyle bir duvar içermediği ve bunun yerine sadece daha ince ve daha esnek olan **plazma zar**ına sahip olduğunu bulması gibi diğer gelişmelere yol açtı (bk. Şekil 2.2).

Daha sonra hücrelerin bağımsız olarak ya da bir organizmayı oluşturan birçok hücre hâlinde, başka bir deyişle çok hücreli **organizma**nın küçük bir parçası olarak bulunabileceği keşfedildi. Hooke, bazı organizmaların tamamen tek bir hücreden oluştuğunu keşfeden ilk kişiydi. Binlerce tür bakteri ve protozoon gibi bu **tek hücreli organizma**lar, diğer hücrelerin yardımı olmadan bir hücre içinde gerekli tüm hayati işlevlerini yerine getirirler. Buna karşılık, çok hücreli organizmalar spesifik fonksiyonlara sahip hücrelere sahiptirler ve hücrelerin birleşimi kompleks bir organizmayı oluştur.

Hücre Teorisi

Hooke'un hücreleri keşfetmesinden yaklaşık 150 yıl sonra birkaç önemli faktör açıklandı. İki Alman bilim adamı **Matthias Schleiden** ve **Theo-**

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



Şekil 2.2. Bir çam ağacının yıllık büyüme halkalarında doğrusal olarak düzenlenmiş hücre duvarları. Ağaca sertliğini veren, hücre duvarının selülozudur.

dor Schwann sırasıyla 1838 ve 1839'da şimdi **hücre teorisi** dediğimiz ilkeleri açıklayan ilk kişilerdi:

1. Hücreler hayatın temel birimleridir.
2. Hücreler, canlı denilebilecek en küçük varlıklardır.
3. Tüm organizmalar bir veya daha fazla hücreden oluşur.

Hücre Yapısı ve Hücre Boyutu

En uzun hücreler bazı sinir hücreleridir (nöronlar), bu hücreler bir metrenin üzerinde uzunluğa erişebilirler. Bir devekuşu yumurtası bir insan yumurta hücresinin 1.500 katı iken ki bu birçok küçük tek hücreli mikroorganizma boyutunun 35 katı kadar büyüklüğünde olan insan kırmızı kan hücresinin 14 katı büyüklüğündedir, çoğu hücrenin ortak bir özelliği vardır: Oldukça küçük olma eğilimindedirler. Boyut aralığı önemli çeşitliliği yansıtırken, çoğu hücre çapı 0,5 ila 40 mikron arasında bulunur (1.000 mikron, bir milimetre, 1.000.000 *mikron*, bir metre; mikron *mikrometre* için kısaltmadır).

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

Küçük hücre boyutunun, yüzey alanının hacime oranına göre hücrelere uygulanan kısıtlamanın bir fonksiyonu olduğu düşünülmektedir. Hücreler çevresindeki ortamdan bazı molekülleri sürekli emerler ve bazı molekülleri çevreleyen ortama salarlar. Bu işlemler, bir hücre küçük olduğunda ve yüzey alanının hacime oranı oldukça yüksek olduğunda daha kolay gerçekleştirilir. Hücrenin boyutu arttıkça hücrenin içindeki hacim miktarı, hücreyi çevreleyen yüzeyden çok daha hızlı bir şekilde artar ve zamanla hücre dengeli bir iç ortamı korumak için çok büyük olur.

Birçok bilim adamı, hücre belirli bir boyutun üzerindeyken nükleer maddenin tüm iç ortamı kontrol etmekte zorlandığına inanıyorlar. Bu nedenle, küçük bir çekirdek genel bir kural ise, çoğu hücre boyutuna üst sınır konulmuş olur.

Sitoplazma ve Nükleoplazma

Çekirdek (veya hücre çekirdeği) hariç, plazma membranı içindeki her şeye **sitoplazma** denir. **Nükleoplazma**, nükleer zar içindeki içeriklerden oluşur.

Hücrenin iç kısmı, büyük oranda kompleks bir çözeltinin yanı sıra heterojen bir **koloid**den oluşur.

Bir *çözelti*, iki veya daha fazla bileşenin homojen bir karışımı olup, farklı maddelerin parçacıkları o kadar küçüktür ki ayırt edilemezler.

Bir *kolloid* genellikle gözle görülemeyecek kadar küçük ancak gerçek bir çözelti oluşturamayacak kadar büyük olan parçacıkları içerir. Parçacıklar kayda değer bir oranda çökmeyecektir. Bir hücrenin içindeki farklı bölgeler, farklı kolloidal hâllerde olabilir.

Bazı bölgeler **sol** hâldedir yani genellikle makromoleküller olan kolloidal parçacıklar, alan boyunca rastgele dağılmıştır.

Bir hücrenin diğer kısımları, koloidal parçacıkların etkileşime girdiği ve süngerimsi bir ağ oluşturduğu bir **jel** durumunda olabilir. Jel hâlindeki bir kolloid yarı katı oluşturur.

Sol'dan jel durumuna yapılan değişiklikler, *basınç*, çalkalama, *sıcaklık, pH, tuz konsantrasyonu veya diğer maddelerin konsantrasyonundaki değişiklikler* tarafından sağlanabilir.

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

Protein ve lipid içeren bazı karışımlar, gerçek çözeltilerin yanı sıra bir koloidin bazı sol-jel özelliklerine sahiptir ve bu genellikle bir hücrenin iç sıvı ortamını simgeler.

Hücre Zarı

Hücre zarı, hücrenin yüzeyindeki sitoplazmayı saran zardır. Bu membranlar değişen miktarda *protein* ve *lipid* içerir. Hücre zarında bulunan yağda çözünür maddeler olan spesifik lipid türleri öncelikle *fosfolipidler* ve *steroidler*dir. *Plazma membranı* olarak da adlandırılan *hücre zarı*nın toplam kalınlığı yaklaşık 80 angstrom'dur (milimetre başına 10 milyon angstrom, metre başına 10 milyar angstrom düşer).

Hücre Zarından Geçişler

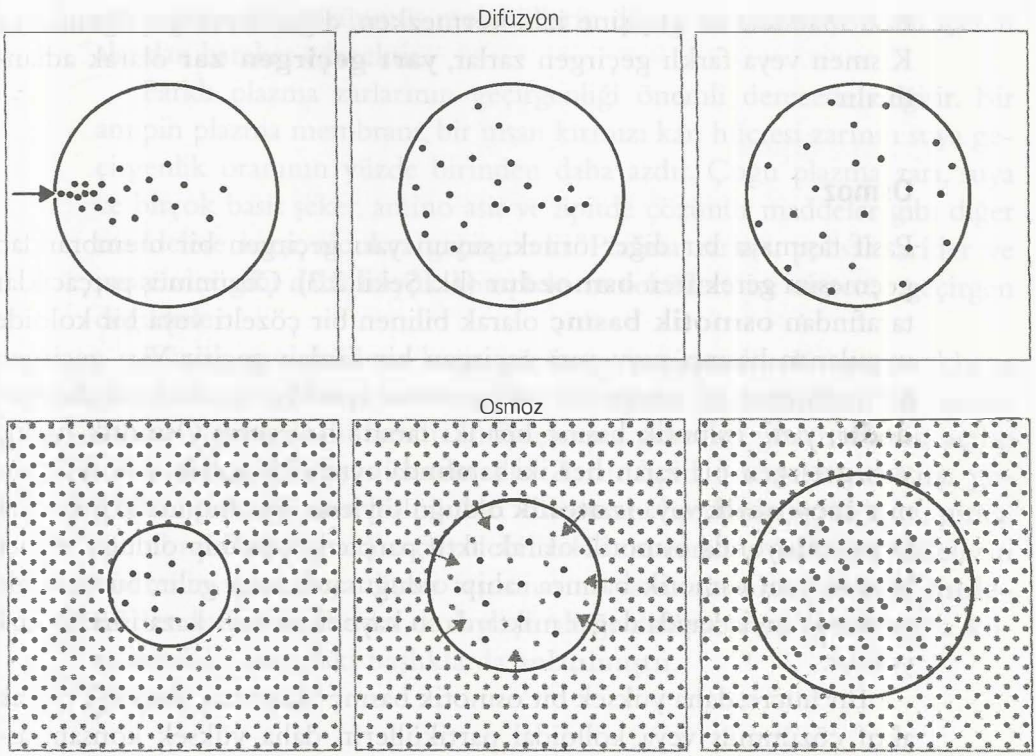
Hücreye koruma, şekil verme ve mukavemet sağlamanın yanı sıra, hücre zarı hücrenin içinde ve dışındaki materyal akışını düzene sokmaya yardımcı olur. Birçok süreç bir ahenk içeresinde sürekli olarak hücrenin iç ortamını korumak için çalışır. Sabit iç ortam koşulları **kimyasal homeostaz** olarak adlandırılır ve bir hücrenin bu sabit ortamı korumak için kullandığı yöntemler aşağıda açıklanmaktadır. İki temel yöntem farklı enerji girişi gerektirir. Moleküllerin hareketi, hücreden herhangi bir organize enerji girişi olmaksızın kendi başına gerçekleştiğinde, **pasif taşıma** olarak adlandırılır. Hücrenin molekülleri bir yerden diğerine taşımak için enerjiyi harcaması ise **aktif taşıma** olarak bilinir.

Difüzyon

Difüzyon olarak adlandırılan pasif taşıma türünde, gaz veya sıvı gibi dinamik bir sistemde parçacıkların rastgele görünen bir şekilde hareket edebildiği bir ortam söz konusudur (bk. Şekil 2.3). Difüzyonun meydana geldiği bir sistemde, bir maddenin daha yüksek konsantrasyon bölgelerinden daha düşük konsantrasyonlu bölgelere doğru zaman içinde net bir hareketi gözlemlenebilir.

Daha yoğun konsantrasyon alanından hareket eden parçacıklar, en yüksek konsantrasyon noktasından en uzaktaki noktaya yani en düşük konsantrasyona kadar değişen bir **konsantrasyon gradienti** oluşturacaktır. Parçacıklar, düz bir çizgi üzerinde hareket etmezler, bunun

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



Şekil 2.3. Üstteki üç kutu difüzyonu göstermektedir. Çözünmüş moleküller kapalı alana girer ve ortam içinde (sıvı veya gaz) aşağı yukarı hareket eder. Sonunda moleküller kap boyunca rastgele dağılırlar. Alt üç kutu osmozu göstermektedir. Kabın içindeki çözünmüş madde yüzdesi, kabın dışındaki yüzdesinden daha büyüktür. Farkı önlemek için, su molekülleri membrandan içeriye difüzyon ile geçer. Zar kapasitesi kadar gerilmediği ve artık fazladan molekülleri kabul etmediği sürece, zarın içindeki su moleküllerinin yüzdesi dışarıdaki su moleküllerinin yüzdesine eşit olana kadar osmotik süreç devam eder. Böyle bir noktada ya sağlam durur (turgor) veya patlayabilir veya bazen aktif taşıma gibi bir mekanizma hücre dışına su çeker.

yerine konsantrasyon gradiyenti birçok küçük hareketin sonucudur. Eğilimler, moleküllerin bir konsantrasyon gradiyentini aşağıya çekme yönündedir; yani bu molekülün en yüksek konsantrasyon alanından konsantrasyonun daha az olduğu yere doğru hareket etmesidir. Bu hareket, molekülleri her birinin özgürce hareket edebildiği, ortamda eşit olarak dağıldığı noktaya götürür.

Parçacıkların hareketi, ortamın konsantrasyonu ve sıcaklığı gibi faktörlere bağlı olarak farklı oranlarda ilerleyebilir. Bazı membranlar, içlerinden hiçbir madde geçmesine izin vermezler. Diğer zarlar

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

bazı maddelerin geçişine izin vermezken, diğerlerine geçirgendirler. Kısmen veya farklı geçirgen zarlar, **yarı geçirgen zar** olarak adlandırılır.

Osmoz

Pasif taşımaya bir diğer örnek, suyun yarı geçirgen bir membrandan geçmesini gerektiren **osmozdur** (bk. Şekil 2.3). Çözünmüş parçacıklar tarafından **osmotik basınç** olarak bilinen bir çözelti veya bir koloide uygulanan basınç, suyu yarı geçirgen bir zardan geçirir. Yarı geçirgen bir membran saf suyun iki solüsyonunu ayırdığında, iki taraf **dengedir**; yani, osmotik basınç her iki tarafta da eşittir. Osmotik basınç yarı geçirgen bir zarın her iki tarafında aynı olduğunda, her solüsyonun **izosmotik** veya **izotonik** olduğu söylenir. Bu, her maddenin aynı konsantrasyonda osmotik olarak aktif parçacıklara sahip olduğu ve her birinin aynı osmotik basınca sahip olduğu anlamına gelir; bu nedenle osmoz yoluyla kayda değer miktarda su kaybetme veya kazanma eğilimi yoktur.

Bir hücre, daha yüksek bir osmotik basınç oluşturan, osmotik olarak aktif çözünmüş veya kolloidal partiküllerin daha yüksek konsantrasyonlu bir ortamda bulunması durumunda bir başka alternatif mevcuttur. Böyle bir durumda su, hücre zarı boyunca hücrenin içindeki çözeltiye göre **hiperosmotik (hipertonik)** ortama geçer.

Bir hücre daha düşük konsantrasyonda osmotik olarak aktif çözünmüş veya koloidal parçacıklara sahip bir ortamda olduğunda ve solüsyonun hücre içerisinden daha düşük bir osmotik basınca sahip olması durumunda, hücrenin **hiposmotik (hipotonik)** bir ortamda olduğu söylenir; bu durumda su hücrenin içine geçer.

Karışıklığı önlemek için, bu terimlerin referans noktasını not etmeye dikkat etmeniz gerekir. Örneğin, bir hücrenin iç ortamının dış ortamdan daha yüksek bir osmotik aktif parçacık yoğunluğuna sahip olması, hücrenin içindeki ortamın dış ortama göre hiperosmotik olduğuna işaret eder. Hangi yönden bakılırsa bakılsın, su hiposmotik ortamdan hiperosmotik ortama geçer. Yani su osmotik basıncın düşük olduğu yerden osmotik basıncın yüksek olduğu bölgeye (daha fazla osmotik olarak aktif parçacıkların bulunduğu yerlere) taşınır. Bu sürecin devam etmesine izin verilirse, her şey eşit olduğunda, yarı geçirgen zarın her iki tarafındaki çözeltiler sonunda birbiriyle izosmotik hâle gelecektir.

Parçacık hâlindeki madde hazırda izosmotik olan iki çözeltiden birine dökülürse ve parçacıklar çözelti içerisinde çözünürse, denge bozulur ve o andan itibaren iki taraf arasında var olan osmotik basınç eşit ol-

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

mayacaktır. Su, çözünmüş moleküllerin düşük konsantrasyonunu içeren alandan hareket edecektir.

Farklı plazma zarlarının geçirgenliği önemli derecede değişir. Bir amipin plazma membranı, bir insan kırmızı kan hücresi zarının suya geçirgenlik oranının yüzde birinden daha azdır. Çoğu plazma zarı, suya ve birçok basit şeker, amino asit ve lipitde çözünür maddeler gibi diğer maddelere karşı oldukça geçirgendir. Plazma zarları, polisakkaritler ve proteinler gibi daha büyük kompleks moleküllere ise nispeten geçirgen değildirler.

Küçük moleküllere karşı görünen geçirgenlik bu parçacıkların geçebileceği gözeneklerin mevcut olduğunu gösterir. Belli bir zaman dilimi içerisinde hücrenin ihtiyaçlarına göre bu gözeneklerin açılıp kapanabileceği düşünülmektedir. Zarın lipid maddelerine karşı geçirgenliği zarın bir bölümünü oluşturan lipidlerle ilgilidir. Lipitler, membrandan doğrudan çözülebilir. Hücre zarında, belirli maddelerin hücrenin içine veya dışına taşınmasına yardımcı olan **taşıyıcı moleküller** bulunur. Bunlar, kolaylaştırılmış difüzyon ve aktif taşıma konusundaki aşağıdaki başlıklarda anlatılmıştır.

Kolaylaştırılmış Difüzyon

Pasif taşımanın aksine aktif olan iki ana nakliye tipinden biri **kolaylaştırılmış difüzyon** olarak bilinir. Bu nakliye tipinde, taşıyıcı moleküller hücrelerde zar boyunca difüzyon oranını arttıran bir şekilde hücre içine veya dışına doğru taşınacak molekülleri hareket ettirirler. Söz konusu mekanizma, zar boyunca taşınacak olan molekülleri membrandaki taşıyıcı moleküller ile birleştirir. Bu şekilde moleküller zarın bir tarafından toplanır ve diğer tarafından serbest bırakılır.

Kolaylaştırılmış difüzyonun yaygın bir örneği hücrelerin birçok biyolojik sistemde önemli bir basit şeker olan glukozu alma hızıdır. Çoğu hücre, glukozu, herhangi bir ilave yardım olmaksızın bu emilimin gerçekleşeceği oranlardan çok daha hızlı absorbe eder. Taşıyıcı moleküllerle birlikte hücre glukozu hızla kullanmaya başladığında hücrenin içindeki konsantrasyon azalır ve artan konsantrasyon gradiyenti nedeniyle glukoz normalden daha hızlı bir şekilde hücrenin içine taşınır.

Kolaylaştırılmış difüzyon her iki yönde de çalışır. Bazen, maddeleri hücrenin içine taşımak dışına taşımak kadar önemlidir çünkü böylece hücre içine istenmeyen maddeler hücrenin dışına çıkarılmış olur. Bazı hormonlar, bazı maddelerin hücre membranlarından geçme oranlarını etkileyebilir. Örneğin, insülin bazı dokuların glukoz alımı oranını arttırır.

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

Glukoz normalde bir konsantrasyon gradiyenti boyunca hareket ederken, kolaylaştırılmış difüzyon bu oranın artırılmasına yardımcı olur.

Aktif Taşıma

Glukoz gibi maddeleri bir hücre zarı boyunca bir konsantrasyon gradiyentine karşı taşımak için, enerjinin harcanması gerekir. Maddelerin konsantrasyon gradiyentlerine karşı hareket ettikleri süreç aktif olarak adlandırılır. Birçok aktif taşıma sistemi türü vardır. Bazıları amino asidi taşır; diğerleri peptitleri, nükleositleri veya potasyumu hareket ettirir. Bu maddelerin her biri kendilerine uygun bir taşıyıcı sistemle taşınır. Kapsamlı olarak incelenen her iki aktif nakil sistemi de yüksek enerjili adenozin trifosfatı (ATP) kullanır.

Bazı durumlarda, hücre zarındaki özel globüler proteinlerin belirli koşullar altında geçici olarak şekil değiştirdiği anlaşılmaktadır. Bu modifikasyon taşınan molekülün geçebilmesi için geçici olarak gözenek açabilir. Aktif taşıma gerçekleşirken ATP'den gelen enerji taşıyıcı molekülün konformasyonunun değişmesine sebep olabilir ve böylece taşınması gereken molekül alınmış olur veya ATP taşınan molekülün zarın diğer tarafına geçirildikten sonra taşıyıcıdan ayrılmasına yardımcı olabilir.

Büyük Parçacıkların Membrandan Geçişleri

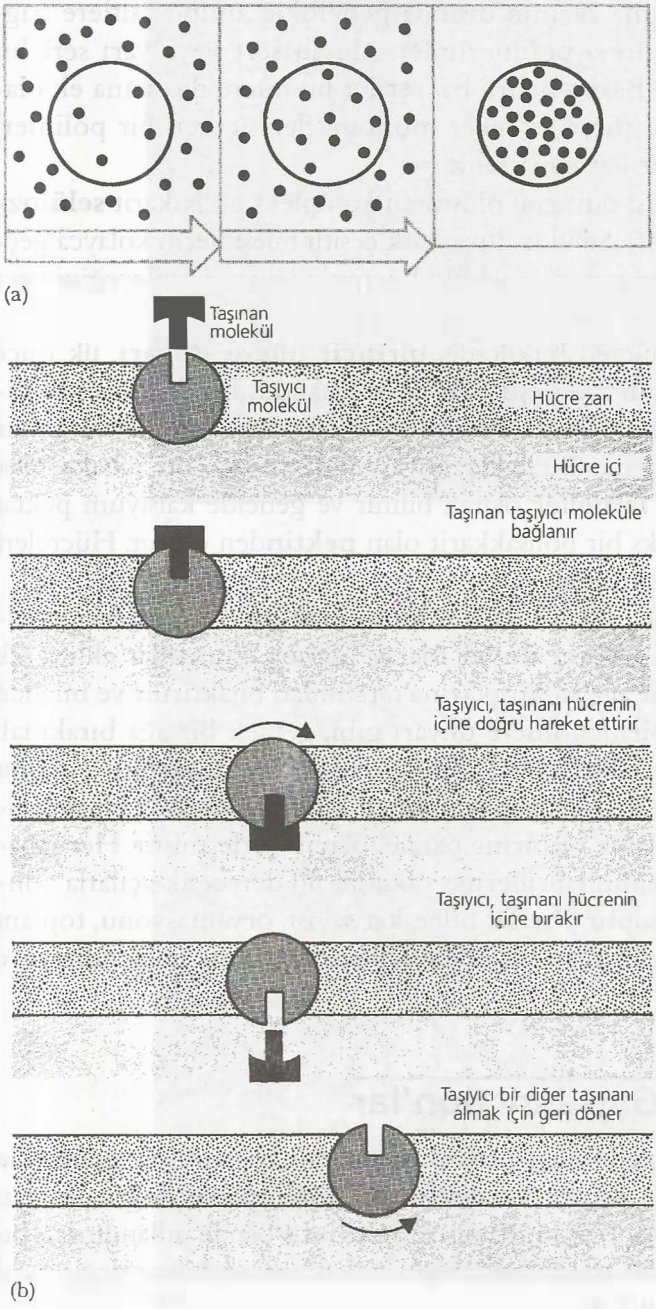
Plazma zarı hücrenin her iki tarafında da küçük parçacıkları yutacak ve daha sonra bu parçacıklarla kaynaşacak kapasiteye sahiptir; ya da bazen plazma zarının küçük parçacıkları çevreleyen kısmı basitçe ayrılır, tomurcuklanıp uzaklaşmaya başlar.

Sıvılar veya makromoleküller membran tarafından sarılıp diğer tarafa taşındığında, bu işlem **pinositoz** olarak bilinir. Aynı süreç, daha büyük ölçekte büyük parçacıkları almak için gerçekleştiğinde **fagositoz** olarak adlandırılır. Bu parçacıklar zarın bir kısmı sarmalanıp sıkıştırılır ve daha sonra zarın bir kısmını da ayırarak tomurcuk hâline gelir ve hücrenin içine veya dışına doğru hareket eder. Parçacıkları hücrenin içine çeken süreç **endositoz**, parçacığı hücrenin dışına çıkaran süreç ise **ekzositoz** olarak adlandırılır.

Bitki Hücre Duvarı

Tüm hücrelerin bir plazma membranı vardır ancak bazıları da canlı olmayan bir dış hücre duvarı üretmektedir. Hücre duvarı, hücreyi destekleyen ve şekillendiren sitoplazmanın bir ürünüdür. Çoğu bak-

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



Şekil 2.4. Aktif taşıma: (a) Hücre enerji harcanan bir süreç kullanarak belirli bir molekülün hücre içerisinde yoğunluğunu arttırabilir veya bu molekülü zarın dışına çıkarabilir; (b) bu mekanizma resimde gösterildiği gibi taşıyıcı moleküller ile çalışır.

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

teri hücresinin plazma zarının dışında genellikle amino asitlere bağlanmış bir glukoz türevi polimerinden oluşan sert veya yarı sert bir hücre duvarı vardır. Bazen belirli bakteriler bu hücre duvarına ek olarak lipopolisakkarid (lipit ve şeker monomerleri içeren bir polimer) olarak bilinen ek bir katmana sahiptir.

Çoğu bitki hücresi duvarını oluşturan kompleks polisakarit **selüloz**dur (ve ilgili bileşikler). Selüloz duvar çok çeşitli bileşiklerin kolayca geçmesine izin verir. Hangi malzemelerin hücrenin içine girebileceğini veya hücre dışına çıkacağını belirleyen hücre zarıdır.

Karmaşık, çok hücreli bitkilerde, **birincil hücre duvarı**, ilk önce genç hücreler tarafından yerleştirilen dış katmandır. Bu iki hücre duvarının temas ettiği bitkilerin bazılarında, birincil hücre duvarları arasında bir başka katman yayılır. Bu, hücreler arasında sürekli bir tabaka olan **merkezî** veya **orta lameller** olarak bilinir ve genelde kalsiyum pektat formundaki kompleks bir polisakkarit olan **pektin**den oluşur. Hücreleri birbirine bağlayan pektindir.

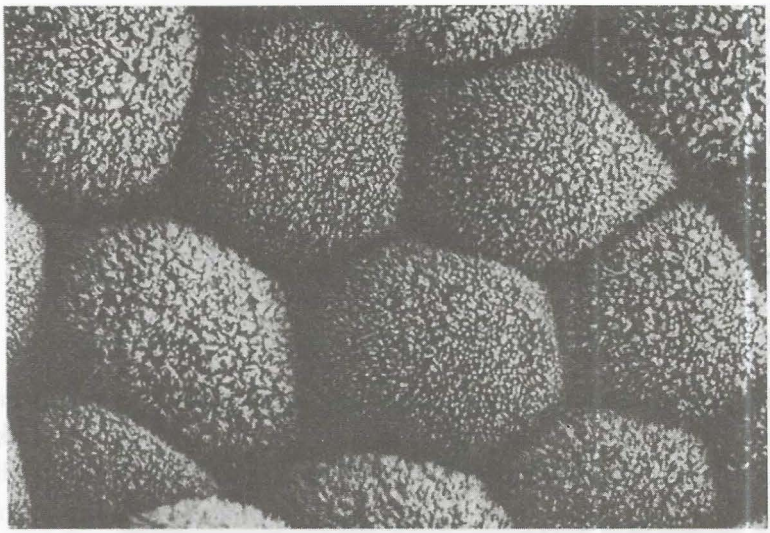
Daha sert hâle gelen veya daha odunsu olan bitki hücreleri, genellikle hücre duvarına, **ikinci duvar** olarak bilinen katmanlar ekleyerek bunu yapar. Bu duvar ayrıca sitoplazma tarafından biriktirilir ve birincil duvarın içindedir. Birincil hücre duvarı gibi, gevşek bir ağa bırakmak yerine, **selüloz fibrilleri** olarak bilinen ve hücre duvarının çoğunu oluşturan uzun iplik benzeri yapılar, ikincil hücre duvarında bir seri tabakada veya lamel olarak birbirine paralel olarak yerleşmiştir. Her tabaka, bir sonraki tabakanın fibrillerine yaklaşık 60 derecelik açılarla yönlendirilmiş liflere sahiptir. Paralel lifler, kat sayısı, oryantasyonu, toplam kalınlık ve **lignin** gibi ilave maddeler hücre duvarını güçlendirmeye yardımcı olur.

Plazmodezmata ve Gap Junction'lar

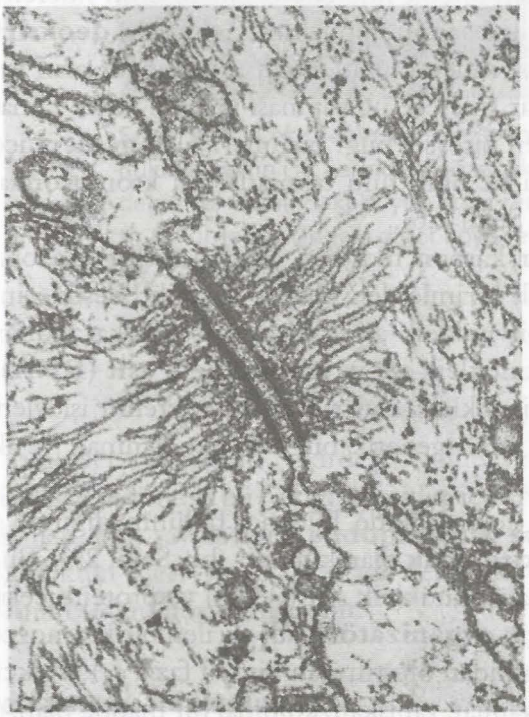
Desmosomlar olarak bilinen plazma membran bağlantıları, genellikle bir bitki hücresinden hücre duvarlarındaki gözeneklere doğru uzanan ince sitoplazmik bağlantılardır. **Plazmodezmata** olarak adlandırılan bu gözenekler, şekerler ve amino asitler gibi hücrelerarası hücre değişimini kolaylaştırır (bk. Şekil 2.5).

Bazen **neksus bağlantıları** olarak adlandırılan, hücreler arası geçit bölgeleri olan **gap junction**'lar, elektriksel uyarıların, küçük iyonların ve moleküllerin geçebileceği hayvan hücreleri arasındaki elektrik direncinin düşük olduğu alanlardır. Bunların bitki hücrelerini birbirine bağlayan plazmodezmata'ya benzer şekilde işlev gördüğü düşünülmektedir. Hayvan hücreleri, göreceli olarak düşük oranda osmotik basın-

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



(a)



(b)

Şekil 2.5. Hücreler, plazma membranlarından materyallerin geçişini kolaylaştıran özel bağlantılara sahiptirler. (a) Ter bezi hücrelerinin yüzeyleri ve (b) bitişik hücrelerin plazma membranlarında bu yüzeylerin altında oluşan dezmozomlar görülmektedir.

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

ca sahip suyun içindeyken, su düşük osmotik basınç alanından yüksek osmotik basınçlı hücrelere doğru geçecektir, sonuçta hücreler şişme veya **turgor** yüzünden patlayacaklardır. Genelde bitki hücreleri patlamadan şişmeye dayanabilir çünkü sağlam hücre duvarları düşük dış basıncı dengeler.

Hücrenin İç Yapıları

Çekirdek

Hepsinde olmamakla birlikte çoğu hücre tipinde nispeten büyük, farklı, membran ile çevrelenmiş birkaç hücresel yapı bulunur. Dikkate değer istisnalar, bakteri ve siyanobakterilerdir (genellikle mavi yeşil bakteri veya mavi-yeşil yosun olarak bilinir). En büyük, en iyi tanımlanmış hücre içi yapı veya **organel**, ondan daha büyük bir **vakuol** bulunmadığı sürece çekirdektir. Vakuoller, birçok hücrede özellikle bitki hücrelerinde bulunan sıvı dolu büyük hacimli yapılardır. Çekirdek, **deoksiribonükleik asit (DNA)** ve proteinden oluşan, uzun ince yapılar olan **kromozomları** içerir. Bu yapılar, hücreye ne yapması ve nasıl ve ne zaman yapılacağı hakkında bilgi veren bireysel bilgi birimleri olan **genleri** içerir. Hücrenin yaşam süreçleri ile ilgili tüm talimatlar bu kromozomlardan ortaya çıkmaktadırlar (bk. Şekil 2.6).

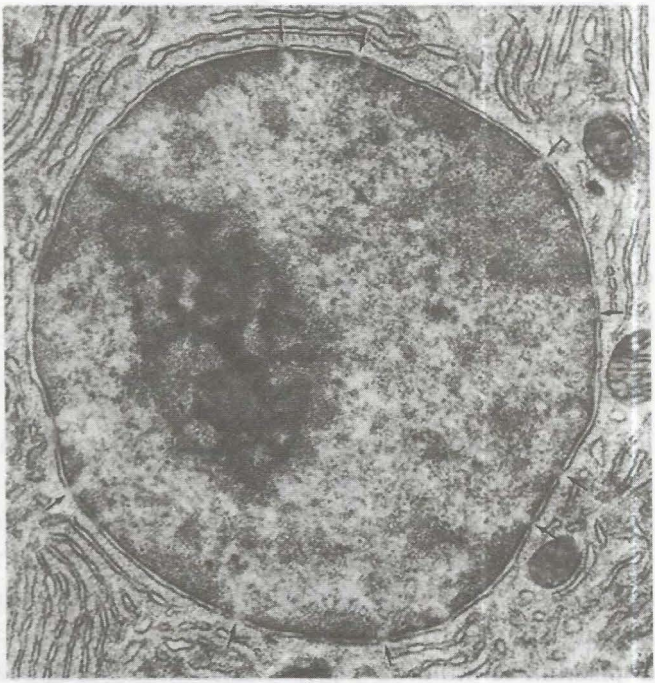
Nükleik asitler, karbon, hidrojen, oksijen, fosfor ve azot içeren **nükleotitler** denilen alt birimlerden oluşan organik bileşiklerin önemli bir grubudur. Belirli bir nükleik aside ayırıcı özellik kazandıran nükleotid dizisidir. Deoksiribonükleik asit ve **ribonükleik asit (RNA)**, hücrelerde bulunan iki önemli nükleik asittir. Bunlar, hücrenin işlevlerini ve etkileşimlerini kontrol eden genetik bilginin depolanması ve iletilmesinde temel rol oynarlar.

Çoğu hücrenin çekirdeğinde, hücreler bölünmediğinde görülen karanlık bir bölge **çekirdekçik** olarak bilinir (bk. Şekil 2.6). Bu bölge yüksek konsantrasyonda ribonükleik asit (RNA) ve protein içerir. Bazen bir çekirdek, çekirdekçik **organizatörü** adı verilen bir kromozom üzerinde belirli bir bölge tarafından oluşturulan birden fazla çekirdekçik içerebilir.

Bütün nükleer yapılar, yapışkan, koloidal bir madde olan, nükleoplazmaya gömülürler.

Nukleus (Çekirdek), **nükleer membran** (çekirdek zarı) adı verilen hücre membranına benzer yapıdaki iki komple membrandan oluşan bir zar ile çevrelenmiştir. Nükleer membran çok seçicidir, hücre zarından kolayca geçip hücrenin sitoplazmasına giren bazı maddeler nükleer membrandan geçemezler.

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



Şekil 2.6. Çekirdeğin bir elektron mikrografisi. Oklar, nükleer zarfın çift zarındaki gözenekleri gösteriyor. Çekirdeğin sol kısmındaki büyük koyu renkli alan çekirdekçiktir. Çekirdeğin içindeki diğer koyu renkli maddelerin çoğu ise kromatindir.

Nükleer membran, çekirdeğin içine ve dışına maddelerin geçişini kolaylaştıran birçok büyük gözenekler içerir. Nükleer membranın dışına bağlanan, çok sayıda ince **endoplazmik retikulum (ER)** membranı, çekirdekten içeri ve dışarı maddelerin iki yönlü akışını desteklemede önemli olduğu görünmektedir.

Endoplazmik Retikulum

Endoplazmik retikulum (ER), kimyasal reaksiyonları katalizleyen özellikle protein sentezine önderlik eden enzimler için yüzey alanı sağlayan, sitoplazma boyunca bulunan çift katmanlı bir seri membrandır. ER, hücre zarını ve nükleer membranı bağlayan hücre ve nükleusun dış kısmı arasında çok dallı bir kanal oluşturur ve böylece hücresel materyallerin taşınmasını hızlandırır.

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

Endoplazmik retikulum, **ribozom** adı verilen ve protein sentezinin asıl gerçekleştiği yerler olan küçük parçacıklarla kaplanmış veya kaplanmamış olarak bulunabilir. Ribozomsuz endoplazmik retikulum **granülsüz endoplazmik retikulum** (düz endoplazmik retikulum) olarak bilinir ve burada bazı steroid hormonları ve diğer lipidler sentezlenir. Ribozomlarla kaplı olan endoplazmik retikulum, **granüllü endoplazmik retikulum** (kaba endoplazmik retikulum) olarak adlandırılır. Granüllü ve granülsüz endoplazmik retikulum terimleri, elektron mikrograflarındaki yapıların görünümüyle ilgilidir (bk. Şekil 2.7).

Ribozomlar

Ribozomlar, sitoplazmada serbest olarak dolaşan veya endoplazmik retikulumun dış yüzeyi boyunca bulunabilen küçük granül hâlindeki organellerdir. Hücreler, her biri DNA'dan sentezlenen üç temel ribonükleik asit (RNA) türü içerirler. Ribozomlarda protein sentezinde işlev gören RNA, **ribozomal RNA**'yı ifade eden **rRNA** olarak bilinir. Ribozomlar yüksek konsantrasyonda rRNA ve protein içerir. Tek başına bulunmanın ve endoplazmik retikuluma yapışık olmanın yani sıra, bazı ribozomlar gruplar veya kümeler hâlinde ortaya çıkabilir ve bunlar topluca **poli-ribozomlar** veya **polizomlar** olarak bilinir.

Golgi Aparatı

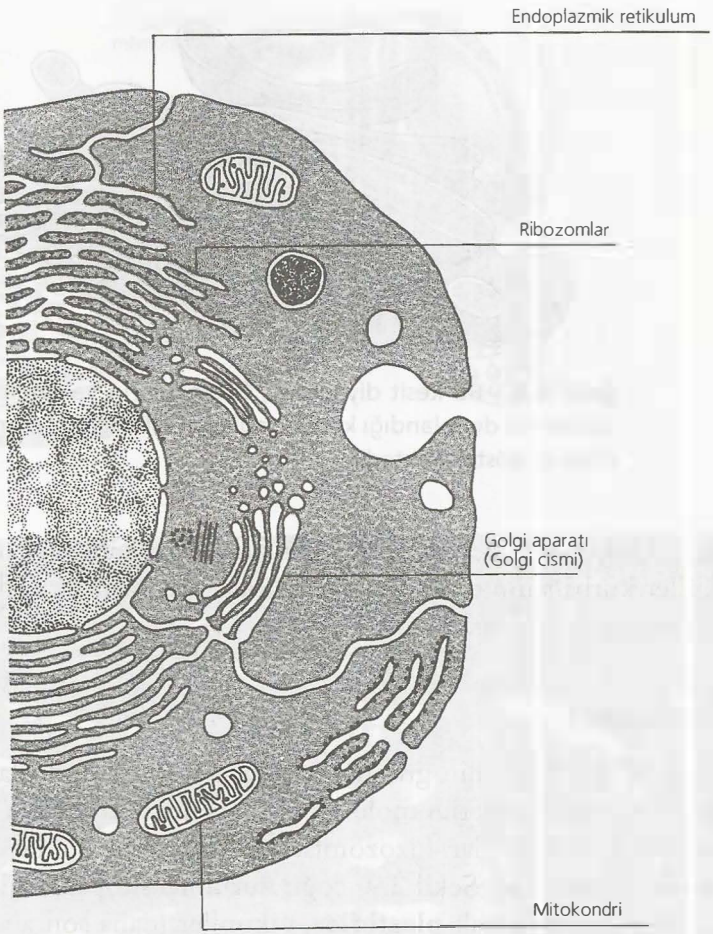
Golgi aparatı (Golgi aygıtı veya Golgi cisimciği) düzleştirilmiş, pürüzsüz, oval kâse şeklinde membranlar yığınına benzeyen bir organel türüdür. Ribozomlarda sentezlenen bazı kimyasalların endoplazmik retikulum boyunca Golgi aygıtına hareket ettikleri; bu aygıtta toplandıkları ve Golgi aygıtının dış kısmı tarafından üretilen salgı vezikülleri tarafından serbest bırakılıncaya kadar bu organelde depolandıkları düşünülmektedir.

Golgi aygıtı, proteinler gibi maddelerin salgılanmadan önce geçtiği ve depolandığı bir alan olarak işlev görmesine ilaveten, bazı proteinlerin ve karbonhidratların işlenmesiyle bunları **glukoproteinler** ve **mukopolisakkaritler** gibi daha karmaşık moleküllere sentezler ve bunlardan bazıları mukus şeklinde salgılanır (bk. Şekil 2.8).

Lizozom

Lizozom membranla kaplı bir saklama vezikülüdür. Lizozom membranı, çekirdeğin çift katmanlı zarının aksine tek bir tabakadan oluşur. Lizozomlar, Golgi cihazından tomurcuklanmış gibi görünmektedir. Bunlar,

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

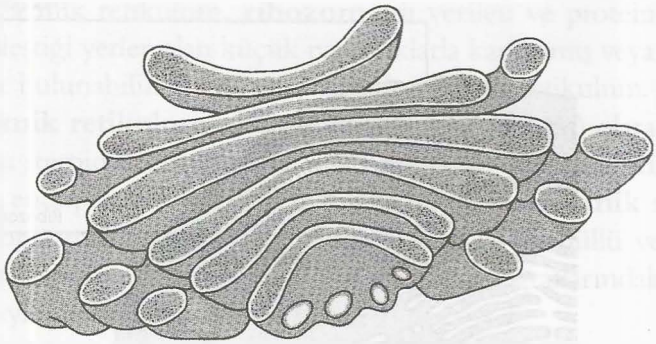


Şekil 2.7. Burada hayvan hücresinde bulunan dört büyük organelin bir elektron mikroskobu altındaki görüntüsü resmedilmiştir. Granüllü ve granülsüz endoplazmik retikulumun bulunduğuna dikkat ediniz.

hücrenin sindirim sistemi gibi davranan güçlü sindirim (hidrolitik) enzimleri içerirler ve böylece hücrenin, pinositoz veya fagositoz (bu bölümün başlarında "Büyük Parçacıkların Membrandan Geçişleri" başlığı altında tanımlanmıştır) ile alınan parçacıklar gibi materyalleri sitoplazması içeresinde işleyebilmesi mümkün olur.

Lizozomlar, hücrenin eski kısımlarını, yapıldıkları organik moleküllere dönüştürürler. Bu moleküller daha sonra hücre tarafından tekrar kullanılmaktadır. Lizozomların öneminin anlaşılması kurbağa larvalarının metamorfozu ile ilgili çalışmalara dayanmaktadır. Kurbağa larvası kuyrukları

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



Şekil 2.8. Bu kesit diyagramı, hormonların ve sindirim enzimlerinin depolandığı kapsül sağlayan bir organel olan Golgi cihazını göstermektedir.

küçüldüğünde, bileşenleri lizozomlarca parçalanır ve bu organik moleküller kurbağanın tomurcuklanan kolları ve bacakları gibi yeni yapıların büyümesi için yeniden emilir.

Mitokondri

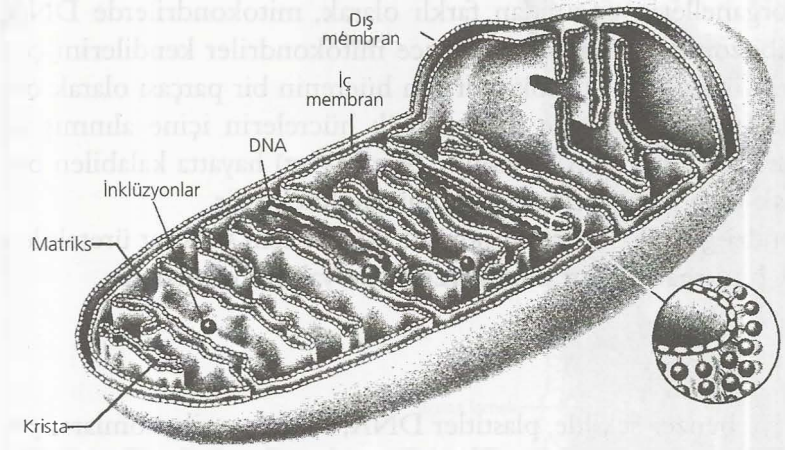
Çoğunlukla hücrenin güç merkezi olarak da adlandırılan **mitokondri**, hücreye yüksek enerjili molekül olan adenozin trifosfat (ATP) formunda kimyasal enerji sağlar. Lizozomlardan biraz daha büyük olan bu iki katmanlı organel (bk. Şekil 2.9) çoğu durumda sitoplazmadaki organellerin en büyüğüdür ancak **plastidler**, vakuoller (daha sonra açıklanmaktadır) ve çekirdek de pek çok durumda oldukça geniştir.

Hücrelere enerji sağladığı için, mitokondri bir bitkinin büyüyen kök ucu veya bir hayvanın kas hücresi gibi yüksek enerji gereksinimi olan hücrelerde en çok bulunur. Her bir karaciğer hücresi, 2.500 kadar mitokondri içerir.

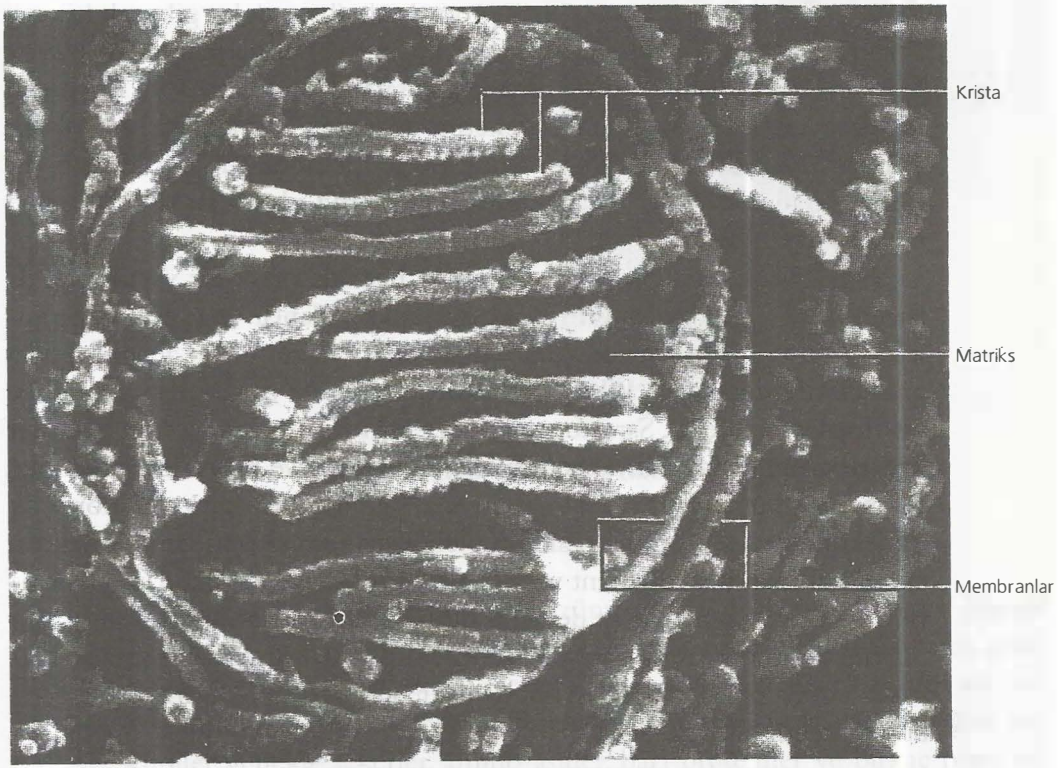
Dış membran mitokondriyi sitoplazmadan ayırır, iç zar ise içe doğru yönlenmiş katmanlara, başka bir deyişle yarı sıvı **matriks**e uzanan kıvrımlara veya **krista**ya sahiptir. ATP'yi üreten enerji transfer enzim sistemleri krista boyunca ve matrikste bulunur. ATP, hücre bölünmesinde, kas hücrelerinin kasılmasında ve canlılardaki birçok hücresel aktivite için bir enerji kaynağı olarak kullanılır.

Bir hücrede gerekenden fazla şeker bulunduğunda, birçok mitokondrinin yanında bulunan **yağ damlacıkları** yağ üretir. Daha sonra bir enerji açığı ortaya çıktığında, mitokondri enerji üretmek için yağ damlacıklarını parçalayacaktır. Fazla yağ damlacıkları özel yağ depolama hücrelerine transfer edilir.

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



(a)



(b)

Şekil 2.9. (a) Mitokondrinin bir ressam tarafından tasviri ve (b) kesitsel olarak mitokondrinin etiketli bir fotomikrografisi.

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

Diğer organellerin çoğundan farklı olarak, mitokondrilerde DNA, RNA ve ribozomlar bulunur ve böylece mitokondriler kendilerini çoğaltabilirler. Günümüzde, mitokondrinin hücrenin bir parçası olarak ortaya çıkmadığı, bunun aksine daha büyük hücrelerin içine alınmış ve ortak olarak yararlı bir ilişki içerisinde (**simbiyoz**) hayatta kalabilen bağımsız olarak yaşayan hücreler olduğu düşünülmektedir.

Mitokondri genellikle mitokondriyal aktivite için substrat üretebilen daha küçük bir organel olan **peroksizom** ile yakın mesafededir.

Plastidler

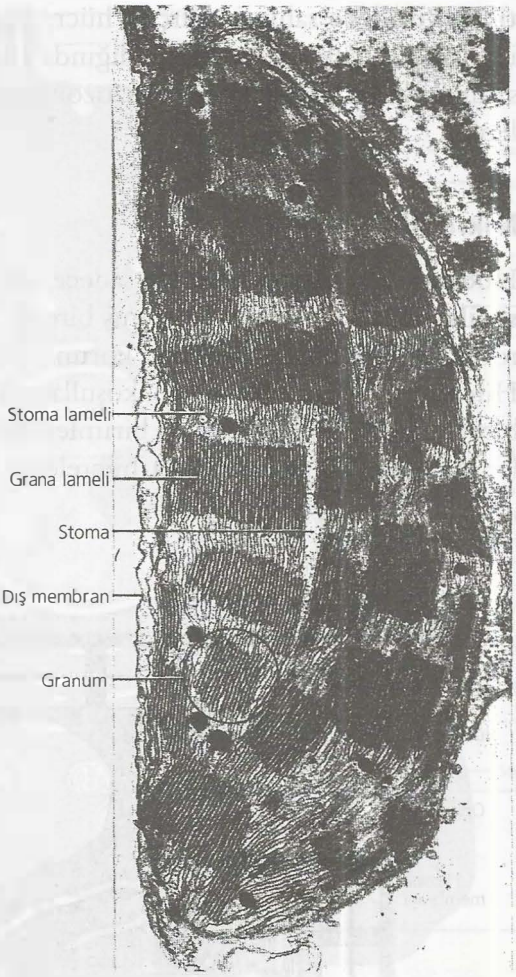
Mitokondriye benzer şekilde, plastitler DNA, RNA ve ribozomları içerir ve kendilerini çoğaltabilirler. Plastidler, ışık mikroskobu ile görülebilen oldukça büyük sitoplazmik organellerdir. Çoğu fotosentetik bitki hücresinde ve ayrıca fotosentetik protistlerde (bazı algler gibi tek hücreli organizmalarda) bulunurlar. Plastitler iki membran katmanından oluşur. **Dış zar** kıvrım içermez ve organeli kuşatarak sitoplazma ve organelin iç kısmı arasındaki materyal hareketini düzenler. **İç zar, stroma** olarak bilinen proteinli matrise kıvrımlanır. Bu iç membranlar çoğu zaman tek **lamel** tarafından birleştirilen istifler veya **grana** oluşturan lamel denilen tabakalardan oluşur.

Farklı plastid türleri tespit edilmiş ve her biri ortak bir yapıdan ya da bazen birbirinden gelişmiştir. Beyaz ve renksiz olanlar ve yağlar ve proteinlerin yanı sıra basit şekerlerden oluşan enerji bakımından zengin nişasta granüllerini depolayan **lökoplastlardır**. Nişasta ile doldurulan plastidlere **amiloplastlar** denir. Sarı, turuncu veya kırmızı pigment içeren plastitler **kromoplast** olarak adlandırılır. Bunlar çiçeklerde ve meyvelerde bulunur. **Kloroplastlar**, sarı, turuncu veya kırmızı pigmentlerin yanı sıra inorganik moleküllerden şeker gibi organik moleküller üretmek için güneş ışığından enerji kullanan yeşil pigment veya **klorofil** içeren kromoplastlardır. **Karotenoidler** ve **ksantofiller** de dâhil olmak üzere klorofilin yanı sıra, diğer pigmentlerin bir kısmı, yeşil pigmentlerin parçalanmasından sonra sonbaharda ılıman bölge yaprakları içinde kalır. Sonbahar renklerini temsil eden bu pigmentlerdir (bk. Şekil 2.10).

Vakuoller

Vakuoller, bazı bitki hücrelerinde daha belirgin olmanın yanında hem bitki hem de hayvan hücrelerinde membranla sarılı, sıvı dolu alanlardır (bk. örneğin Şekil 2.11 ve 2.12). Çoğu bitki hücresinin toplam hacminin büyük kısmı, **tonoplast** zarıyla çevrili tek bir vakuolden oluşur. Bitki vaku-

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



Şekil 2.10. Yapıları etiketlenmiş bir kloroplast.

olü içerisinde çoğunlukla suda çözünmüş maddeler içeren sıvıya **hücre özsuyu** denir. Hücre özsuyu genellikle onu çevreleyen dış ortama göre hiperosmotiktir, bu nedenle ihtiyaç duyulan zamanlarda su osmoz yoluyla vakuolün zarından içeriye girerek hücrenin gergin kalmasını sağlar. Vakuoller genelde şekerler, amino asitler, bazı proteinler ve birkaç pigment gibi çözünebilir organik bileşiklerin yüksek konsantrasyonlarını içerirler. Birçok bitki türü, vakuollerde hücrelere zarar vermeyen toksik kimyasallar içerirler. Ancak bir hayvan bitkiyi yerse, parçalanan vakuollerin içeriği hayvana zararlı etki gösterebilir.

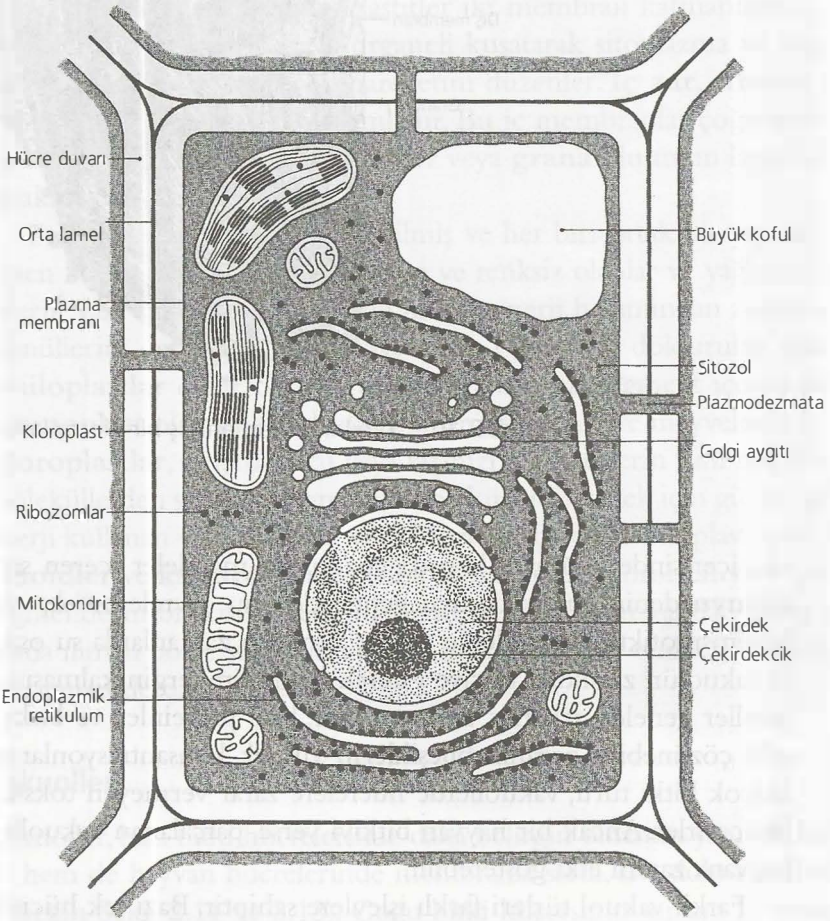
Farklı vakuol türleri farklı işlevlere sahiptir. Bazı tek hücreli organizmalar, hücreden fazla su ve atığın çıkarılması için önemli olan **kontrak-**

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

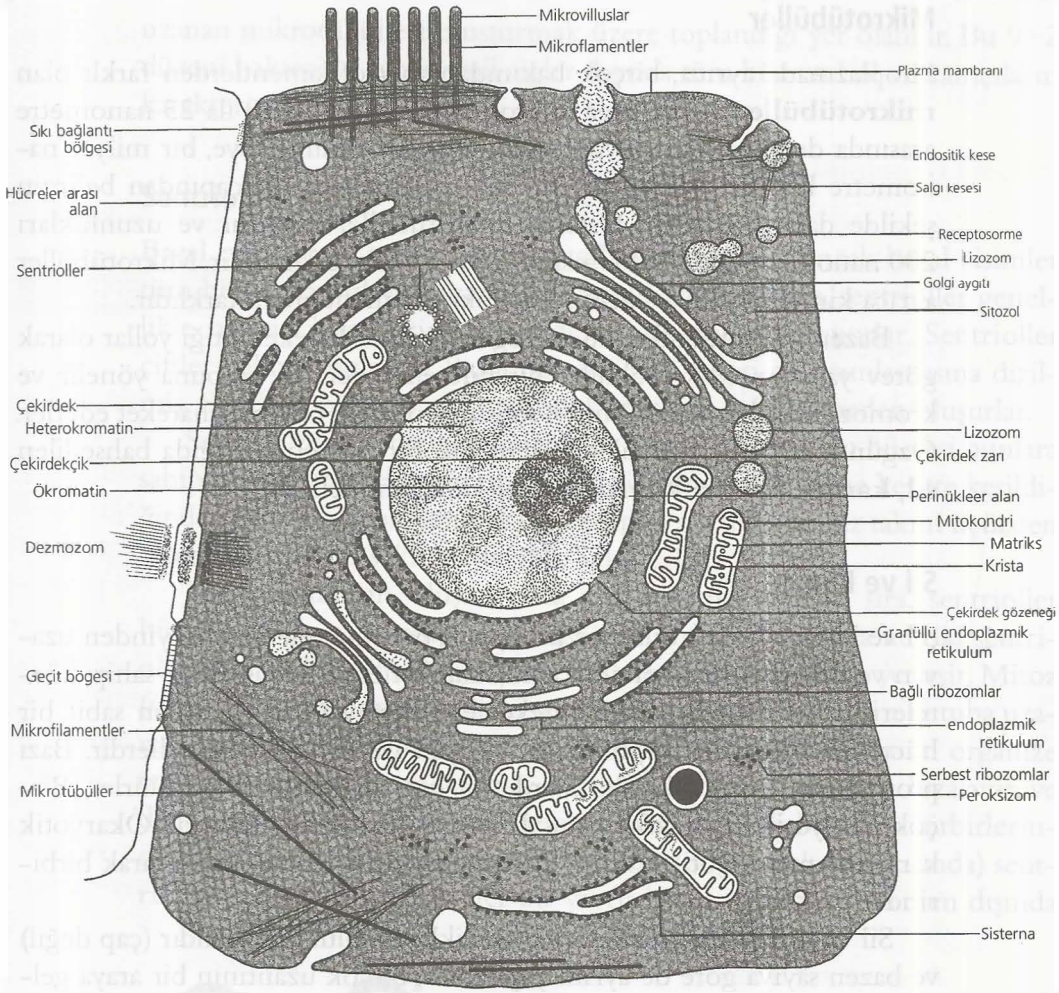
til vakuollere sahiptir. Birçok hücre, fagositoz veya pinositoz ile hücre içerisine küçük parçacıklar aldığında oluşan vakuoller veya veziküllere sahiptir ve bunlar daha sonra lizozomlardaki enzimler tarafından sindirilebilir.

Mikrofilamentler

Hücrenin sitoplazması içinde sadece altı nanometre çapında olan **mikrofilamentler** hâlinde yerleşmiş birçok uzun protein lifi bulunur. Mikrofilamentler hücre yapısının korunmasında ve hareketinde işlev görür. Hücrenin bulunduğu ortam koşullarına bağlı olarak, mikrofilamentler bireysel alt birimler veya alt birimler dizisi hâlinde birlikte bulunabilirler. Mikrofilamentlerin, bazı hücrelerde bulunan kasılabilir filamentle-



Şekil 2.11. Genelleştirilmiş bir bitki hücresi, yapılar etiketlenmiştir.



Şekil 2.12. Kompozit hayvan hücresi.

rin önemli bileşenleri olduğuna inanılmaktadır. Bunlar ışık mikroskobu altında birçok bitki hücresinde görülen hücre içindeki sitoplazmanın sürekli bir hareketi olan sitoplazmik akış ile ilişkili olabilirler. Mikrofilamentler hücre hareketinde de görev yaparlar ve daha karmaşık bir formda bazı kas hücrelerinin kasılması ile ilişkili olabilirler.

Mikrotübüller

Sitoplazmada ayrıca, birçok bakımdan mikrofilamentlerden farklı olan **mikrotübüller** vardır. Her mikrotübülün dış çapı, 20 ila 25 nanometre arasında değişen (bir milyon nanometre bir milimetreye, bir milyar nanometre bir metreye eşittir) bir mikrofilamentin dış çapından belirgin şekilde daha büyüktür. Üstelik, mikrotübüller oyuktur ve uzunlukları 200 nanometreden 25.000 nanometreye kadar değişebilir. Mikrotübüller ayrıca kimyasal yapıları açısından mikrofilamentlerden farklıdır.

Bazen mikrotübüller, hücre organellerinin hareket ettiği yollar olarak görev yaparlar. Mikrotübüller bir hücrenin her bir kutbuna yönelir ve kromozomlar hücre bölünmesi sırasında onların boyunca hareket ederler. Özgün bir iç mikrotübüler düzenleme, bir hücrenin aşağıda bahsedilen **sil, kamçı, sperm kuyruklarının** düzenini belirler.

Sil ve Kamçı

Sil ve kamçı (çoğul: Siller ve kamçılar), bazı hücrelerin yüzeyinden uzayan ve ileri geri veya spiral tarzında hareket etme kapasitesine sahip, hücrelerin akışkanlar boyunca hareket etmesini veya akışkanların sabit bir hücrenin üzerinden taşınmasını sağlayan uzun, ince organellerdir. Bazı protistlerde, belirli ilkel bitkilerde ve bazı hayvanlarda görülürler. Birçok ökaryotik organizma kamçılı sperm hücrelerine sahiptir. Ökaryotik kamçı ve prokaryotik bakteri kamçıları yapısal ve mekanik olarak birbirinden farklıdır.

Sil ve kamçı arasındaki fark genellikle uzunlukla alakalıdır (çap değil) ve bazen sayıya göre de ayrım yapılabilir; birçok uzantının bir araya gelmiş hâline sil denirken, uzun ve tek hâlde izole edilen genellikle kamçıdır.

Bu organellerin işlevi öncelikle bir hücrenin sıvı içerisinde itilmesi veya çekilmesi için lokomotif görevi görmektir. Bazı protistler sillerini, parçacıkları guletlerine, hücre zarının ağza benzeyen bir kısmına, taşımada kullanırlar. Çok hücreli organizmalar genellikle iç geçitleri örten silli hücrelere sahiptir. Bu hücrelerin sillerinin sürekli hareketleri, malzemeleri tüpler ve kanallar vasıtasıyla tercih edilen yönde hareket ettirmeye yardımcı olur.

Bakteriler ve mavi-yeşil algler hariç, bütün hücre tiplerinde siller ve kamçılar, hücrenin yüzeyinden türeyen plazma zarı ile çevrelenmiş sitoplazmik uzantılardır. Uzun sil ya da kamçı tabanında, uzun sapın geri kalanını destekleyen ve yükselten **bazal cisim** vardır. Bir daire içinde düzenlenmiş dokuz takım üçlü mikrotübüllerden oluşur. Kendisi de çevresinde dokuz çift merkezinde bir çift mikrotübülden oluşan bazal cisim, protein alt birimlerinin uzun yapıların geri kalan kısımları boyunca

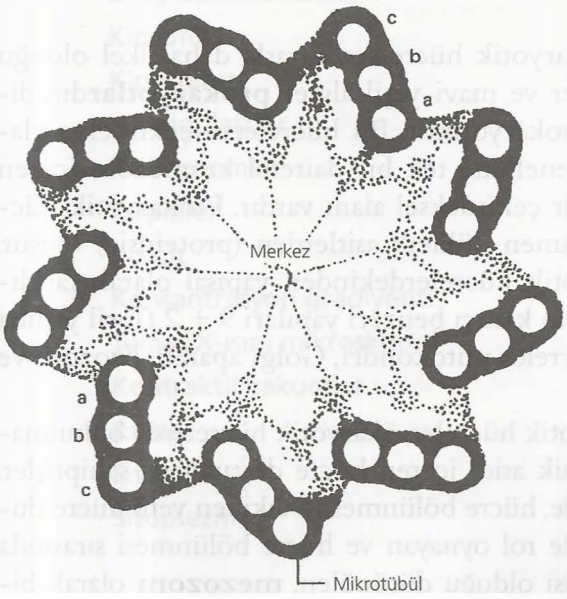
uzanan mikrotübülleri oluşturmak üzere toplandığı yer olabilir. Bu 9+2 düzeni bakteri ve mavi-yeşil algler dışında tüm hücresel sil ve kamçıların karakteristiğidir.

Sentrioller

Bazal cisimler ve **sentrioller** yapısal olarak aynıdır ancak bazal cisimler tüm hücrelerin sil ve kamçı temellerinde bulunurken, sentrioller genellikle hayvan hücrelerinde çekirdeğin yakınında bulunurlar. Sentrioller çiftler hâlinde bulunur. Bazal cisimler gibi, hepsi de uzunlamasına dizilmiş, silindirik bir yapı oluşturan dokuz takım üçlü kümeden oluşurlar.

Sentriol tüm hücrelerde görülmez fakat çoğu hayvan hücresi bunlara sahiptir ve her zaman aynı tipik modeli gösterir: bir enine kesitte kesildiğinde (yatay kesit) bir çember benzeri gibi görülen dokuz takım üçüzden oluşan bir silindir şeklindedir (bk. Şekil 2.13).

Mikrotübüllerin oluşumunda rol oynamanın yanı sıra, sentrioller hücre çoğalması sırasında aktif hâle gelir. Interfaz sırasında her iki sentriol çifti çekirdeğin hemen dışında, birbirlerine dik açılarla yerleşir. Mitoz (veya mayoz bölünme) başlarken, hücrenin içinden kutuptan kutuba uzanan mikrotübüllerden oluşan **iğ** olarak bilinen mitotik aparatı organize eder. Kromozomlar metafazda bu mikrotübüller üzerinde hizalanır ve daha sonra hücre bölünmesinin geri kalan evreleri boyunca birbirlerinden ayrılırlar. Hücre bölünmesinin sonuna doğru (telofaz sırasında) sentrioller çoğalır, dolayısıyla her bir yavru hücre çekirdeğin hemen dışında



Şekil 2.13. Bir sentriolün kesiti. Bu çizim, sil ve kamçının spiral veya ileri-geri şekilde ahenkli hareketini oluşturan dokuz tane üçlü mikrotübülleri gösterir.

bulunan iki çift sentriole sahip olur. Hücre bölünmesi hakkında daha kapsamlı bilgi için bk. Bölüm 3.

Ökaryotik ve Prokaryotik Hücreler

Bakteriler ve mavi-yeşil alg hücreleri ile çoğu diğer organizmalar arasındaki farklar yaygın bir şekilde iki farklı hücre tipi arasında ayrım yapmak için gösterilir: **Prokaryotik** hücreler ve ökaryotik hücreler.

Ökaryotik Hücreler

Bu bölümün ilk kısmının büyük bir bölümü ökaryotik hücrelerle ilgilidir. Ökaryotlar, ökaryotik hücrelere sahip bitkiler ve hayvanlardır. Ökaryotlar bütün protistleri, mantarları, bitkileri ve hayvanları içerir. Bunların hücreleri içerisinde membran ile çevrili bir çekirdek; bu çekirdeğin içerisinde ise kalıtım birimleri olan gen adı verilen uzun filamentli yapıları içeren kromozomlar bulunur. Bu kromozomlar, nükleik asitler ve proteinlerden oluşur.

Ökaryotik hücreler, mitokondri, Golgi cisimleri (veya Golgi aparatı), endoplazmik retikulum ve şimdiye kadar tarif edilen diğer organellerin de çoğunu içerir. Eğer bu hücrelerde klorofil içeriyorsa bu kloroplastlarda bulunur. Bu ökaryotik hücreler sile ve/veya kamçıya sahipse, bunlar daha önce tarif edilen 9 + 2 yapısındadırlar.

Ökaryotik hücrelerin tüm içeriği bir plazma zarı ile çevrilidir ve bazı durumlarda ise birçok bitki hücresinde olduğu gibi plazma zarı da bir hücre duvarı tarafından çevrelenmiştir.

Prokaryotik Hücreler

Prokaryotik hücrelerin ökaryotik hücrelere kıyasla daha ilkel olduğu düşünülmektedir. Bakteriler ve mavi-yeşil algler **prokaryotlar**dır, diğer bir deyişle hücreleri prokaryotiktir. Bu hücrelerin çekirdek zarları yoktur; bunun yerine genellikle tek bir dairesel kromozom içeren **nükleoid** olarak bilinen bir çekirdeksel alanı vardır. Prokaryotik hücrelerde, kromozomlar tamamen nükleik asitlerden (proteinsiz) oluşur. Ayrıca ribozomları ökaryotik hücrelerdekinden yapısal olarak farklıdırlar. Prokaryotik hücrelerin kamçı benzeri yapıları 9 + 2 fibril yapıda değildirler. Prokaryotik hücreler mitokondri, Golgi aparatı, lizozom ve vakuol içermezler.

Buna ek olarak prokaryotik hücreler, ökaryotik hücrelerde bulunmayan bir özellik olan muramik asidi içeren hücre duvarlarına sahiptirler. Pek çok prokaryotik hücrede, hücre bölünmesini takiben yeni hücre duvarı materyalinin üretiminde rol oynayan ve hücre bölünmesi sırasında DNA replikasyonu ile ilişkisi olduğu düşünülen, **mezozom** olarak bi-

linen ve plazma membranının içe katlanması ile ortaya çıkan bir yapı bulunur. Mezozom, hücreye enerji sağlamak için gıda moleküllerinin parçalanmasına yardımcı olabilir.

Çoğu fotosentetik prokaryot, fotosentetik membranlar ve klorofil içerir ancak bu yapılar bir kloroplast içerisinde yer almazlar.

ANAHTAR TERİMLER

Aktif taşıma
Amiloplastlar
Bazal cisim
Karotenoidler
Taşıyıcı moleküller
Hücre zarı
Hücre özü
Hücre teorisi
Hücre duvarları
Hücreler
Selüloz
Selüloz fibrilleri
Orta lamel
Sentrioller
Kimyasal homeostaz
Klorofil
Kloroplast
Kromoplastlar
Kromozomlar
Kirpikler
Koloit
Konsantrasyon gradiyenti
Temas X-ışını mikroskopisi
Kontraktil vakuoller
Krista
Sitolojist
Sitoplazma
Sitoplazmik akış
Dezmozomlar
Deoksiribonükleik asit (DNA)
Yayılma
Diseksiyon mikroskobu
Elektron mikroskobu
Endositoz
Endoplazmik retikulum (ER)
Denge
Ökaryotik hücreler
Ekzositoz
Kolaylaştırılmış difüzyon
Yağ damlaları
Flagela (kamçı)
Gap junction'lar
Jel
Genler
Glikoproteinler
Golgi aygıtı (Golgi cisimciği)
Granalar
Hooke, Robert
Hiperosmotik
Hipertonik
Hiposmotic
Hipotonik
İç membran
İzosmotik

İzotonik
Lameller
Leeuwenhoek, Antonie van
Lökoplastlar
Işık mikroskobu
Lignin
Lizozom
Büyütme (magnifikasyon)
Matris
Mezozom
Mikrofilamanlar
Mikroskop
Mikrotübüller
Orta lamel
Mitokondri
Mukopolisakaritler
Çok hücreli organizma
Neksuslar
Nükleer membran
Nükleik asitler
Nükleoid
Çekirdekçik organizatörü
Çekirdekçik
Çekirdek plazması
Nükleotidler
Çekirdek
Organel
Osmoz
Osmotik basınç
Dış zar
Pasif taşıma
Pektin
Peroksizom
Fagositoz
Pinositoz
Hücre zarı
Plazmodezmata
Plastidler
Poliribozomlar
Polizomlar
Birincil hücre duvarı
Prokaryotlar
Prokaryotik hücreler
Resolution
Ribonükleik asit (RNA)
Ribozomal RNA (rRNA)
Ribozomlar
Granüllü endoplazmik retikulum
Taramalı elektron mikroskobu
Taramalı tünelleme mikroskobu
Schleiden, Matthias
Schwann, Theodor
İkincil duvar
Yarı geçirgen membran
Granülsüz endoplazmik retikulum
Sol
Solüsyon
Sperm kuyrukları
İğ
Stereo mikroskoplar
Stroma
Simbiyosis
Tonoplast
Transmisyon elektron mikroskobu
Turgor
Tek hücreli organizmalar
Vakuoller
Ksantofiller

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Mikroskop, Hücreler, Hücre Teorisi

1. On yedinci yüzyılda ilk ışık mikroskopları_____ tarafından inşa edildi.
   a. Hooke
   b. DuPont
   c. Scopes
   d. Pierson
   e. Leeuwenhoek

2. Hücreleri inceleyen bilim dalına _____ denir.
   a. Sürüngen bilimi
   b. Ornitoloji
   c. Simology
   d. Sitoloji
   e. Gereksiz tekrar

3. Işık mikroskobu altında _____ ışıkla aydınlatılan örneklerin, diğer renklerin kullanılmasından çok daha fazla çözünürlük sağladığı bulundu.
   a. Kırmızı
   b. Turuncu
   c. Mavi
   d. Yeşil
   e. Sarı

4. Transmisyon elektron mikroskobunda, gözle görünür ışıktan _____ bir elektron ışını ince dilimlenmiş bir örnekten geçirilir.
   a. Daha uzun dalga boylarında
   b. Daha kısa dalga boylarında
   c. Daha parlak ışıklı
   d. Daha güçlü X-ışınlarına sahip
   e. Daha güçlü kozmik

5. Bilim insanlarının bireysel canlı hücrelerini en ayrıntılı şekilde gözlemlemesine olanak tanıyan mikroskop teknolojisindeki en son gelişmeye _____ denir.
   a. Transmisyon elektron mikroskopisi
   b. Işık mikroskopisi
   c. Taramalı elektron mikroskopisi
   d. Temas X-ışını mikroskopisi
   e. Gama ışını mikroskopisi

6. 1665'te_____, bir parça mantardan hücre diye adlandırdığı yapıları bulduğunu ifade etti.
   a. Spallanzini
   b. Malthus
   c. Hooke
   d. Leeuwenhoek
   e. Marvin

7. Hücre teorisine ilişkin aşağıdaki ifadelerden biri hariç tümü doğrudur. Yanlış cevabın bulunduğu şıkkı daire içine alın.

a. Hücreler yaşamın temel birimleridir.
b. Tüm hücrelerin hücre duvarları vardır.
c. Hücreler, canlı diye adlandırabilecek en küçük varlıklardır.
d. Tüm organizmalar bir veya daha fazla hücreden oluşur.
e. Hücreler yalnızca diğer hücrelerin bölünmesinden ortaya çıkar.

Hücre Yapısı ve Hücre Boyutu, Sitoplazma ve Nükleoplazma, Plazma Membranı

8. Bir hücre, _____ kararlı bir iç ortamı korumak için çok büyük olur.

a. Yüzey alanı çok küçük olduğunda
b. Hacmi çok küçük olduğunda
c. Yüzey alanı çok büyük olduğunda
d. Hacmi çok büyük olduğunda
e. Yüzey alanı/hacim oranı çok büyük olduğunda

9. Hücre ne kadar büyük olursa, _____ tüm iç çevre üzerinde kontrol sağlaması o kadar _____.

a. Nükleer maddenin/kolaylaşır
b. Nükleer maddenin/zorlaşır
c. Kloroplastın/kolaylaşır
d. Kloroplastın/zorlaşır
e. Mitokondrinin/kolaylaşır

10. Canlı bir hücrenin içi _____ oluşur.

a. Komplike bir çözeltiden
b. Heterojen bir koloidten
c. Kati bir yapıdan
d. a ve b
e. b ve c

11. Koloid, _____ bağlı olarak bir jel hâline dönüşebilir.

a. Sıcaklığa
b. pH'a
c. Tuz konsantrasyonuna
d. Basınca
e. Yukarıdakilerin hepsine

Hücre Membranı Üzerindeki Hareket, Difüzyon, Osmoz, Kolaylaştırılmış Difüzyon

12. Plazma zarı hücreye aşağıdakileri sağlar:

a. Koruma
b. Şekil
c. Kuvvet
d. Hücrenin içine giren ve çıkan materyal akışını düzenleyen bir yapı
e. Yukarıdakilerin hepsi

13. Molekülleri bir yerden diğerine taşımak için enerji kullanıldığında _____ olarak adlandırılır.

a. Pasif ulaşım
b. Koloidal çarpışma
c. Jel hâli
d. Pasif homeostaz
e. Aktif taşıma

14. Bir maddenin parçacıklarının yüksek konsantrasyon bölgelerinden daha düşük konsantrasyon bölgelerine net hareketi _____ olarak adlandırılır.
a. Homeostaz
b. Aktif ambiyans
c. Homeostatik çarpışma
d. Difüzyon
e. Kademeli konstance

15. Bir maddenin parçacıklarının bu maddenin en yoğun konsantrasyon alanından uzaklaşması, _____ oluşturacaktır.
a. Jel hâli
b. Koloidal çarpışma
c. Diferansiyel ayrım
d. Aşamalı homeostaz
e. Konsantrasyon gradiyenti

16. Kısmi veya farklı geçirgen bir membrana _____ denir.
a. Difüzyon membranı
b. Semi-homeostatik membran
c. Aktif membran
d. Kolaylaştırılmış membran
e. Yarı geçirgen membran

17. Çözünür parçacıklar tarafından yarı geçirgen bir zar boyunca su çeken bir solüsyondaki veya koloide uygulanan basınç _____ olarak bilinir.
a. İzosmoz
b. Hiperosmoz
c. Osmoz
d. Hiposmoz
e. Osmotik basınç

18. Saf suyun iki solüsyonunu ayıran yarı geçirgen bir membran olduğunda, iki taraf _____.
a. Hiper dengededir
b. Hipo dengededir
c. Osmotik difüzyondadır
d. Kolaylaştırılmış osmo-dengededir
e. Dengededir

19. Osmotik basınç yarı geçirgen bir membranın her iki tarafında aynı olduğunda, her çözeltinin _____ olduğu söylenir.
a. İzosmotik
b. Hiperosmotik
c. Hiposmotik
d. Osmotik
e. Yukarıdakilerin hiçbiri

20. Plazma zarları belirli maddelerin hücrenin içine veya dışına taşınmasına yardımcı olan _____ içerir.
a. Organeller
b. Çekirdek
c. Çekirdekçik
d. Prionlar
e. Taşıyıcı moleküller

Aktif Taşımacılık, Membranlar Arasında Büyük Parçacıkların Hareketi, Bitki Hücresi Duvarı

21. Glukoz gibi maddeleri bir hücre zarı boyunca bir konsantrasyon gradiyentine karşı taşıma _____.
    a. İçin hiçbir enerjinin harcanması gerekmez
    b. Olayına difüzyon denir
    c. Osmoz olarak adlandırılır
    d. İçin enerji harcanmalıdır
    e. Yukarıdakilerin hiçbiri.

22. Çok kapsamlı şekilde incelenen aktif taşıma sistemi, sistemi idame ettirmek için yüksek enerjili _____ molekülünü kullanır.
    a. ATP
    b. $NADPH_2$
    c. NAD
    d. $NADH_2$
    e. Yukardakilerden hiçbiri.

23. Plazma zarının partiküllü maddeyle kaynaşması ya da parçacık hâlindeki maddeyi yutması ve daha sonra bir parçanın ayrılıp hücrenin dışına taşınması olayı _____ olarak bilinir.
    a. Endositoz
    b. Ekzositoz
    c. Endotelyal fagositoz
    d. Ekzokrin pinositoz
    e. Yukarıdakilerin hiçbiri.

24. Sıvılar veya makro-moleküller yutulup hücrelere taşındığında, bu tür endositoz _____ olarak bilinir.
    a. Ekzositoz
    b. Endotelyal fagositoz
    c. pinositoz
    d. Fagositoz
    e. Yukarıdakilerin hiçbiri.

25. Hem bitki hem de hayvan hücreleri plazma zarına sahiptirler ancak sadece bitki hücrelerinde _____ vardır.
    a. Mezotel doku
    b. Endotel doku
    c. Hücre çeperi
    d. Çekirdek
    e. Çekirdekçik

26. Hücre duvarı, hücresel protoplazmanın bir ürünüdür ve esas olarak kompleks polisakkarit _____ ve diğer ilgili bileşiklerden oluşur.
    a. Nişasta
    b. Glukoz
    c. Globular protein
    d. Selüloz
    e. Naylon

27. İki hücre duvarının temas ettiği yerde, iki hücre arasına orta katman adı verilen başka bir kat bulunmaktadır. Hücreler arasındaki bu sürekli katman genellikle _____ oluşur.

a. Nişasta
b. Pektin
c. Lignin
d. Globular protein
e. Selüloz

28. Bitki hücrelerini bir arada tutan, genellikle kalsiyum pektat formundaki kompleks polisakarit _____ olarak bilinir.
a. Selüloz
b. Lignin
c. Beta karoten
d. Antraknoz
e. Pektin

29. Hücre duvarının büyük bir kısmını oluşturan ve gevşek bir ağ gibi yerleşmiş olan uzun iplik benzeri yapılar_____ olarak bilinir.
a. Miyofibriller
b. Miyoglobin
c. Fibrinojen
d. Selüloz fibrilleri
e. Pektin

Plazmodezma ve Gap Bağlantıları, Çekirdek ve Endoplazmik Retikulum

30. Hücredeki yapıları birbirine bağlayan benzer membranlara bağlı ağa _____ adı verilir.
a. Taşıyıcı molekül
b. Endoplazmik retikulum
c. Globular protein
d. Adenozin trifosfat
e. Gamma globülin

31. Genellikle bir bitki hücresinden bir sonraki bitki hücresine hücre duvarlarındaki gözenekler yoluyla bağlanan ince protoplazmik bağlantılar _____ olarak bilinir.
a. Plazmidler
b. Plazmodezmoz
c. Gap junction'ları (kavşakları)
d. Endoplazmik retikulum
e. Plazmodezmata

32. Hayvan hücreleri iç bölgelerine kıyasla düşük bir osmotik basıncına sahip olan suyun içindeyken su, düşük osmotik basınç alanından yüksek osmotik basınç ile hücrelere geçecek ve sonunda hücrelerin şişmesi veya _____ nedeniyle patlayacaktır.
a. Plazma
b. Dezmata
c. Turgor
d. Neksus
e. Yukarıdakilerin hiçbiri.

33. Membranlarda iyi tanımlanmış hücre içi yapılara _____ denir.
a. Bakteriler
b. Mavi-yeşil algler
c. Prionlar
d. Nükleotidler
e. Organeller

34. Birçok hücrede, özellikle bitki hücrelerinde bulunan membranlarda dolaşan, sıvı dolu alanlar _____'dir.

a. Kromozomlar
b. Vakuoller
c. Çekirdekler
d. Kromatidler
e. Çekirdekçikler

35. Kromozomları içeren büyük organel _____'dir.

a. Çekirdek
b. Koful
c. Kromatid
d. Lizozom
e. Endoplazmik retikulum

36. Belirli bir nükleik aside ayırıcı özellik kazandıran _____ dizisidir.

a. Genler
b. Çekirdekler
c. Kromozomlar
d. Nükleotidler
e. Çekirdekçikler

37. Hücrenin bölünmediği zamanlarda çekirdeğin içinde yüksek konsantrasyonda ribonükleik asit ve protein içeren belirgin bir karanlık alan olan _____ bulunur.

a. Endoplazmik retikulum
b. Golgi gövdesi
c. Koful
d. Lizozom
e. Çekirdekçik

38. Tüm nükleer yapılar viskoz bir koloidal malzeme olan _____ gömülüdür.

a. RNA
b. DNA
c. Sitoplazma
d. Protoplazma
e. Çekirdek plazması

39. Çekirdek, plazma zarına benzer iki komple membrandan oluşan _____ ile sınırlanır.

a. Nükleer membran
b. Nükleer duvar
c. Çekirdekçik organizatörü
d. Çekirdek plazması
e. Hücre çeperi

40. Nükleer zarın dışına eklenmiş _____ diğer birçok zarı, çekirdekten iki yönlü materyal akışına yardımcı olması bakımından önemli görünmektedir.

a. Hücre çeperinin
b. Endoplazmik retikulumun
c. Endotelin
d. Nükleer organizatörün
e. Hücre zarının

41. _____, sitoplazmada bulunan, özellikle protein sentezine yol açan kimyasal reaksiyonlarda yer alan enzimler için mevcut alanı ge-

nişleterek, sitoplazmada yüzey alanını büyük ölçüde arttıran bir çift katmanlı membranlar serisidir.

a. Endoplazmik retikulum
b. Birincil hücre duvarı
c. Hücre çeperi
d. Hücre zarı
e. Hücre membranı

42. Endoplazmik retikulum, protein sentezinin asıl bölgeleri olan _____ adi verilen küçük parçacıklar ile astarlanmış ya da astarlanmamış olabilir.

a. Ribozom
b. Lignin
c. Pektin
d. Endotel
e. Çekirdek

Ribozomlar, Golgi Aparatı, Lizozomlar, Mitokondri, Plastitler

43. Hücre sitoplazmasında tekli ve endoplazmik retikulumun üzerinde bağlı olarak bulunmanın yanı sıra, bazı ribozomlar toplu olarak _____ olarak bilinen kümeler veya küme grupları hâlinde ortaya çıkarlar.

a. Polizomlar
b. Poliribozomlar
c. Polikromozomlar
d. a ve d
e. a, b ve c

44. Ribozomlarda sentezlenen bazı _____ endoplazmik retikulum boyunca _____ giderler ve burada konsantre edilirler.

a. Plastidler, lizozomlara
b. Peroksizomlar, otozomlara
c. Glikoproteinler, mezozomlara
d. Polisakkaritler, mezozomlara
e. Kimyasallar, Golgi aparatlarına

45. Konsantre olan ve Golgi aygıtında depolanan kimyasallar, daha sonra, _____ hareket etmek üzere Golgi aygıtının dış kısmı tarafından üretilen salgı vezikülleri tarafından hücreden salınır.

a. Hücre yüzeyine
b. Lizozoma
c. Mezozoma
d. Otozoma
e. Ribozoma

46. Bazı basit şekerler, daha sonra mukus salınımı için kullanılabilen _____ ve _____'yi oluşturan proteinlere bağlanabilen daha karmaşık polisakkaritleri sentezleyen Golgi aygıtında modifiye edilebilir.

a. Nişasta, selüloz proteinleri
b. Glikojen, mukoproteinler
c. Fotoglikojen, mukoglikojen
d. Glikopolisakaritler, glukopolisakkaritler
e. Glikoproteinler, mukopolisakkaritler

47. _____, hücrenin sindirim sistemi olarak işlev gören güçlü sindirim enzimlerini içerir; hücre sitoplazması içerisine pinositoz veya fagositoz ile alınan parçacıklar ile ilgili işlemlerin yürütülmesini sağlar.
a. Peroksizomlar
b. Lizozomlar
c. Mezozomlar
d. Otozomlar
e. Ribozomlar

48. Genellikle hücrenin güç merkezi olarak da adlandırılan _____ hücreye yüksek enerjili molekül adenozin trifosfat şeklinde kimyasal enerji tedarik eder.
a. Mitokondri
b. Vakuoller
c. Endoplazmik retikulum
d. Golgi aparatı
e. Mezozom

49. Mitokondrinin iç membranları içe doğru yönlendirilmiş kıvrımlara, yani yarı sıvı matriste uzanan _____ sahiptir.
a. Krista
b. Granalar
c. Tilakoid
d. Lameller
e. Stroma

50. Plastidlerde lamel yığınlarına _____ denir.
a. Stroma
b. Amiloplast
c. Kloroplast
d. Lökoplast
e. Grana

51. Plastidlerde bulunan birçok çift zar _____ olarak adlandırılır.
a. Stroma
b. Granalar
c. Lameller
d. Amiloplastlar
e. Lökoplastlar

52. Plastidlerin içindeki proteinli matris _____ olarak bilinir.
a. Stroma
b. Granalar
c. Amiloplastlar
d. Lökoplastlar
e. Thylakoid

53. Plastidler _____ adı verilen nişasta ile doludur.
a. Lökoplast
b. Amiloplast
c. Kromoplast
d. Lökosit
e. Granülosit

54. Sarı, turuncu veya kırmızı pigment içeren çoğu plastide _____ denir.
a. Lökoplastlar
b. Amiloplastlar
c. Kromoplastlar
d. Lökositler
e. Granülositler

55. Yeşil pigment içeren kromoplastlar _____ olarak bilinirler.
a. Lökoplastlar
b. Amiloplastlar
c. Kromoplastlar
d. Kloroplast
e. Karotenoplastlar

56. Klorofillere ilave olarak, kloroplastlar diğer pigmentleri, özellikle sarı ve turuncu _____ 'leri içerir.
a. Amilofil
b. Lökofil
c. Rohofil
d. Kromofil
e. Karotenoid

Vakuoller, Mikrofilamentler, Mikrotübüller, Sil ve Kamçılar, Sentrioller, Ökaryotik ve Prokaryotik Hücreler

57. Çoğu bitki hücresinin toplam hacminin büyük bir kısmı tek bir _____ 'den oluşur.
a. Koful
b. Tonoplast
c. Ribozom
d. Otozom
e. Makrotübül

58. Vakuoller, _____ olarak bilinen bir zar ile çevrilidir.
a. Mikrotübül
b. Makrotübuller
c. Mikrofilament
d. Tonoplast
e. Amiloplast

59. Vakuol içindeki sıvı _____ olarak adlandırılır.
a. Hücre özü
b. Tonoplazma
c. Vakuoplazma
d. a ve b
e. a ve c

60. Bitki ve hayvan hücrelerinde bulunan, özellikle bazı bitki hücrelerinde toplam hücre hacminin büyük kısmını oluşturan membrana bağlı sıvı dolu alanlara _____ denir.
a. Tonoplast
b. Vakuol
c. Ribozom
d. Mezozom
e. Otozom

61. Çeşitli işlevleri olan farklı vakuoller vardır. Bazı tek hücreli organizmalar, hücreden fazla su ve atık çıkarmada önemli olan _____ sahiptir.
a. Tonoplastlara
b. Ribozomlara
c. Otozoma
d. Kontraktil vakuollere
e. Mezozomlara

62. Bir hücrenin sitoplazması içinde yalnızca yaklaşık altı nanometre çapında uzun, ince protein lifleri bulunur. Hücredeki yerel koşullara bağlı olarak bu _____ alt birimler veya filamentler olarak bulunabilir.

a. Kirpikler
b. Mikrofilamanlar
c. Flagellalar (kamçılar)
d. Bazal cisim
e. Mikrotübülüsler

63. Hücredeki sitoplazmanın sabit hareketi _____ olarak adlandırılır.

a. Sitoplazmik akış
b. Kipriksel hareket
c. Kamçısal hareket
d. Mikrotübüler hareket
e. Mikrofilamentik akış

64. Sil ve kamçı, hücre zarı uzantıları ile çevrili hücre yüzeyinden gelen sitoplazmik uzantılardır. Uzun sillerin veya flamentlerin tabanı _____ 'dir.

a. Sentriol
b. Mikrotübül
c. Mikrofilament
d. Bazal cisim
e. Mavi-yeşil algler

65. Hayvan hücrelerinde ancak çoğu bitki hücresinde değil interfaz sırasında çekirdeğin hemen dışındaki sitoplazmanın özel bir bölümünde, birbirine dik açılı olarak yönlendirilen ve bölünen hücrenin mitotik aparatını organize eden iki silindirik gövde bulunmaktadır. Bu organeller _____'dir.

a. Bazal cisim
b. Mikrotübülüsler
c. Mikrofilamanlar
d. Sentrioller
e. Kirpikler

Cevaplar

1. e	7. b	13. e	19. a
2. d	8. e	14. d	20. e
3. c	9. b	15. e	21. d
4. b	10. d	16. e	22. a
5. d	11. e	17. e	23. b
6. c	12. e	18. e	24. c

25. c	36. d	47. b	58. d
26. d	37. e	48. a	59. a
27. b	38. e	49. a	60. b
28. e	39. a	50. e	61. d
29. d	40. b	51. c	62. b
30. b	41. a	52. a	63. a
31. e	42. a	53. b	64. d
32. c	43. d	54. c	65. d
33. e	44. e	55. d	
34. b	45. a	56. e	
35. a	46. e	57. a	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Hücre yapısını ve işlevini gözlemleme ve anlama imkânı tanıyan olayları açıklayınız.
2. Hücreler ilk kez tarif edildiğinde, bu keşif sırasında ne görüldü?
3. Hücre teorisini açıklayınız.
4. Neden çoğu hücre küçüktür?
5. Sitoplazmayı ve nükleoplazmayı tanımlayınız.
6. Bir solüsyonun ve koloidin hücre yapısı içerisinde benzer ve farklı özelliklerini listeleyiniz.
7. Hücre zarını tanımlayınız.
8. Malzemeler bir hücre zarı boyunca nasıl hareket eder?
9. Hücredeki osmotik basınç hücrenin dışındaki osmotik basınca eşit olmadığında hücre içeriğinin olası dinamikleri nelerdir?
10. Pasif ve aktif taşımayı karşılaştırınız.
11. Malzemeler hücreler arasında nasıl hareket eder?
12. Çekirdeği tanımlayın: nedir; nerededir; içinde ne var ve işlevi nedir?

13. Aşağıdaki yapıların her birinin kısa bir açıklamasını yapınız:

a. Endoplazmik retikulum
b. Ribozom
c. Golgi aparatı
d. Lizozom
e. Mitokondri
f. Yağ damlacığı
g. Plastid
h. Koful
i. Mikrofilament
j. Mikrotübül
k. Kirpik
l. Flagellum
m. Sentriol

14. Ökaryotik ve prokaryotik hücrelerin aynı ve farklı özelliklerini listeleyiniz.

3 Hücre Bölünmesi

Hücresel Üreme

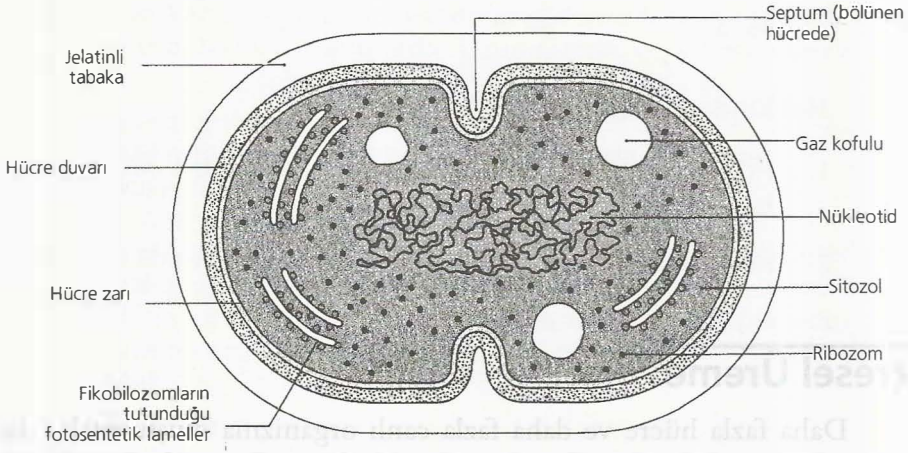
Daha fazla hücre ve daha fazla canlı organizma oluşturmak için hücreler çoğalırlar. Ancak sadece ikiye bölünmek yeterli değildir. Her bir hücrenin genetik bilgisini bir sonraki nesil hücrelere başarıyla aktarması zorunlu olduğu için, bir hücre çoğaldığında her bir **kardeş hücre** yaşamsal bilginin sadece bir kısmından daha fazlasını mecburen almalıdır; tüm gerekli genetik materyalin tam bir kopyası zorunludur.

Bir hücrenin kromozomlarındaki bütün bilginin kardeş hücrelere geçirilmesinde bazı mekanizmalara ihtiyaç duyulur. Bu nedenle, bölünmeden önce ana hücre ihtiyaç duyulan tüm bilginin bir kopyasını üretmelidir. Bu **duplikasyon** aynı zamanda **replikasyon** olarak da adlandırılır; hücre bölünmesinden bahsedildiğinde her iki kelime de birbirinin yerine kullanılır.

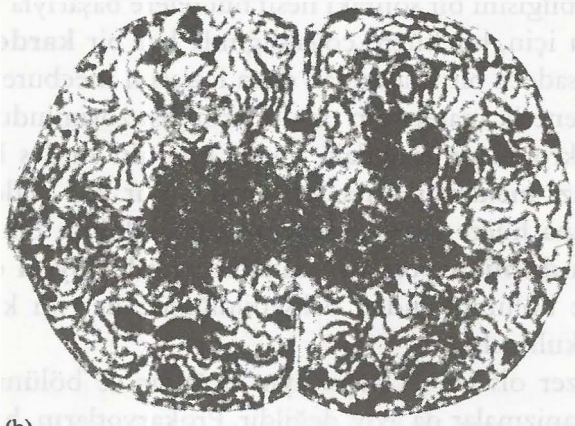
Hücreler, benzer olsalar da hepsi aynı değildir ve bölünmek için kullandıkları mekanizmalar da aynı değildir. Prokaryotların, hücrelerin en ilkel canlı formlarını temsil ettiği düşünülür. Oldukça gelişmiş ökaryotlara göre daha az karmaşık bir şekilde bölünürler.

Prokaryotlarda Hücre Bölünmesi: İkiye Bölünerek Çoğalma

Prokaryotik hücreler dairesel bir kromozoma sahiptir. Kromozom iki katına çıktığında, oluşan kopyaların her biri, hücrenin ayrı bir ucuna taşınır ve ana hücrenin ortasında, hücreyi iki kısma ayıran bir zar oluşur. Bu iki kısım daha sonra ayrılır, iki kardeş hücre oluşturur. Her bir kardeş hücre genetik materyalden tam bir takım içerir. Prokaryotik hücre bölünmesindeki bu süreç **binary fission** olarak adlandırılır (bk. Şekil 3.1).



(a)



(b)

Şekil 3.1. (a) Genel olarak siyanobakteriler (ya da mavi-yeşil bakteri ya da mavi-yeşil algler) hücre bölünmesi geçirir ve (b) ikiye bölünen gerçek bir siyanobakterinin elektron fotomikrografısi.

Ökaryotik Hücre Bölünmesi

Ökaryotik hücre bölünmesi, prokaryotlarda meydana gelen süreçten farklı olan bir seri basamak içerir. Bu basamaklar **karyokinez** olarak bilinen nükleusun bölünmesinin yanı sıra aynı zamanda sitokinez olarak adlandırılan hücrenin geri kalanının da bölünmesini içerir.

Hücre bölünmeye başlamadan önce, nükleusta kromozom şeklinde bulunan genetik bilgi iki katına çıkarılmalıdır. Ancak o zaman kromozomlar ayrı ayrı çekilebilir, yeni oluşan kardeş hücrelerin her biri için bir tam takım set oluşturulur.

İki takım kromozom ancak hücrenin farklı kısımlarına ayrıldığında, sitoplazma ve diğer gerekli materyaller bölünebilir ve ana hücre bölünmesini tamamlayabilir.

İnterfaz

Hücre bölünmesi, hücre canlılığının geri kalanıyla kıyaslandığında, hücrenin kısa ve belirgin bir safhadır. İnterfaz, hücrenin canlılığında en uzun ve fizyolojik olarak en dinamik kısmı olsa da hücre bölünmesinin bir parçası sayılmaz. Bu, daha ziyade, hücrenin büyüdüğü, metabolizmasını yürüttüğü ve kendisini koruduğu bir safhadır.

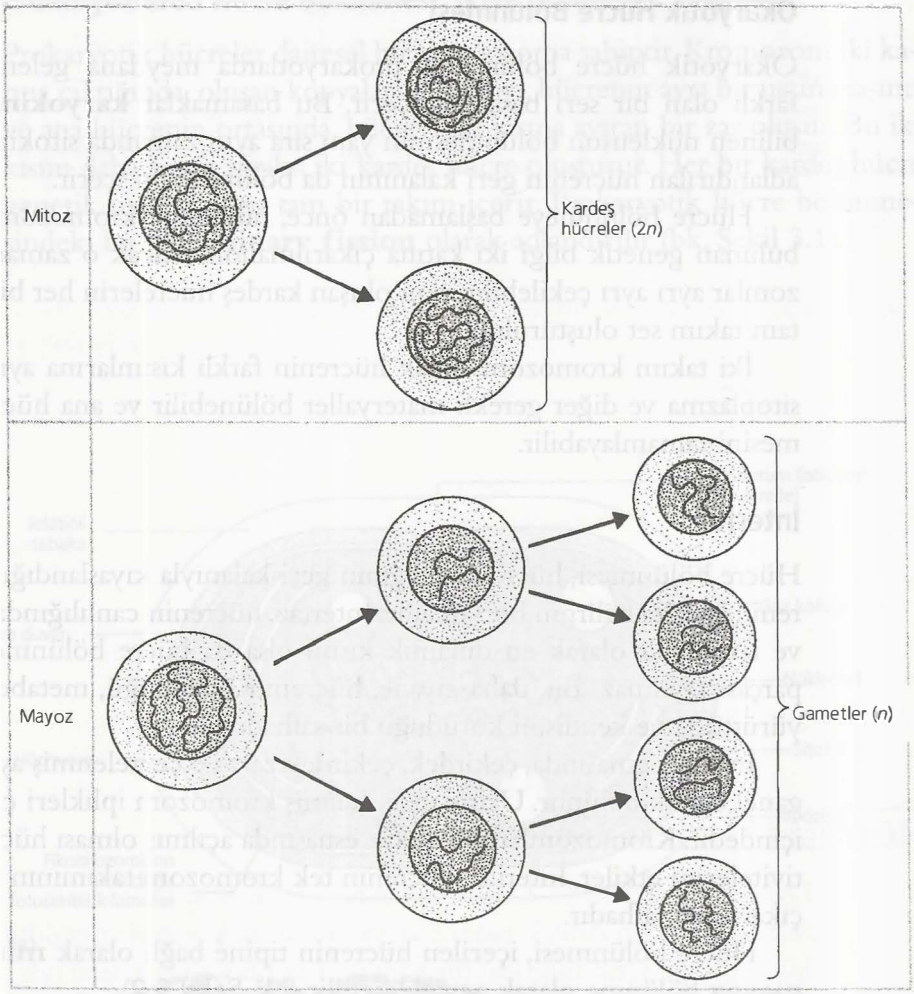
İnterfaz esnasında, çekirdek, çekirdek zarı ile çevrelenmiş ayrı bir organel olarak bulunur. Uzun, ince, açılmış kromozom iplikleri çekirdeğin içindedir. Kromozomların interfaz esnasında açılmış olması hücrenin aktivitelerini etkiler. İnterfaz, hücrenin tek kromozom takımının iki katına çıkarıldığı safhadır.

Hücre bölünmesi, içerilen hücrenin tipine bağlı olarak **mitoz** ya da **mayoz** bölünme olarak gerçekleşebilir (bk. Şekil 3.2).

Mitoz

Profaz

Açılmış kromozomlar bir araya gelerek toplandığında mitoz başlar. Mitozun ilk safhası olan **profaz** sırasında, iki küçük silindirik cismin varlığı çok önemli hâle gelir (bk. Şekil 3.3). Meydana gelecek olayların organize bir şekilde yürümesine yardımcı olurlar. Hayvan hücrelerinde çekirdeğin hemen dışına yerleşmiş olan **sentrioller** (birçok yüksek bitkilerde bulunmamasına rağmen) hücrenin iki zıt kutbuna doğru hareket etmeye başlarlar. Bunlar olurken, kromozomların temel bileşeni olan DNA kısalıp kalınlaşır. Bu süreçte çekirdekçik daha az belirgin olurken, kromozomlar daha çok belirginleşir. Ribozom üretimi çekir-

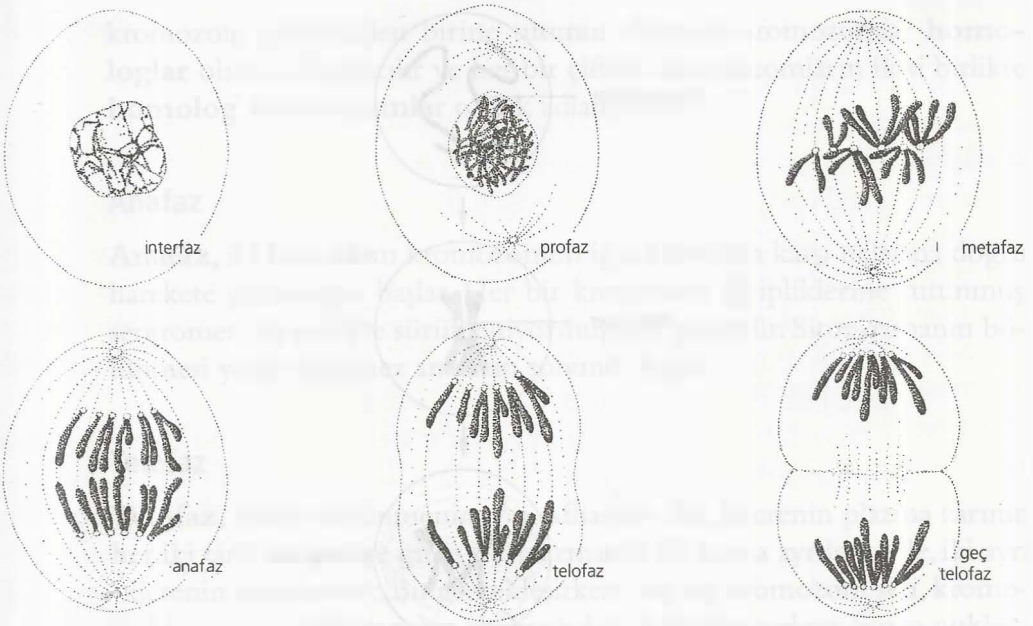


Şekil 3.2. İki tip hücre bölünmesinin genelleştirilmiş ve biraz basitleştirilmiş gösterimleri: mitoz ve mayoz. Mitozda, iki kardeş hücrenin ana hücre ile aynı sayıda kromozomu vardır. Mayozda gametlerin orijinal ana hücrenin yarısı kadar kromozomu vardır.

dekçikte gerçekleşir; mitoz sırasında kromozomlar yoğunlaştığında ribozom üretimi durur.

Kromozomlar çözüldüğünde etrafını çevreleyen ortam ile etkileşime girerler. Bununla birlikte hücre bölünmesinin olması için, önceden iki katına çıkarılan kromozomların ayrılması gerekir. Kromozomlar yoğunlaşana kadar henüz bu gerçekleşmediyse, hücre bölünmesinin devam etmesi mümkün olur.

Daha önce kısalıp kalınlaşan kromozomlar X şeklini alır. X, iki özdeş **kromatid**den oluşur, her biri tek bir **sentromer** ile diğerine tutu-



Şekil 3.3. Mitoz bölünmenin farklı safhalarını geçiren altı kromozomlu bir hayvan hücresinin şematik çizimleri.

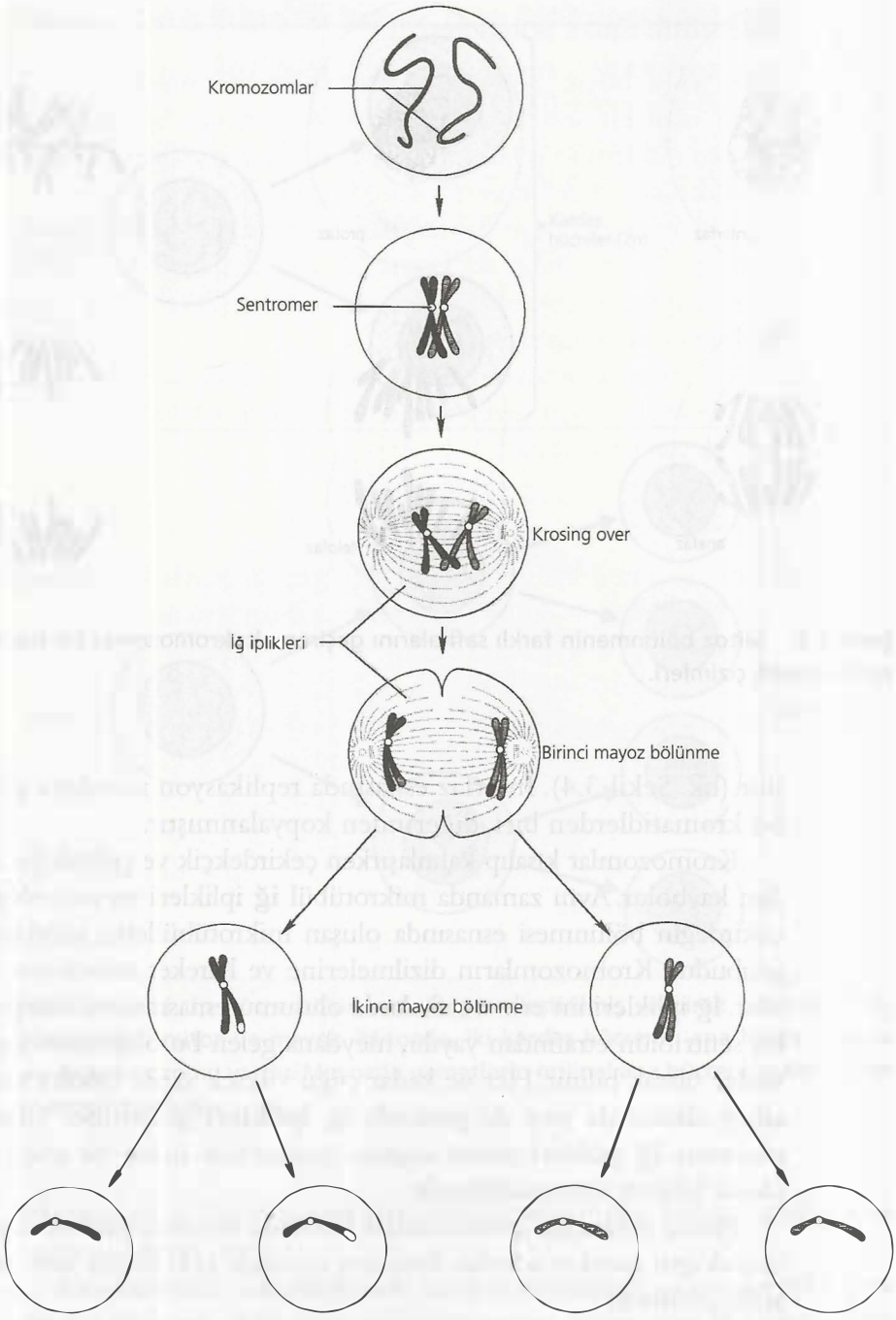
nur (bk. Şekil 3.4). İnterfaz esnasında replikasyon meydana geldiğinde, bu kromatidlerden biri, diğerinden kopyalanmıştır.

Kromozomlar kısalıp kalınlaşırken çekirdekçik ve çekirdeğin zarı gözden kaybolur. Aynı zamanda mikrotübül **iğ** iplikleri serisini oluşturur. İğ, çekirdeğin bölünmesi esnasında oluşan mikrotübüllerin karekteristik bir grubudur. Kromozomların dizilmelerine ve hareket etmelerine yardımcı olur. İğ ipliklerinin erken safhalarda oluşumu esnasında mikrotübüller her bir sentriolün etrafından yayılır, meydana gelen bu oluşumun tamamı **asterler** olarak bilinir. Her ne kadar çoğu yüksek yapılı bitkiler sentriollere sahip olmasa da yine de profazda **iğ iplikleri** geliştirirler (ama asterler oluşmaz). İğ iplikleri mitoz aygıtını oluşturmak üzere bir araya gelen, iğ olarak bilinen mikrotübüllerdir.

Profaz esnasında kromozomlar hücrenin ortasına yani ekvator bölgesine doğru hareket ederler. Profazın sonunda çekirdeğin zarı yıkılmıştır, artık görülmez.

Metafaz

Metafaz, sadece tüm kromozomların ekvator boyunca sıralanması bittiğinde sonlanır. Sentromerler ikiye bölünürler. Her biri karşılık gelen



Şekil 3.4. Mayoz geçiren bir hayvan hücresini gösteren çizimler. Kolay ve açık olması için, bu hücre bir çift kromozom ile gösterildi. Kromozom çiftlerinin gerçek sayısı içerilen türlere bağlıdır. İnsanlar 23 çift kromozoma sahiptir.

kromozom çiftlerinden birine tutunur. Bireysel kromozomlar **homologlar** olarak adlandırılır ve her bir çiftteki kromozomların ikisi birlikte **homolog kromozomlar** olarak adlandırılır.

Anafaz

Anafaz, iki tam takım kromozomun iğ ipliklerinin karşı uçlarına doğru harekete geçmesiyle başlar. Her bir kromozom iğ ipliklerine tutunmuş, sentromeri ile birlikte sürükleniyormuş gibi görünür. Sitoplazmanın bölünmesi ya da sitokinez anafazın sonunda başlar.

Telofaz

Telofaz, mitoz bölünmenin son safhasıdır. Bu, hücrenin plazma zarının her iki taraftan içeriye girip, sitoplazmanın iki kısma ayrılması ile, iki ayrı hücrenin oluşmasıdır. Bu gerçekleşirken, her bir kromozom seti, kromozomları saran nükleer zarın oluşacağı kendi kutbuna ulaşır. Sonra nukleus görünmeye başlarken, kromozomlar çözülür. Sitokinez tamamlandıktan sonra, yeni bir sentriol üretilir.

Sitokinez

Sitokinez, sitoplazmanın bölünmesi, genellikle geç anafazda başlar ve telofazda tamamlanır. Hayvan hücrelerinde sitokinez ekvator bölgesinin tamamını saran bir girinti oluşumu, diğer bir ifadeyle **bölünme oluğu** ile başlar, gittikçe derinleşerek, iki ayrı kardeş hücre oluşana kadar devam eder.

Bitki hücreleri de aynı şekilde bölünen bir plazma zarına sahiptir. Ayrıca, bitki hücreleri, bölünme oluğu oluşturamayan sert bir hücre duvarına sahiptir. Ekvator bölgesinde bir hücre tabakası oluşturmak ve dışarıdan içeriye hareket etmek yerine, **hücre tabakası** içeride oluşmaya başlar ve çevreye doğru büyür.

Sinsityum ve Sönosit

Daha önce bahsedildiği gibi çekirdeğin zarı telofaz esnasında yeniden oluşur ama bu bütün hücre tiplerinde meydana gelmez. Bazı dokular sitoplazma bölünmesini (sitokinezi) takip etmeyen bir mitoz bölünme geçiren hücrelere sahiptir. Böylece hücre bölünmesi birden fazla çekirdek ile sonuçlanır. Çekirdeğin bölünmesi sitoplazmanın bölünmesini ta-

kip etmediğinde, hayvan hücrelerinde **sinsityum,** bitki hücrelerinde ise **sönosit** olarak adlandırılır.

Eşeysellik

İki hücre arasında genetik materyalin değişimi eşeyli birleşmedir. Çoğu tek hücreli organizma ile böyle bir eşeysel birleşme suda gerçekleşir. Çoğu prokaryot, basit hücre bölünmesi (binary fission) ile ürerken, bazı formlar **tomurcuk** ile çoğalır, kopmuş hücre parçaları olgun bakteri hücrelerine büyürler. Binary fission ve tomurcuklanma, **klonlar** olarak bilinen genetik olarak birbirinin aynısı hücre grupları üretirler.

Bazı durumlarda, hücreler, genetik materyallerini birbirleriyle değiştirir veya karıştırırlar fakat aynı hücreler olmalarına rağmen benzersiz popülasyonlar üretirler. Aktarım iki hücrenin eşeyli birleşmesi ile gerçekleştirilir, genetik değişim meydana geldikten sonra ayrılırlar. İki hücre arasındaki genetik rekombinasyonun bu türüne **konjugasyon** denir. Bazı bakterilerin genetik materyali değiştirdiği diğer yol, ölmüş bakteriler tarafından içinde bulundukları ortama salınan DNA parçalarının emilmesi yoluyla kolayca başarılır. Bu işlem **transformasyon** olarak bilinir. Genetik materyal ayrıca bir bakteri hücresinden diğerine bir virüs aracılığıyla **transdüksiyon** adı verilen bir işlem ile taşınabilir. Konjugasyon ve transdüksiyon sadece birçok bakteriler arasında değil ayrıca bazı alg ve protozoalarda da meydana gelmektedir.

Gametler

Çok hücreli organizmalar olarak bilinen, birçok hücreden oluşmuş daha büyük organizmalar hâlâ tek hücrelerle eşeyli birleşmeyi başarabilmektedirler. Her bir kromozomdan ikişer tane içeren hücrelerin aksine, üreme hücreleri, her bir kromozom çiftinden sadece birine sahiptir. Böyle bir yapıya, **haploid** veya **monoploid** denir ve iki üreme hücresi birleşerek tek bir hücre olan **zigot** oluşur. Her iki hücreden elde edilen genetik materyalin birleşmesine **döllenme** denir. Zigot her bir eşey hücresi kromozomlarının ikisine sahiptir ve buna **diploit** denir.

Çok hücreli organizmaların çoğu, **gametler** olarak bilinen **yumurta** ve **sperm** gibi iki farklı tipte eşey hücresine sahiptir. Yumurtayı üreten eşey dişi, spermi üreten eşey ise erkektir. Bazen aynı birey hem erkek, hem dişi organlara sahiptir. Böyle organizmalara **monoecious** ya da **hermafroditik** denir. Yumurtalar genellikle spermden büyüktür çünkü gelişmekte olan embriyonun beslenmesine yardımcı olacak besinleri içerir. Yumurtanın aksine, sperm küçük ve hareketlidir (kendi başlarına hareket edebilirler).

Mayoz

Gametlerin gelişimi ya da **gametogenez** mayoz olarak bilinen bir seri hücre bölünmesiyle meydana gelir. Diploit (2n) sayıda kardeş hücreler üreten mitoz bölünmenin aksine, mayoz bölünme gametlere olgunlaşan (sperm ve yumurta gibi eşey hücreleri) haploit (1n) hücreler üretir. Her bir kromozomun ikisini de içeren hücrelerin aksine, her bir eşey hücresi ya da gamet her bir çift kromozomdan sadece birine sahiptir. Bu haploit bileşim, her iki eşey hücresinin genetik materyalinin döllenme ile birleşmesini sağlar, oluşan tek hücre diploit olan zigottur çünkü tekrar iki kat kromozoma sahip olur.

Bazı açılardan mayoz bölünme, iki arka arkaya değiştirilmiş mitoz bölünme gibidir. Açık olması için mayoz bölünme Mayoz I ve Mayoz II'ye ayrılmıştır. Adımlar bu bölümün geri kalanında açıklanmıştır ve Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Mayoz I

Profaz I

Mayoz bölünmenin ilk safhası olan **profaz I** esnasında homolog kromozomlar yan yana hareket ederken, her bir kromozom kısalıp kalınlaşır. Bu eşleşme işlemine **sinaps** denir. Sinaps yapan her bir kromozom iki kromatide sahiptir, böylece birlikte bir seri **tetratlar** oluşur. Her bir tetrat dört kromatidden oluşur.

Sinaps anında, yeni düzenlemelerde yeniden birleştirilen genetik materyal için bir fırsat oluşturur. Bu sürece **genetik rekombinasyon** denir. Sinaps esnasında, kromatitler, genetik materyalin parçalarını değiştirebilirler. Bu meydana geldiğinde **krosing over** olarak adlandırılır. Genetik materyalin rekombinasyonu oldukça yaygın bir olaydır. Sadece profaz I esnasında gerçekleşir.

Metafaz I

Profaz I'den sonra, homolog kromozomlar eşleştiğinde ve iğ ipliklerinin ekvatoral düzlemine doğru hareket ettiğinde, sentromerler ortada dizilir ve sentromerler iğ ipliklerine tutunur, herbiri kromozomların bir sinaptik çiftine bağlıdır.

Anafaz I

Anafaz I'de sentromerler bölünmez. Onun yerine, her homolog kromozom çiftinden bir homolog kromozom karşıt kutba doğru hareket eder.

Telofaz I

Telofaz I esnasında, ana hücre ikiye bölünür ve yeni haploid çekirdekdeki çift iplikli kromozomlar gözden kaybolur.

İnterkinez

Mitoz bölünmeler arasında, genetik materyal kopyalanır. Bu, Mayoz I'den sonra ve Mayoz II'den önceki kısa sürede olmaz çünkü kromozomlar zaten çift ipliklidir. Bu döneme **interkinez** denir.

Mayoz II

Profaz II

Mayoz I'de diploit hücre, iki haploit hücre üretti. İnterkinez esnasında, genetik materyalin replikasyonu yoktur. **Profaz II**'de her bir kromozom çift ipliklidir. Kromozomlar kısalıp kalınlaşır ve sentromerlerinin tutunacağı iğ ipliklerinin olduğu yer olan ekvatoryal düzleme doğru hareket eder.

Metafaz II

Burada, kromozomlar ekvatoryal düzlem boyunca dizilirler.

Anafaz II

Sonra sentromerler ayrılır ve kardeş kromatidler karşıt kutba doğru hareket ederler.

Telofaz II

Bu safhada, kromozomlar açılır, çekirdek zarı yeniden oluşur ve hücreler bölünür. Mayoz II'nin başlangıcındaki her iki hücre mayoz I'in başında başlayan tek bir hücrenin ürünüdür. Bu hücrelerin her ikisi de yeniden bölündüğü için, mayozun nihai sonucu bir hücreden dört hücre elde edilmesidir. Dört hücrenin her biri haploittir.

ANAHTAR TERİMLER

Anafaz
Anafaz I
Anafaz II
Asterler
Binary fission
Tomurcuklanma
Hücre tabakası
Sentrioller
Sentromer
Kromatidler
Bölünme oluğu
Klonlar
Sönosit
Konjugasyon
Krosing over
Sitokinez
Kardeş hücre
Diploit
Duplikasyon
Yumurtalar
Döllenme
Gametler
Gametogenez
Genetik rekombinasyon
Haploit
Hermafroditik
Homologlar kromozomlar
Homologlar
İnterkinez
İnterfaz
Karyokinez
Mayoz
Metafaz
Metafaz I
Metafaz Iı
Mitoz
Monoecious
Monoploit
Profaz
Profaz I
Profaz Iı
Replikasyon
Sperm
İğ
İğ iplikleri
Sinaps
Sinsityum
Telofaz
Telofaz I
Telofaz Iı
Tetratlar
Transdüksiyon
Transformasyon
Zigot

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Hücresel Üreme, Mitoz ve Mayoz

1. Mitoz ve mayoz bölünmenin her ikisi de _____ dir.

   a. Prokaryotik hücre bölünmesi
   b. Ökaryotik hücre bölünmesi
   c. Mavi yeşil alg
   d. Sitokinez
   e. Binary fission

2. Çekirdek bölünmesi kromozomların iki katına çıkmasıyla karakterize edilen ve aslında benzer iki kardeş çekirdeğin oluşumu olarak bilinen _____ dir.

   a. Mitoz
   b. Mayoz
   c. Sitokinez
   d. Kromatin
   e. Binary fission

3. Sitokinez bir _____ bölünmesidir.

   a. Çekirdek
   b. Sentromer
   c. Kromatin
   d. Sitoplazma
   e. Nükleus

4. Bir diploit ökaryotik hücre bölünmeye başlamadan önce, _____ _____ bölünmelidir.

   a. Nukleus
   b. Çekirdek zarı
   c. Hücre duvarı
   d. Kromozomlar
   e. Tomurcuklar

5. Bir ökaryotik hücre, yaşamının kısa bir bölümünde sadece bölünüyor. Bir hücre ömrünün çoğunda, birşeyleri tüketiyor, birşeyleri atıyor, büyüyor ve metabolize oluyor. Hücrenin bölünmediği zamana _____ denir.

   a. İnterfaz
   b. Profaz
   c. Metafaz
   d. Anafaz
   e. Telofaz

6. Mitoz, iki küçük silindirik cisim olan _____ lerin, çekirdeğin hemen dışında, ayrılmaya başlamalarıyla başlar. Hayvan hücrelerinde bulunurlar ama yüksek yapılı bitkilerin çoğunun hücrelerinde bulunmazlar.

   a. Kromozomlar
   b. Kromatin
   c. Sentrioller
   d. Klorofiller
   e. Karotenler

7. Profaz enasında, _____'nın hepsi kısalıp kalınlaşarak sıkı bantlar hâlinde _____'ı oluşturur.
   a. DNA, sentromerler
   b. DNA, iğ iplikleri
   c. DNA, kromozomlar
   d. DNA, asterler
   e. RNA, sentromerler

8. Mitoz bölünme esnasında diploit bir hücrede DNA'nın hepsi kısalıp katlandığında, kromozomlar iki uzun, ayrı _____ hâlinde görülebilir.
   a. Sentromerler
   b. Kromatinler
   c. Asterler
   d. Kromozomlar
   e. Kromatidler

9. İki özdeş kromatid diploit bir hücrede mitoz esnasında aynı _____ tarafından bir arada tutulur.
   a. Kromozom
   b. Kromatid
   c. Sentromer
   d. Sentriol
   e. Hücre zarı

10. Her biri karşı kutba hareket eden sentriollerin etrafında, bütün yönlere doğru _____ ince ipliklerden bir sistem oluşur.
    a. Lifler
    b. Mukus
    c. Sinsitya
    d. Sönositler
    e. Endosperm

11. Bazı sentriollar, karşıt merkezden gelen liflerle bağlanır ve bunlara _____ denir. Her bir sentriolün etrafına yayılan diğer lifler topluca _____ olarak adlandırılır.
    a. Kromatidler, sentromer
    b. İğ iplikleri, kromatidler
    c. Asterler, iğ iplikleri
    d. İğ iplikleri, asterler
    e. Sinsitya, sönositler

12. _____ esnasında kromozomlar hücrenin ortasında dizilirler.
    a. İnterfaz
    b. Profaz
    c. Metafaz
    d. Anafaz
    e. Telofaz

13. Metafaz çok kısadır, sadece tüm kromozomlar _____ boyunca dizilmiş olarak sentromerlerine bağlı olduğu sürece devam eder.
    a. Çekirdek zarı
    b. Hücre zarı
    c. Zıt kutuplar
    d. Ekvator
    e. Sönositler

14. Her sentromer bölündüğünde ve hepsi de zıt kutuplara doğru hareket etmeye başladıklarında, her biri kromatitlerden birini taşıdığında, metafaz biter ve bir sonraki aşama ki, _____, başlar.

a. İnterfaz
b. Profaz
c. Metafaz
d. Anafaz
e. Telofaz

15. Anafaz esasında, sentromerler bölündüğü için, artık hücre içinde iki katı sayıda bağımsız _____ vardır.

a. Sentromerler
b. Sentrioller
c. Zigotlar
d. İğ iplikleri
e. Kromozomlar

16. Anafaz esnasında, her bir kromozomun bir iğ ipliğine tutturulmuş olan _____ tarafından sürüklendiği görülür.

a. Sentromer
b. Sentriol
c. Sitokinez
d. Sinsitya
e. Sönositler

17. Anafazın sonunda, sitoplazmanın bölünmesi ya da _____ başlar.

a. Sinsitya
b. Sönositler
c. Sinapsis
d. Sitokinez
e. İnterfaz

18. Telofaz esnasında, aşağıdakiler meydana gelir:

a. Sitokinez tamamlanır ve nükleolus yeniden ortaya çıktı.
b. Çekirdek zarı oluşur ve kromozomlar açılır.
c. Her bir takım, tek sarmallı kromozomlar kendi kutuplarındadır.
d. Sitokinez tamamlanır ve kromozomlar açılır.
e. Yukarıdakilerin hepsi.

19. Hayvan hücrelerinde, sitokinez, hücrenin bütün etrafını saran bir girinti veya _____ oluşumu ile başlar.

a. Hücre tabakası
b. Ekvatoral düzlem
c. Endosperm
d. Bölünme oluğu
e. Sönosit

20. Hücreler bir araya geldiğinde, genetik materyallerini değiş tokuş eder ve sonra ayrılır, bu _____ olarak bilinir.

a. Mitoz
b. Mayoz
c. Binary fission
d. Gametogenez
e. Konjugasyon

21. Eşeysel birleşme için özelleşmiş hücreler _____ olarak bilinir
a. Eşey hücreleri
b. Sentrioller
c. Bakteriler
d. Sentromerler
e. Evlilikle

22. Çoğu çok hücreli organizmalar _____ olarak bilinen iki farklı tipte eşey hücrelerine sahiptir.
a. Gonadlar
b. Testisler
c. Ovaryumlar
d. Gametler
e. Yumurtalar

23. Eşey hücreleri, _____ olarak bilinen özel bir seri hücre bölünmeleri ile üretilirler.
a. Mitoz
b. Binary fission
c. Mayoz
d. Konjugasyon
e. Gonadogenezis.

24. Bir çekirdek her kromozom tipinden iki tane içeriyorsa, hücre _____ olarak söylenir.
a. Bir gamet
b. Bir kromozom
c. Diploit
d. Haploit
e. Poliploit

25. İki haploit hücre, _____ olarak bilinen, döllenerek birleşir, _____ oluşur.
a. Zigotlar, gamet
b. Zigotlar, kromozom
c. Sönositler, gamet
d. Sinsitya, zigot
e. Gametler, zigot

26. Mayoz bölünme geçiren hücreler _____'dir.
a. Somatik hücreler
b. Germ hücreleri
c. Yanak hücreleri
d. Saç folikülleri
e. Bağırsak hücreleri

27. _____ mitoz bölünme geçiren hücrelere örneklerdir.
a. Somatik hücreler
b. Germ hücreleri
c. Yanak hücreleri
d. a ve b
e. a ve c

28. Profaz I esnasında homolog kromozomların eşleştirilmesine _____ denir.
a. Sinapsis
b. Metafaz
c. Fizyon
d. Partenogenez
e. Telofaz

29. Sinapsis esnasında dört _____, dizilir, bir _____ oluşur, genetik materyalin yeni yollarla, yeniden birleşmesine bir fırsat sunar.
a. Germ hücreleri, genetik rekombinasyon
b. Kromatitler, tetrat
c. Kromatitler, sinaps
d. Tetrat, sinaps
e. Homolog çiftler, partenogenez

30. Sinapsis esnasında, kromatitlerin genetik materyalinin parçalarını değiştirebilmesi, _____ denilen bir işlem ile mümkündür.
a. Sinaps
b. Partenogenez
c. Homoloji
d. Krosing over
e. İnterfaz

31. _____ esnasında, homolog kromozomlar eşleşir ve ekvatorial düzlemin iğlerine doğru hareket eder.
a. Mitoz: Telofaz
b. Mitoz: Anafaz
c. Mayoz: Profaz I
d. Mayoz: Metafaz II
e. Mayoz: Anafaz II

32. Mitozda, _____ çift sarmallı kromozomu taşıyan her sentromerin bölündüğü ve her bir tek sarmallı kromozomun iğin zıt kutuplarına doğru hareket etmeye başladığı zaman başlar.
a. İnterfaz
b. Profaz
c. Metafaz
d. Anafaz
e. Telofaz

33. Bir interfaz yerine, Mayoz I'den sonra ve Mayoz II'nin başlamasından önceki kısa ara periyoda _____ denir.
a. İnterfaz I
b. İnterfaz II
c. Profaz I
d. Profaz II
e. İnterkinez

Cevaplar

1. b	5. a	9. c	13. d
2. a	6. c	10. a	14. d
3. d	7. e	11. d	15. e
4. d	8. e	12. c	16. a

17. d	22. d	27. e	32. d
18. e	23. c	28. a	33. e
19. d	24. c	29. b	
20. e	25. e	30. d	
21. a	26. b	31. c	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Prokaryotik ve ökaryotik hücre bölünmesini karşılaştır ve kıyas yap. Hangisi daha az karmaşık ve neden?
2. Hem ökaryotik hem de prokaryotik hücre bölünmesinde, hücre bölünmeye başlamadan önce genetik bilgi çoğaltılmalıdır. Neden?
3. Hücre bölünmesi, bir hücrenin yaşamının geri kalanıyla karşılaştırıldığında, bir hücrenin yaşam tarihinde kısa ve ayrı bir aşamadır. İnterfaz sırasında neler olduğunu açıklayın.
4. Karyokinez ve sitokinezi tanımlayın.
5. Etiketli diyagramların kullanımıyla, ökaryotik hücre bölünmesindeki aşamaların her birini açıklayınız.
6. Sinsityum ve sönosit'i hücre bölünmesiyle ilişkili olarak tanımlayın.
7. Binary fission, tomurcuklanma, klonlama, konjugasyon, transformasyon ve transdüksiyonu karşılaştır ve kıyas yap.
8. Döllenme ve zigot terimlerini kullanarak haploit ve diploidi tanımlayın.
9. Aşağıdaki terimleri işaretlenmiş çizimlerle tanımlayın, bu parçaların bir hücrenin yaşam tarihinin farklı aşamalarında oynadığı rolleri karşılaştırarak ve kıyaslayarak: kromozom, kromatid, sentromer
10. Dikkatle etiketlenmiş resimlerle, mayozdaki tüm adımları açıklayın.

4 Üreme

Eşeysiz Üreme

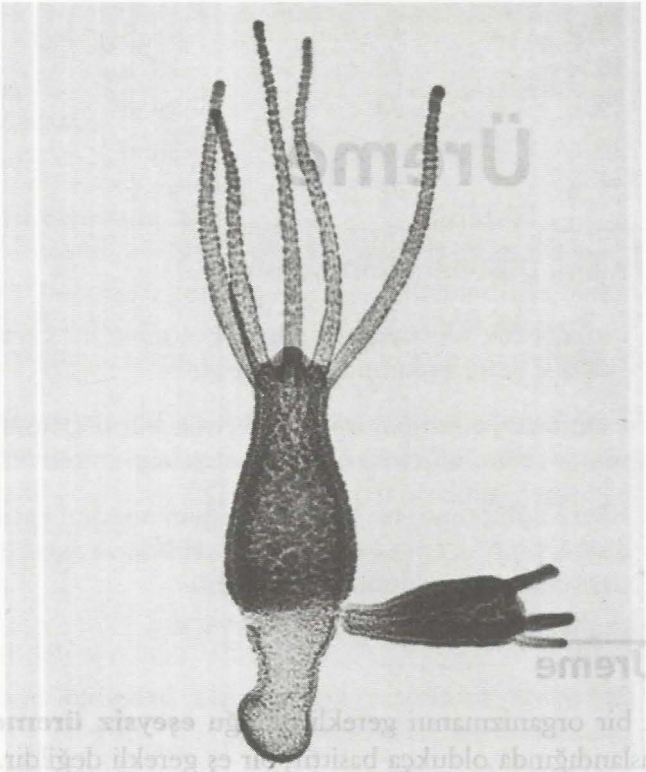
Tek bir organizmanın gerekli olduğu **eşeysiz üreme,** eşeyli üremeyle kıyaslandığında oldukça basittir; bir eş gerekli değildir. Bu nedenle çoğu aseksüel türde, üremek için iki birey gerektiren eşeyli türlerle karşılaştırıldığında, her olgun birey çok daha hızlı popülasyon artışı sağlayarak çoğalabilir.

Birçok organizma, eşeysiz çoğalmanın tüm avantajlarından yararlanmaktadır. Örneğin, bir amip her bölündüğünde genetik olarak aynı olan iki kopyasını üretir. Tek hücreli birçok organizma kadar çok hücreli organizmalar da havada süzülen veya suda yüzen ve sonunda ebeveyn bireyin genetik kopyalarını üreten **spor** dediğimiz eşeysiz üreme hücreleri üretirler.

Şekil 4.1'de gösterildiği gibi bir başka eşeysiz üreme biçimi de **tomurcuklanma**dır. Tomurcuklanmada ebeveynin bir kısmı daha sonra ana bireyden ayrılan ve bağımsız bireyler hâline gelen küçük tomurcuklar oluşur.

Birçok bitki yapraklarından, köklerinden veya ebeveynin başka kısımlarından oluşturdukları tomurcuklardan yeni bitkiler oluştururlar. Buna **vejetatif üreme** denir. **Partenogenezde**, bir yumurta bir sperm hücresi tarafından döllenmeksizin bir birey meydana getirebilir.

Eşeysiz çoğalmanın başka bir biçimi de bir parçanın organizmadan ayrılmak suretiyle yeni bir bireyi teşkil ettiği **fragmantasyon**dur. Böyle bir parçalanma bazen organizma herhangi bir tehlike altında kaldığında



Şekil 4.1. Ebeveyn hidranın daha küçük bir hidra oluşturduğu tomurcuklanma resmedilmiştir.

meydana gelir; yaralı organizmanın parçaları yeniden tüm organizmaları meydana getirirler. Örneğin, denizyıldızı, bu üreme kapasitesine sahiptir. Solucanlar ve planaryalar da parçalanabilirler ve sonra meydana gelen parçalar eksik kısımlarını **regenerasyon** ile tamamlayarak tekrar yeni bireyler oluştururlar.

Klonlama, görüntü olarak farklılık gösterse bile genetik olarak özdeş kopyaların üretimini içeren eşeysiz üremenin başka bir tipidir. Bu üreme birçok bitki türünde görülür; tek bir tohumdan gelişen bir bitkinin köklerinden başka bitkilerin filizlenmesi örneğinde olduğu gibi. Son gelişmeler klonlamayı insanlar için de mümkün hâle getirmiştir. Başkan George W. Bush, bu işlemin insanda yapılmaması gerektiğine karar vermiştir. Diğer ülkelerin de bu karardan örnek almasını bekleyebiliriz.

Hem eşeyli hem de eşeysiz üremenin faydaları kadar güçlükleri de vardır. Doğal seleksiyon yoluyla, bazı eşeysel olarak üreyen organizmalar bu üreme tarzının teşvik ettiği genetik çeşitlilikten faydalandıkları için hayatta kalmayı başardılar ve gelişimlerini sürdürdüler. Örneğin, çevrenin değiş-

mesi sonucunda, bir varyasyon hayatta kalamayacaktı, eğer tür bir klondan oluşsaydı, türün tamamı yok olacaktı. Bununla beraber, türler her popülasyonda genetik açıdan çeşitlilik gösteren bireylerden oluştuğunda, farklı popülasyonlar değişen veya değişken çevreye adapte olabilirler. Oluşacak yavru sayısının iki katı birey gerektiren eşeyli üreme, maliyetli ve biraz verimsiz olmasına rağmen, eşeyli üreme yoluyla korunan genetik çeşitlilik uzun vadeli faydalar sağlamaktadır.

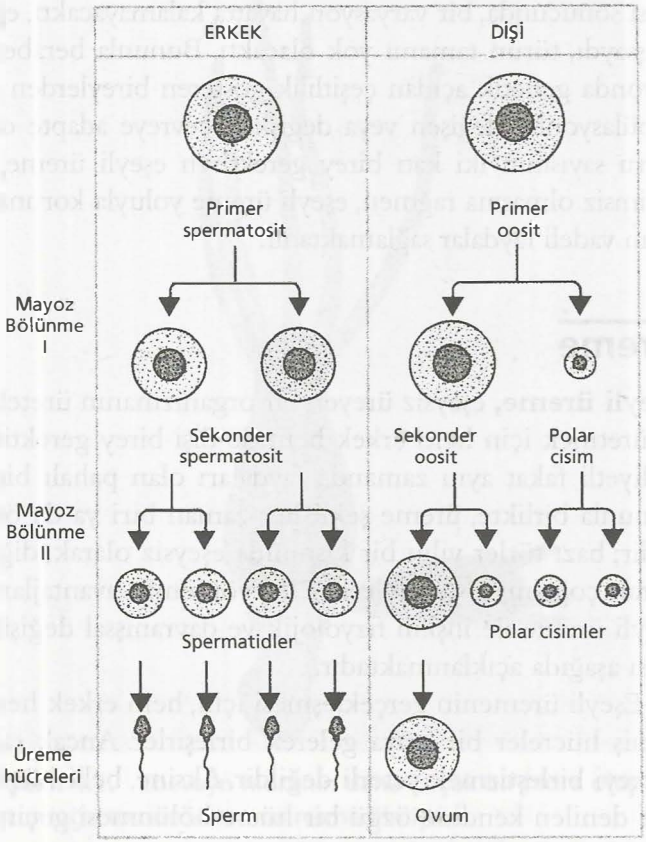
Eşeyli Üreme

Eşeyli üreme, eşeysiz üreyen bir organizmanın üretebileceği kadar yavru üretmek için hem erkek hem de dişi birey gerektirdiğinden, tür için maliyetli fakat aynı zamanda faydaları olan pahalı bir üreme biçimidir. Bununla birlikte, üreme şekli her zaman biri ya da ötekisi şeklinde değildir; bazı türler yılın bir kısmında eşeysiz olarak, diğer kısmında eşeyli olarak çoğalmak suretiyle her iki yöntemin avantajlarını da toplayabilir. Eşeyli üreme ile ilişkili fizyolojik ve davranışsal değişikliklerin karmaşık sırası aşağıda açıklanmaktadır.

Eşeyli üremenin gerçekleşmesi için, hem erkek hem de dişiden özelleşmiş hücreler bir araya gelerek birleşirler. Ancak sadece herhangi iki hücreyi birleştirmek yeterli değildir. Aksine, belli hücreler ilk önce **mayoz** denilen kendine özgü bir hücre bölünmesi geçirerek **germ** hücreleri adı verilen gametleri verirler.

Hayvanlarda, farklılaşmamış erkek germ hücreleri **testis**lerde bulunur. Bu hücreler **mayoz I** ve **mayoz II** denilen iki mayotik bölünmeye uğrayarak dört **sperm hücresi** verirler. İlk önce farklılaşmamış olan ve **spermatid** olarak bilinen bu sperm hücreleri, olgunlaşmış **spermatozoa**ya dönüşmeden önce farklılaşmaya uğrarlar. **Spermatogenez** denen bu süreç, tek bir diploid **primer spermatosit**in dört spermatozoa meydana getirdiği bölünme ve olgunlaşma işlemlerinin sonucudur. Dişi hayvanlarda bütün farklılaşmamış germ hücreleri, **oogenez**in meydana geldiği **ovaryumlar**da lokalize olmuşlardır. Oogenez, **ovum** da denilen **primer oosit**ten bir **yumurta** hücresi oluşuncaya kadarki olaylar serisinden oluşmaktadır.

Şekil 4. 2., hem spermatogenez hem oogenez için mayoz ve farklılaşma süreçleri ile ürünlerini göstermektedir. Gametlerin (yumurta ve spermler) oluştuğu mayotik bölünmeler ve sonrasındaki olgunlaşma ve gelişim safhalarını kapsayan tüm süreç **gametogenez** olarak bilinmektedir. Eşeysel olarak olgun erkek hayvanların testislerinde, **seminifer tüpçükleri** astarlayan hücreler sürekli mayotik bölünmek suretiyle haploid sperm hücreleri üretirler; bu süreç spermatogenez olarak isimlendirilir.



Şekil 4.2. Hem erkekte hem de dişide sperm veya yumurtanın meydana geldiği birinci ve ikinci mayoz bölünmeden oluşan sürecin nasıl gerçekleştiğini gösteren gametogenez gösterilmektedir.

Dişilerdeki gametogenez, yumurtalıklardaki **follikül** denilen yapılarda yumurtanın üretildiği oogenez olarak bilinen süreçtir. İlk mayotik bölünme (mayoz I), bir primer oositten eşit olmayan büyüklükte iki kardeş hücre üretir. Primer oosit daha küçük **ilk primer kutup hücresi** ile bu mayoz bölünmede daha fazla sitoplazmik pay alan büyük bir **sekonder oosit**e bölünür. Primer kutup hücresi ya parçalanır ya da mayoz bölünmenin ikinci kısmında (mayoz II) bölünürek nihayetinde parçalanan iki **sekonder kutup hücresi**ne bölünür. Mayoz II sırasında, sekonder oosit eşit olmayan iki parçaya bölünür; az sitoplazmalı parça üçüncü **sekonder kutup hücresi**ni oluşturur, çok sitoplazmalı olan daha sonradan yumurta veya ovuma farklılaşacak olan **ootid**e dönüşür.

Son derece küçük olan bir insan yumurtası (bir iğnenin başına göre çok daha küçük), ağırlık bakımından tek bir sperm hücresinden 58.000 kat daha fazladır. Tamamen farklılaşmış bir sperm hücresi, uzunluk açısından insan yumurta çapının yaklaşık olarak 1/3'ü kadardır ve tamamen farklılaşmış insan yumurtaları yan yana dizilmiş olsaydı, milimetre başına yedi tane gelirdi. Kamçımsı hareketiyle sperm kuyruğu, spermi vajinanın mukozal astarı yoluyla ovuma doğru itmektedir.

Her yumurtayı sadece bir sperm hücresi dölleyebilir. Sperm hücresi yumurtaya nüfuz ettiğinde, haploid (1N) yumurtaya kendi **haploid** (bazen **monoploid** ya da **1N** denen) genetik tamamlayıcı kromozomal DNA'sı ile katkı vererek **diploid (2N) zigotu** oluşturur.

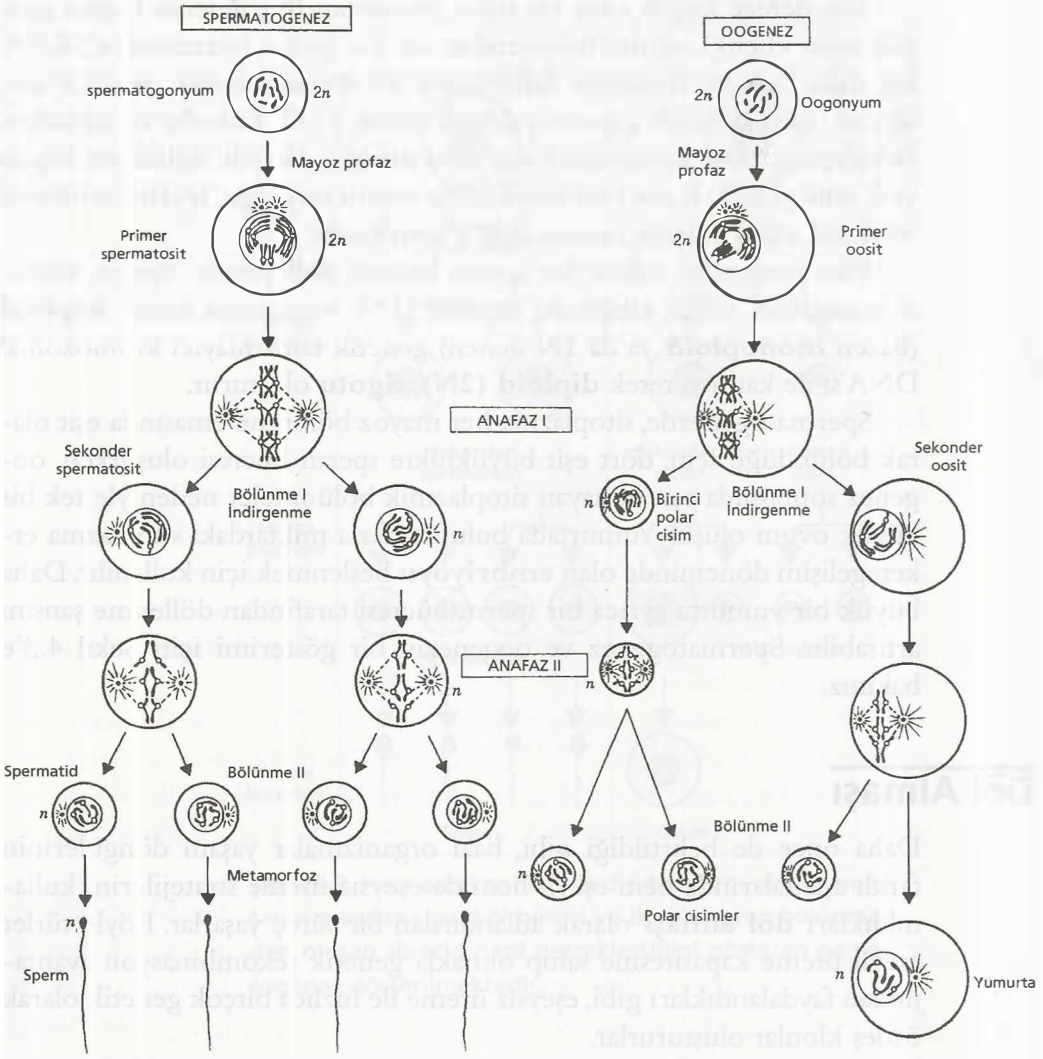
Spermatogenezde, sitoplazma her mayoz bölünme esnasında eşit olarak bölündüğü için, dört eşit büyüklükte sperm hücresi oluşurken, oogenez sonrasında eşit olmayan sitoplazmik bölünmeler nedeniyle tek bir büyük ovum oluşur. Yumurtada bulunan fazla miktardaki sitoplazma erken gelişim döneminde olan **embriyoyu** beslenmek için kullanılır. Daha büyük bir yumurta ayrıca bir sperm hücresi tarafından döllenme şansını artırabilir. Spermatogenez ve oogenezin bir gösterimi için Şekil 4.3'e bakınız.

Döl Almaşı

Daha önce de belirtildiği gibi, bazı organizmalar yaşam döngülerinin farklı aşamalarında hem eşeyli hem de eşeysiz üreme stratejilerini kullanıldıkları **döl almaşı** olarak adlandırılan bir süreç yaşarlar. Böyle türler eşeyli üreme kapasitesine sahip olmakla genetik rekombinasyon avantajından faydalandıkları gibi, eşeysiz üreme ile hızlıca birçok genetik olarak özdeş klonlar oluştururlar.

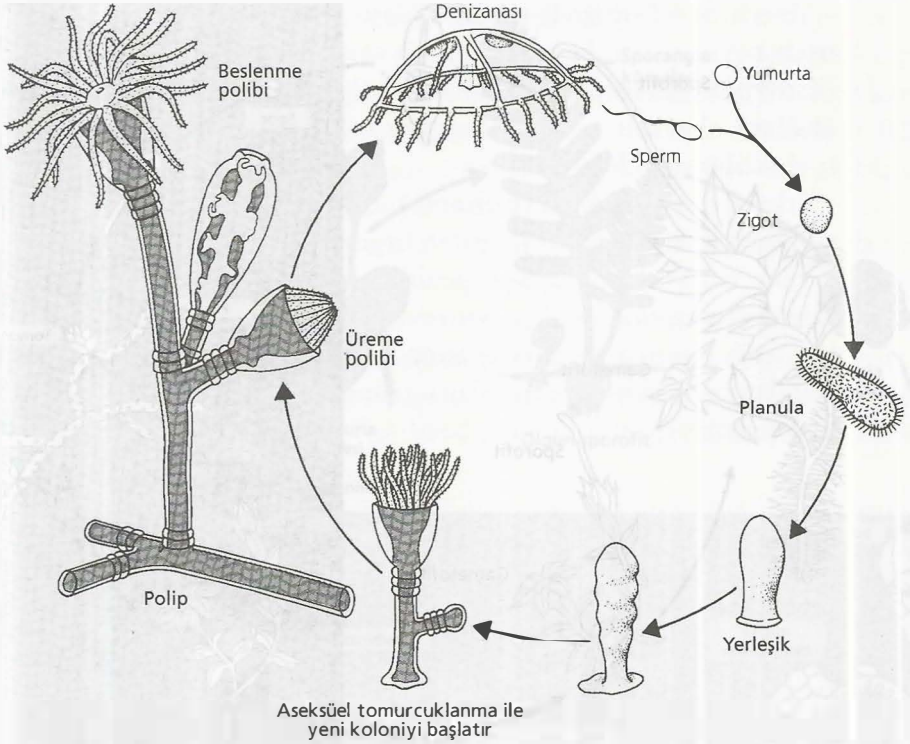
Mayozla gelişen hücreler her zaman üreme için kullanılmazlar, bunun tersi de doğrudur; yani üreme için kullanılan hücreler her zaman mayozla gelişmezler. Örneğin, bazı bitki türlerinde gametler mitozla üretilir çünkü gamet üreten hücreler zaten haploiddir. Bu haploid gametler döllenme ile birleşerek mitotik olarak bölünüp diploid çok hücreli bitkiler hâline gelen diploid zigotları oluştururlar. Bu bitkiler hayat döngülerinin en son safhasında, mayoz bölünme ile spor denilen haploid hücreler üretirler. Bu haploid sporlar mitotik olarak bölünür ve olgunlaşarak gametler üreten haploid çok hücreli bitkileri verirler. Bazı ilkel bitkilerde, haploid sporlar diploid zigotlar tarafından hemen üretilirler.

Birçok hayvan grubunda benzer örnekler olmasına rağmen, döl almaşı konusundaki en fazla çeşitlilik bitkiler âleminde bulunur. Ör-



Şekil 4.3. Spermatogenez ve oogenez.

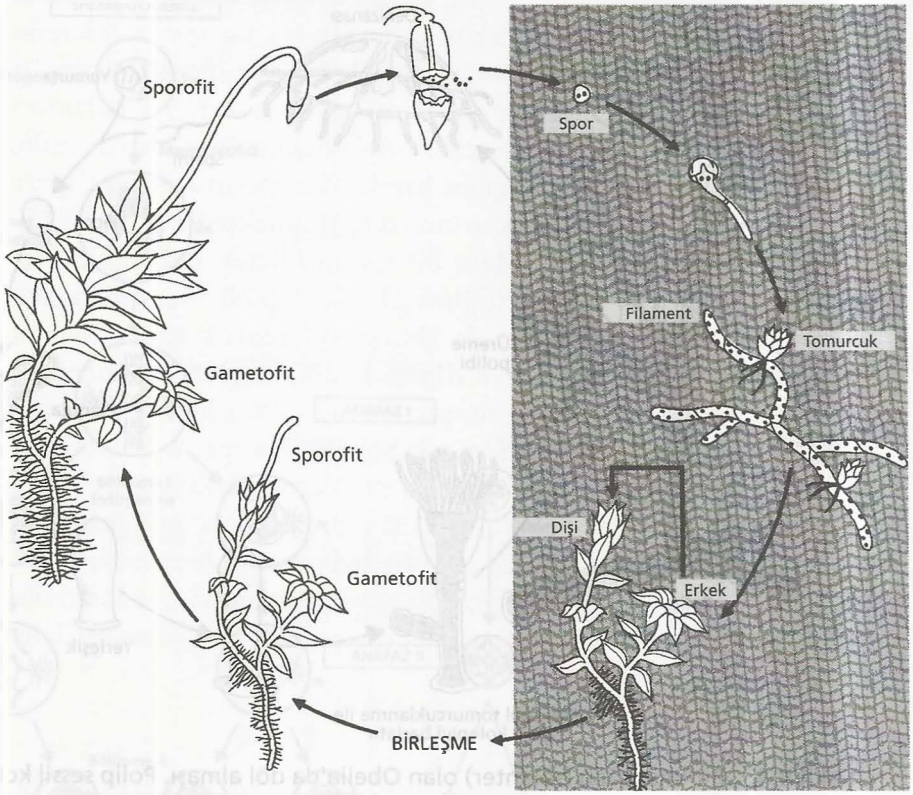
neğin, bazı sölenterler (knidaria üyeleri) veya *Hidra* gibi denizanalarının akrabaları sessildir ya da yüzeye tutunmuşlardır. Bazı türler, örneğin, *Obelia* türleri, hem sessil hem de serbest yüzen formlara sahiptir. Her iki yaşam formu da diploid olmasına rağmen, bu da bir döl almaşı tipidir. *Obelia*'daki döl almaşının bir gösterimi için Şekil 4.4'e ve bir karayosunu ve bir eğrelti otunun yaşam döngüleri için Şekil 4.5 ve 4.6'ya bakınız.



Şekil 4.4. Bir knidarian (sölenter) olan Obelia'da döl almaşı. Polip sessil koloninin bir parçasıdır. Üretken polipler döllenme ile birleşerek, serbest yüzen planula larvasına dönüşecek olan, zigotu oluşturan yumurta ve spermleri üreten serbest yüzen formlar olan medüzleri oluştururlar. Planula nihayetinde yerleşir ve tomurcuklanarak yeni bir sessil koloni oluşturur.

Buradaki kısaltmalar, Bölüm 3'teki hücre bölünmesinden ve bu bölümdeki ilgili noktaları anlatan temel kavramların bir listesidir:

1. Çok hücreli diploid bir organizma gamet ürettiğinde, gametler sadece mayoz bölünmenin bir ürünü olabilirler. Bazı bitkilerde olduğu gibi, organizma hâlihazırda haploid ise, o zaman gametler mitoz bölünmenin bir ürünüdür.
2. Haploid hücreler mayoz bölünme ile bölünemezler; sadece diploid hücreler mayoz bölünme geçirebilirler. Diploid ve haploid hücreler mitoz bölünme ile bölünebilirler.
3. Döllenmeden sonra, ardışık mitoz bölünmelerle üretilen herhangi bir organizma diploiddir.
4. Mayoz bölünmeden sonra ancak döllenmeden önce ardışık mitoz bölünmeler çok hücreli bir organizma üretirse, organizma haploiddir.

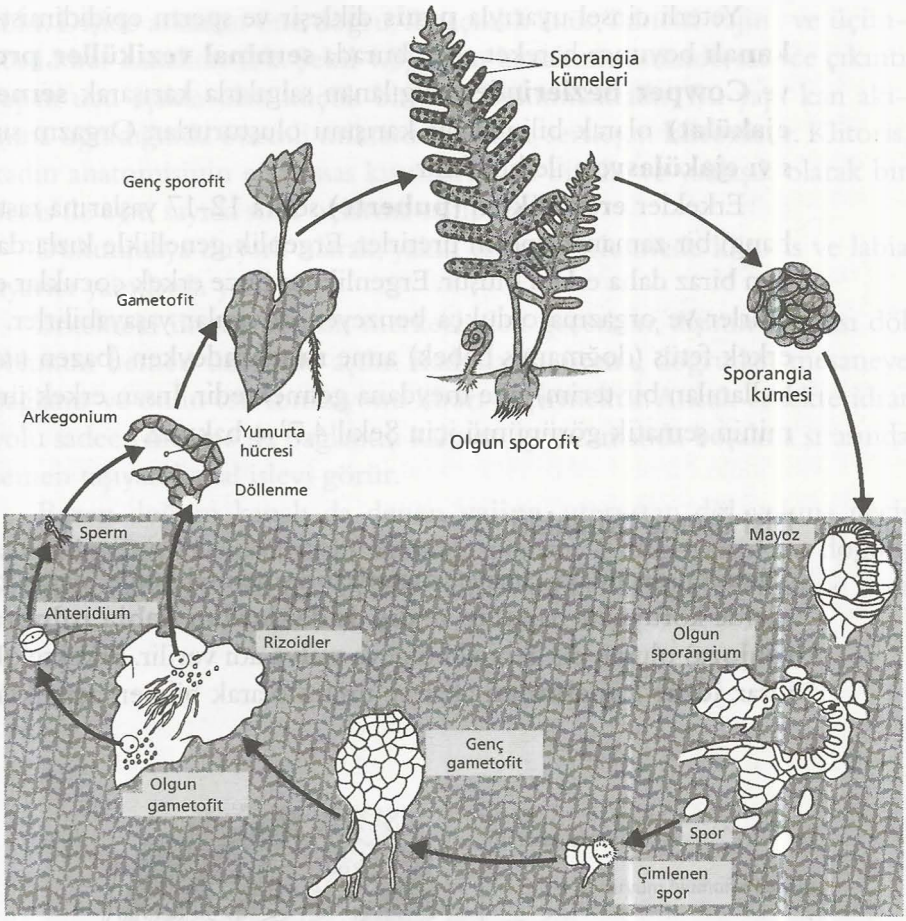


Şekil 4.5. Bir karayosununun hayat döngüsü.

5. Çoğu hayvanın yaşam döngüsündeki diploid evre baskın safhadır.
6. Çoğu hayvanın yaşam döngüsündeki haploid evre, yalnızca gametler olarak var oldukları dönemi temsil eder.
7. Hayvanlar spor üretmezler. Sporlar daima haploiddir. Çok hücreli bir organizma üretmek için sporlar mitoz bölünme olarak bölünürler. Gametler eşeyli üreme ile birleşirler ve döllenme meydana gelir. Daha sonra mitoz hücre bölünmesi yoluyla çok hücreli organizmalara dönüşen sporlar üretilir.
8. Çoğu ilkel bitkilerin yaşam döngüsünde haploid evre hâkimdir.
9. Çoğu yüksek bitkilerde diploid evre hâkimdir.

İnsanda Üreme

Birçok farklılıklar olmasına rağmen, üreme organları, cinsel davranışları ve insanların ilgili döngüleri, pek çok açıdan diğer hayvanlarınki ile



Şekil 4.6. Bir eğrelti otunun hayat döngüsü.

benzerdir. Burada insanlar, temel cinsel anatomi, fizyoloji ve davranışı göstermek için bir model olarak kullanılmışlardır.

Erkek Üreme Organları

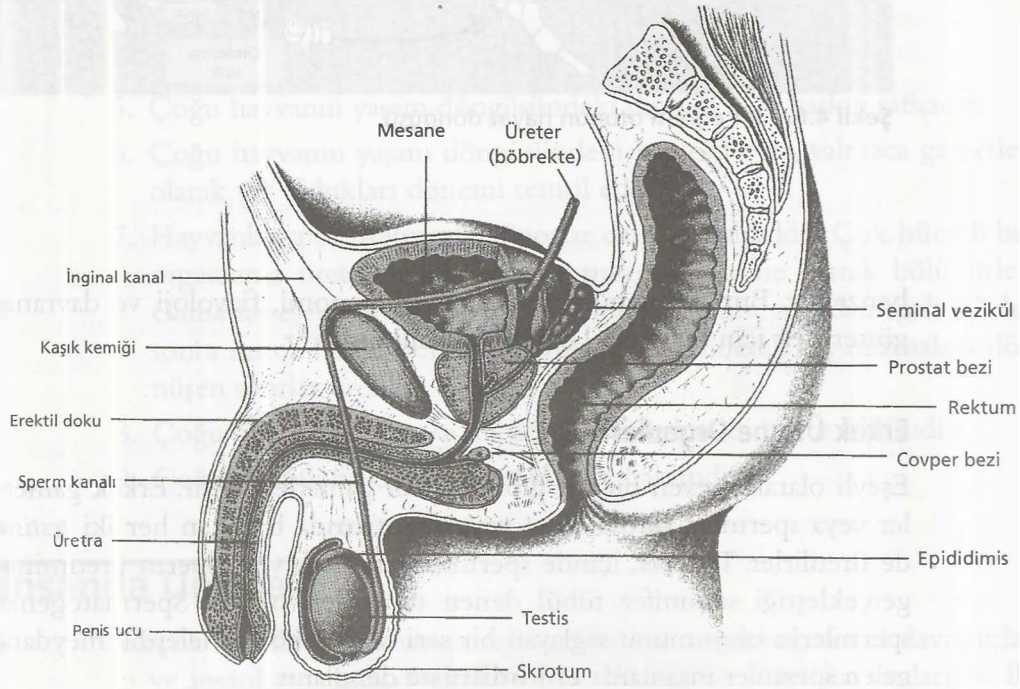
Eşeyli olarak üreyen bir tür gibi, insanlar gametler üretir. Erkek gametler veya spermler, skrotal kese veya **skrotum**da bulunan her iki *testis*te de üretilirler. Testisler, içinde spermatogenezisin veya sperm üretiminin gerçekleştiği seminifer tübül denen tüplerden oluşur. Spermatogenez spermlerin oluşumunu sağlayan bir seri mayoz bölünmelerdir, meydana gelen spermler insanlarda **epididimis**te depolanır.

Yeterli cinsel uyarıyla **penis** dikleşir ve sperm epididimisten **sperm kanalı** boyunca hareket eder, burada **seminal veziküller**, **prostat bezi** ve **Cowper bezleri**nden salgılanan salgılarla karışarak **semen (meni, ejakülat)** olarak bilinen bir karışımı oluştururlar. Orgazm sırasında bu sıvı **ejakülasyon** ile boşaltılır.

Erkekler **ergenlik**ten **(puberte)** sonra 12-17 yaşlarına rastlayan herhangi bir zamanda sperm üretirler. Ergenlik genellikle kızlarda erkeklerden biraz daha erken oluşur. Ergenlikten önce erkek çocuklar erekte olabilirler ve orgazma oldukça benzeyen duygular yaşayabilirler. Ereksiyon erkek fetüs (doğmamış bebek) anne **rahmin**deyken (bazen *uterus* yerine kullanılan bir terim) bile meydana gelmektedir. İnsan erkek üreme sisteminin şematik görünümü için Şekil 4.7'ye bakınız.

Dişi Üreme Organları

Vücudun dışındaki cinsiyet organları dış genital bölge olarak bilinir. Dişilerde koruyucu, hassas **iç** ve **dış dudaklardan** (**labia minora** ve **labia majora**) oluşan dış genital bölgeye **vulva** adı verilir. Erkekte olduğu gibi idrar, **idrar kanalından** akar ve üretra olarak bilinen açıklıktan dışarıya



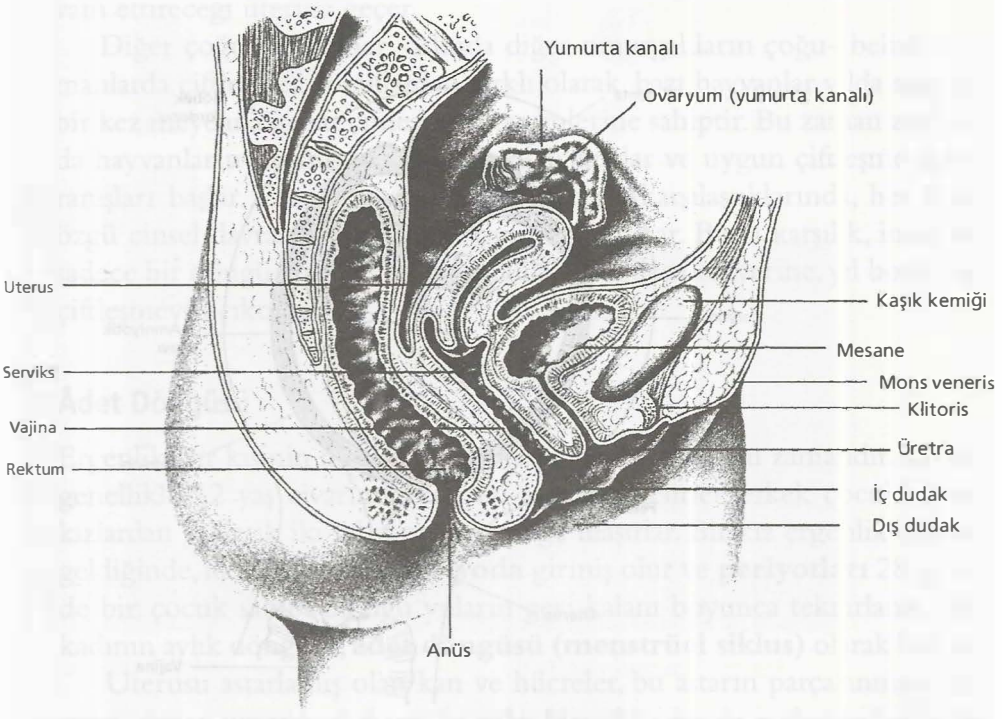
Şekil 4.7. Erkek bireyde üreme sistemi.

atılır. Dişide arkadan öne doğru, ilk açıklık anüs, ikincisi vajina ve üçüncüsü idrar kanalıdır (bk. Şekil 4.8). İdrar kanalının üstünde, sadece çıkıntı yapan ucu açıkta olan küçük bir yapı bulunmaktadır. Bu yapı kan akımına uğradığında önemli miktarda şişen ve sertleşen **klitoris**tir. Klitoris, kadın anatomisinin en hassas kısımlarından biridir ve yaklaşık olarak bir penis ile aynı sayıda sinir uçlarına sahiptir.

Dokunmaya duyarlı olarak, yakın eşeysel birleşmede klitoris ve labia uyarıcı yanıtlarda yer alır.

Erkekteki üretra, penisin merkezinden geçerken, dişinin üretrası döl yolunun hemen üzerinde açılır. Kadınlarda, üretra, doğrudan mesaneye bağlanır ve onun tek fonksiyonu idrarı geçirmektir. Ancak erkekte idrar yolu sadece mesane ile bağlantılı kalmaz, aynı zamanda boşalma sırasında semen taşıyan kanal işlevi görür.

Bazen doğum kanalı da denen **vajina**, uterustan döl yoluna geçiş kanalıdır. Burası cinsel ilişki sırasında penisin girdiği yerdir ve doğum sırasında bebeğin geçtiği kanaldır. Kızlar, vajinal açıklık çevresinde sınır



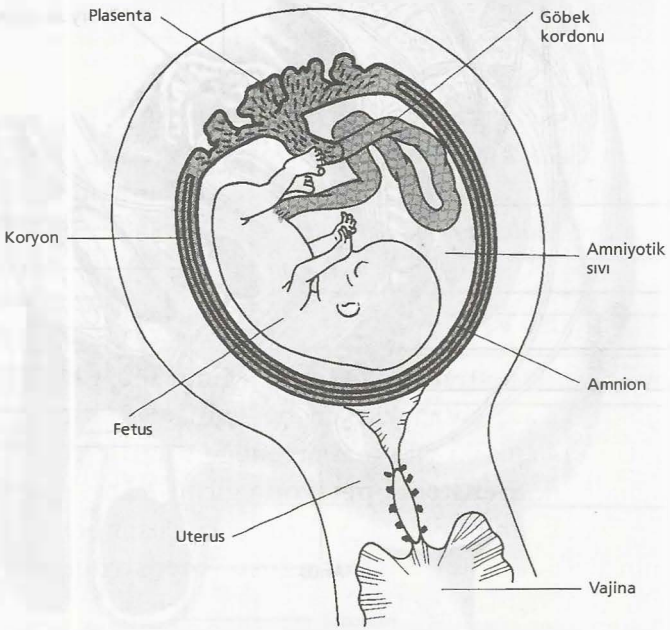
Şekil 4.8. Dişi bireyde üreme sistemi.

oluşturan ince bir zarla doğarlar. **Himen** de denen bu zarın (kızlık zarı) âdet akıntısı gibi sıvıların geçtiği bir açıklığı vardır.

Eşeysel birleşme öncesinde dokunmak, sevmek ve öpmek, döl yolunun **mukoza astarı** tarafından önemli miktarda doğal kayganlaştırıcı mukus salgılanmasını sağlar. Erkeğin idrar kanalı yoluyla penisin ucundaki delikten, bir miktar temiz sıvı da salgılanır.

Döl yolu, iç üreme organı olarak düşünülse de aslında vücudun dış kısmının devamıdır. Uterusun alt açılımı olan **serviks**, vücudun dış ve iç bölümünün buluşma noktasıdır. **Uterus**, embriyonun geliştiği, kolayca gerilen, kaslı bir organdır. Bebeğin doğum zamanı geldiğinde, uterus kasları bebeği serviks ve döl yoluna doğru iterek kasılır (bk. Şekil 4.9). Serviks, açıldığında veya genişlediğinde, açıklık çapını artıran halka şeklindeki bir seri kastır. Aynı şekilde, bu kas kasıldığında açıklık küçülür. Bu tip kaslar **sfinkter** olarak bilinir.

Ovidukt veya **fallop** tüpleri olarak da adlandırılan, uterusu her bir ovaryuma bağlayan, uterusun her iki yanında uzanan tüpler uterusa bağlanmıştır. Kızlar doğduğunda, olgunlaşmamış yumurtalıklarının her biri sahip oldukları tüm yumurtaları zaten içermektedir. Bazı tahminlere göre yumurta sayısı ovaryum başına 500.000'dir, bunların üçte ikisin-



Şekil 4.9. İnsan fetusu ve anne uterusundaki fetal yapılar.

den fazlası dişi ergenliğe ulaşmadan ölüyor. Kalan yumurtaların çoğu, ergenlikten sonraki 20-30 yıl boyunca, kadının doğurganlık yıllarının sonuna ulaştığı, genellikle 45 yaş civarındaki **menopoz** dönemine kadar ölürler. Bir kadının üreme dönemi boyunca, genellikle yaklaşık 12 ya da 15 yaşından itibaren menopoza kadar, yaklaşık her 28 günde bir yumurta salınır; bu bir kadının ömrü boyunca 400-500 yumurta saldığı anlamına gelmektedir.

Dönüşümlü olarak, her ay yumurtalıklardan biri yumurta bırakır. Yumurtlamayı takiben, kadın, birkaç gün boyunca **fertildir** ve bu süre boyunca hamile kalabilmektedir.

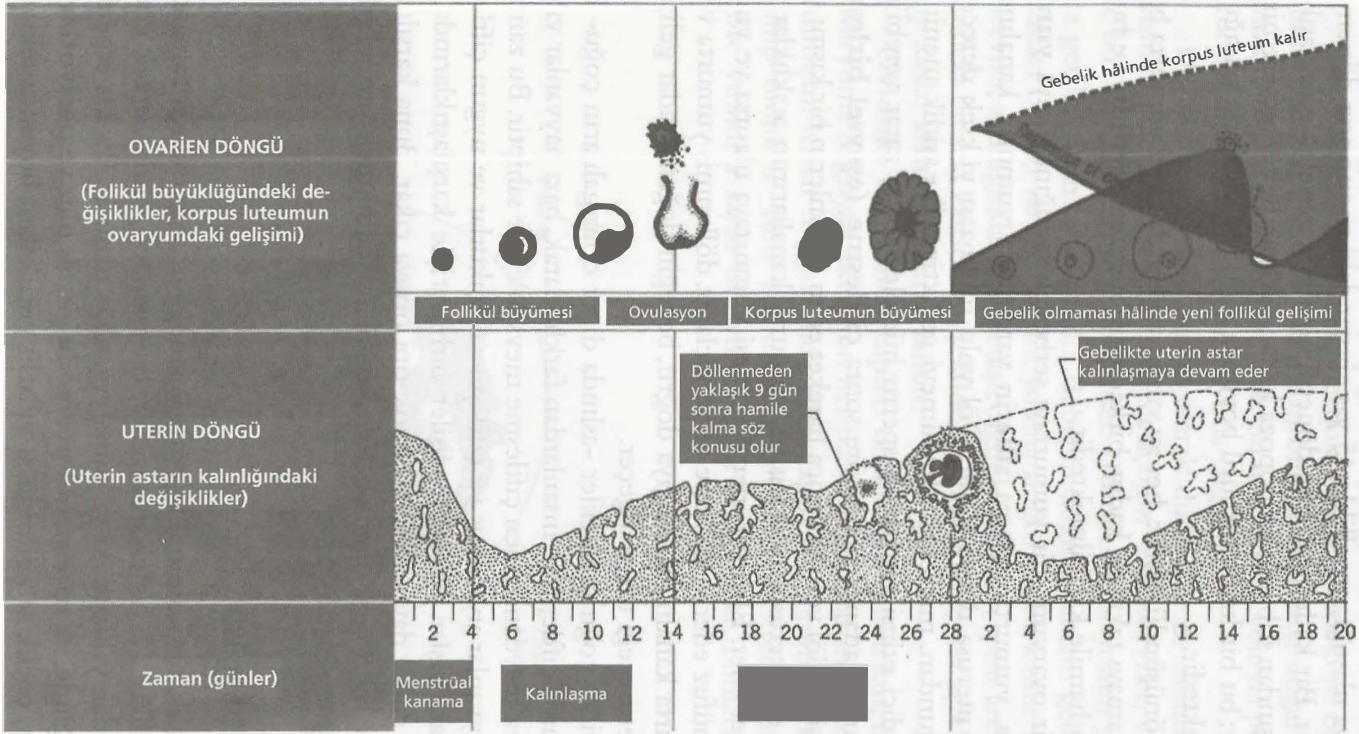
Bir ovaryum, bir yumurtayı serbest bıraktığında veya **yumurtladığında**, yumurta yavaşça **siller**in yardımıyla yumurta kanalından (oviduct) uterusa doğru geçer. Döl yolu mukozası yüksek derecede asidik olduğundan, mikrobiyal büyümeyi geciktirir. Bu asitlik meninin nötralize edici etkisi olmasaydı sperm hücrelerine de zarar verebilirdi. Eğer yumurtlamadan kısa bir süre sonra **çiftleşme (eşeysel birleşme)** gerçekleşirse, döl yolu boyunca hareket eden spermlerin bir kısmı serviksten geçer ve uterusun yukarısına, yumurta kanallarının açıklıklarına doğru hareket eder. Eğer bir sperm hücresi yumurtaya ulaşırsa ve yumurta zarına nüfuz ederse, dölleme ile sonuçlanır, döllenmiş yumurta veya **zigot**, yumurta kanalından aşağıya doğru, bebeğin doğana kadar gelişimini devam ettireceği uterusa geçer.

Diğer çoğu memeliler -aslında diğer omurgalıların çoğu- belirli zamanlarda çiftleşirler. İnsanlardan farklı olarak, bazı hayvanlar yılda sadece bir kez meydana gelen çiftleşme mevsimlerine sahiptir. Bu zaman zarfında hayvanlar uyarılmış ve çiftleşmeye açıktırlar ve uygun çiftleşme davranışları başlar. Erkek ve dişiler birbirleriyle karşılaştıklarında, her türe özgü cinsel davranışların birçok tipi ortaya çıkar. Buna karşılık, insanlar sadece bir döngü içinde belirli zamanlarda çiftleşmek yerine, yıl boyunca çiftleşmeye açıktırlar.

Âdet Döngüsü

Ergenlik, bir kişinin ilk üreme yeteneğine sahip olduğu zamandır. Kızlar genellikle 12 yaş civarındayken bu aşamaya gelirler, erkek çocuklar ise kızlardan yaklaşık iki yıl sonra ergenliğe ulaşırlar. Bir kız ergenlik çağına geldiğinde, ilk **menstrüel periyoda** girmiş olur ve **periyotları** 28 günde bir, çocuk sahibi olduğu yılların geri kalanı boyunca tekrarlanır. Bu, kadının aylık döngüsü, **âdet döngüsü (menstrüel siklus)** olarak bilinir.

Uterusu astarlamış olan kan ve hücreler, bu astarın parçalanması sonucu oluşan menstruel akıntı ile atılır. Hazırlık işleminde dıştaki hücreler



Şekil 4.10. Aylık ovarien ve uterin siklus (döngü). Dört hormon katılır: FSH (follikül uyarıcı hormon) yumurtanın olgunlaşmasını sağlar; östradiol uterin astarın kalınlığına büyümesine neden olur; LH (luteinize edici hormon) yumurtlamaya neden olur ve progesteron döllenmiş yumurta için uterus astarını hazırlamaya yardımcı olur. Bu "yumurtalık" döngüsüdür. Eğer yumurta döllenmezse, uterustan geçer ve parçalanır, korpus luteum progesteron üretimini durdurur ve adet oluşur. Bu "uterus" döngüsüdür.

sıyrılır, bu hazırlık sürecinde uterusa döllenmiş bir yumurtanın yerleşmesine uygun yeni kavrayıcı astarın yeniden olmasını sağlayarak embriyonun tam süreli olarak gelişebileceği müsait bir ortamı oluşturur. Östrus **(kızışma)** döneminde hücreler sıyrılırken, eski hücreler ve beraberindeki kan uterustan dışarıya boşalacağı vajinaya doğru akar. Kontrollü ve normal olan bu kanama, kadının periyodu olarak adlandırılır. İnsanlarda, bir yumurtanın salınmasını da içeren uterusun yapılandırıldığı ve parçalandığı tüm âdet döngüsü (menstrüel periyot) 28 gün sürer. "Menstrüel siklus" terimi, aylar anlamına gelen **menses** kökünden (mensis ay demektir) gelir. Menses, âdet döngüsü kastedilirken de kullanılmaktadır.

Âdet dönemi boyunca hormonal konsantrasyonlarda birçok değişiklik meydana gelir. Aylık döngünün iki dönemi genel olarak **ovarian** döngü ve **uterin** döngü olarak bilinir. **Östrojen** ve **progesteron** denilen iki önemli hormonun nisbi seviyeleri, aylık döngüdeki olayların düzenlenmesinde belirleyicidir. Şekil 4.10, olayları daha ayrıntılı olarak açıklamaktadır.

Follikül, ovaryumun yumurtayı salan bölümüdür. Folikül gelişirken, uterusu kalınlaşmaya teşvik eden östrojen hormonunu salgılar. Yumurtlama tipik olarak döngünün on dördüncü günü meydana gelir (sayım akıntının ilk gününden başlar). Çatlayan folikül diğer hormonu, progesteronu salgılayan **korpus luteum** hâline dönüşür. Progesteron uterusu uyararak döllenmiş yumurtayı almaya hazır hâle getirir. Eğer yumurta döllenmezse, progesteron salgısı azalır, uterusun kalınlaşmış astarı sıyrılır ve kanama bir sonraki âdet döngüsünün başlangıcını işaret eder (bk. Şekil 4.10).

ANAHTAR TERİMLER

Döl değişimi
Eşeysiz üreme
Tomurcuklanma
Serviks
Sil
Klitoris
Klonlama
Koitus
Korpus luteum
Cowper bezleri
Diploid zigot
Yumurta
Ejekulasyon
Embriyo
Epididimis
Östrojen
Östrus
Fallop tüpleri
Fertil
Primer kutup hücresi

Folliküller
Fragmentasyon
Gametogenezis
Germ hücreleri
Haploid
Himen
İç dudaklar
Büyük dudaklar
Küçük dudaklar
Mayoz
Mayoz I
Mayoz II
Menopoz
Menses
Menstrüel siklus
Menstrüel periyot
Monoploid
Mukozal astar
1N
Oogenez
Ootid
Dış dudaklar
Ovarien siklus
Ovaryumlar
Yumurta kanalları
Yumurtlama
Ovum
Partenogenez
Penis
Periyodlar
Primer oosit
Primer spermatosit
Progesteron
Prostat bezi
Puberte
Rejenerasyon
Skrotum
Sekonder kutup hücresi
Sekonder oosit
Semen
Seminal vezikül
Seminifer tübüller
Cinsel ilişki
Eşeyli üreme
Sperm hücresi
Sperm kanalı
Spermatidler
Spermatogenez
Spermatozoa
Sfinkter
Spor
Testis
2N
Üretra
İdrar kanalı
Uterin döngü
Uterus
Vajina
Vegetatif üreme
Vulva
Rahim
Zigot

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Eşeysiz Üreme

1. **Klonlama** eşeyli üremenin mi, eşeysiz üremenin mi bir formudur?

2. Yumurtanın sperm tarafından döllenmeksizin olgun bir bireye gelişebildiği ya da gelişemediği **partenogenez**, eşeysiz üremenin bir tipi midir?

3. Birçok bitki _____ ebeveyn bitkinin yapraklarından, köklerinden veya diğer bazı kısımlarından yeni bitkiler vererek ürerler.

   a. Tomurcuklanma ile
   b. Vejetatif olarak
   c. Partenogenetik olarak
   d. Altruistik olarak
   e. Parsimoniously

4. Eşeysiz üremenin başka bir şekli olan _____, organizmanın bir parçası bütünden ayrıldığında meydana gelir ve bu parçadan yeni bir birey oluşur.

   a. Fragmentasyon
   b. Partenogenez
   c. Parsimony
   d. Altruistik olarak
   e. Döl almaşı

Döl Almaşı ve Eşeyli Üreme

5. Cinsel açıdan erişkin erkek hayvanların testislerinde _____'i astarlayan hücreler mayoz bölünme ile bölünerek haploid sperm hücrelerini üretirler.

   a. Ovaryumlar
   b. Böbrekler
   c. Seminifer tüpçükler
   d. Üreterler
   e. Üretralar

6. Dişi hayvanlardaki gametogenezis _____ olarak bilinir.

   a. Folliküllerin büyümesi
   b. Spermatogenez
   c. Oogenez
   d. Mitoz I
   e. Mitoz II

7. Bazı organizmaların hayat döngülerinin farklı dönemlerinde hem eşeyli hem de eşeysiz üreme stratejilerini kullanması _____ olarak isimlendirilir.

   a. Sporasyon
   b. Ovulasyon (Yumurtlama)
   c. Seks
   d. Döl almaşı
   e. Spermatogenez

8. Multiselüler diploid organizma gametler ürettiğinde, bu gametler sadece _____ nın ürünü olabilirler.
   a. Mayoz
   b. Mitoz
   c. Döl almaşı
   d. Spermatogenez
   e. Oogenez

9. Hayvanlar _____ spor üretirler.
   a. Bazen
   b. Daima
   c. Asla
   d. Mayotik olarak
   e. Mitotik olarak

10. Hayvanların çoğunun yaşam döngüsündeki _____ fazı dominant safhadır.
   a. Monoploid
   b. Haploid
   c. Diploid
   d. Triploid
   e. Tetraploid

11. Spermatogenezde bir primer spermatositten _____ gelişir.
   a. İki sekonder spermatosit
   b. Dört sekonder spermatosit
   c. İki spermatid
   d. Dört spermatid
   e. a ve d

12. Oogenezde Mayoz I ve Mayoz II'nin tamamlanmasıyla primer oositten _____ meydana gelir.
   a. Bir sekonder oosit, bir ootid ve bir ovum
   b. Bir primer kutup hücresi ve üç sekonder kutup hücresi
   c. Bir sekonder oosit ve bir primer kutup hücresi
   d. Bir ootid ve üç sekonder kutup hücresi
   e. Bir ovum ve üç kutup hücresi

13. _____ lardaki genetik materyal birleştiğinde, bu birleşme döllenme olarak bilinir.
   a. Gametler
   b. Ootidler
   c. Sekonder kutup hücreleri
   d. Spermatositler
   e. Oositler

14. Omurgalıların erkeklerinde, sperm hücreleri _____ ları astarlayan hücreler tarafından oluşturulur.
   a. Folliküller
   b. Sporlar
   c. Zigotlar
   d. Seminifer tüpçükler
   e. Mezotelyum

15. Testislerde, epitelyal hücreler mayoz bölünme ile bölünerek _____ sperm hücrelerini üretirler.
a. Haploid
b. Diploid
c. Tetraploid
d. Haplodiploid
e. Hepsi

16. Ovaryumda (yumurtalık) yumurtayı salan hücrelerin kümelenmesi _____ olarak bilinir.
a. Menses
b. Follikül
c. Progesteron
d. Östrojen
e. Periyot

17. Bitki ve hayvanların birçoğu _____ olarak bilinen hem eşeyli hem eşeysiz üremenin gerçekleştirildiği bir strateji ile ürerler.
a. Partenogenez
b. Sporangia
c. Oogenez
d. Genetik rekombinasyon
e. Döl almaşı

18. Bitkilerin bazen mayoz bölünme ile ürettikleri haploid hücrelere _____ denir.
a. Oosit
b. Spermatosit
c. Tohum
d. Spor
e. Zigot

19. Eşeysiz üremenin bir biçimi olarak bilinen _____, ebeveyn bitkinin parçasının filizlenerek daha küçük yavrular vermesi ve daha sonra ayrı bireylere dönüşmesiyle oluşur.
a. Tomurcuklanma
b. Filizlenme
c. Çimlenme
d. Yayılma
e. Partenogenez

20. Eşeysiz üremenin genetik olarak identik yavruların üretildiği formu _____ olarak bilinmektedir.
a. Çimlenme
b. Gebelik
c. Fragmentasyon
d. Klonlama
e. Partenogenez

İnsanlarda Üreme

21. İçerisinde testislerin lokalize olduğu keseye _____ denir.
a. Seminal vezikül
b. Prostat
c. Epididimis
d. Skrotum
e. Cowper kesesi

22. Spermlerin üretimi _____ nın içerisinde gerçekleşir.
a. Epididimis
b. Seminal vezikül
c. Prostat bezi
d. Seminifer tüpçükler
e. Cowper bezi

23. Her testisin tepesine doğru spermin içinde depolandığı bazı sarmal borular vardır; bu alan _____ olarak bilinir.
a. Seminal vezikül
b. Sperm kanalı
c. Prostat bezi
d. Seminifer tüpçükler
e. Epididimis

24. Bir erkek boşaldığında, sperm epididimisten sperm kanalına doğru hareket eder ve daha sonra _____ ve _____ dan yapılan salgılarla karıştırılır.
a. Prostat bezi, timüs bezi
b. Vajina, seminal vezikül
c. Üretra, vulva
d. Cowper bezi, üriner meatus
e. Seminal vezikül, Prostat bezi

25. Spermin sperm kanalından geçerek yukarıdaki salgılar ile karıştırılmış hâli _____ olarak bilinir.
a. Mukus
b. Spermisidal jel
c. Prostaglandin
d. Semen
e. Ürin

26. _____ penisin merkezinden geçer.
a. Üreter
b. Üretra
c. Üriner meatus
d. Vulva
e. Vajina

27. Uterustan vulvaya geçen kanal _____ olarak bilinir.
a. Üreter
b. Üretra
c. Üriner meatus
d. Vulva
e. Vajina

28. _____ embriyonun geliştiği kaslı bir organdır.
a. Serviks
b. Sfinkter
c. Uterus
d. Ovaryum
e. Menapoz

29. Uterusun vajinaya uzanan alt kısmı _____ dır.
a. Ovaryum
b. Serviks
c. Ovidukt
d. Uvula
e. Pubis

Cevaplar

1. Eşeysiz	9. c	17. e	25. d
2. Olabilir	10. c	18. d	26. b
3. b	11. e	19. a	27. e
4. a	12. e	20. d	28. c
5. c	13. a	21. d	29. b
6. c	14. d	22. d	
7. d	15. a	23. e	
8. a	16. b	24. e	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Eşeysiz üremeyi tanımlayınız ve farklı türlerini tartışınız.
2. Eşeyli ve eşeysiz üremeyi karşılaştırınız: Her birinin faydaları ve eksiklikleri nelerdir?
3. Her iki tipteki gametogenezi (spermatogenez ve oogenez) çizimler kullanarak betimleyiniz.
4. İnsanda başlıca erkek üreme yapılarını (iç ve dış) listeleyerek işlevlerini açıklayınız.
5. İnsanda başlıca dişi üreme yapılarını (iç ve dış) listeleyerek işlevlerini açıklayınız.
6. Spermin oluştuğu yerden vücudu terk ettiği yere kadar olan kesin rotayı veriniz.
7. Yumurtanın oluştuğu yerden embriyoya dönüştüğü yere kadar olan rotayı ve sonra bebek doğana kadar aldığı yolu veriniz.
8. Tam bir âdet döngüsünü (menstrüel siklus) tanımlayınız.

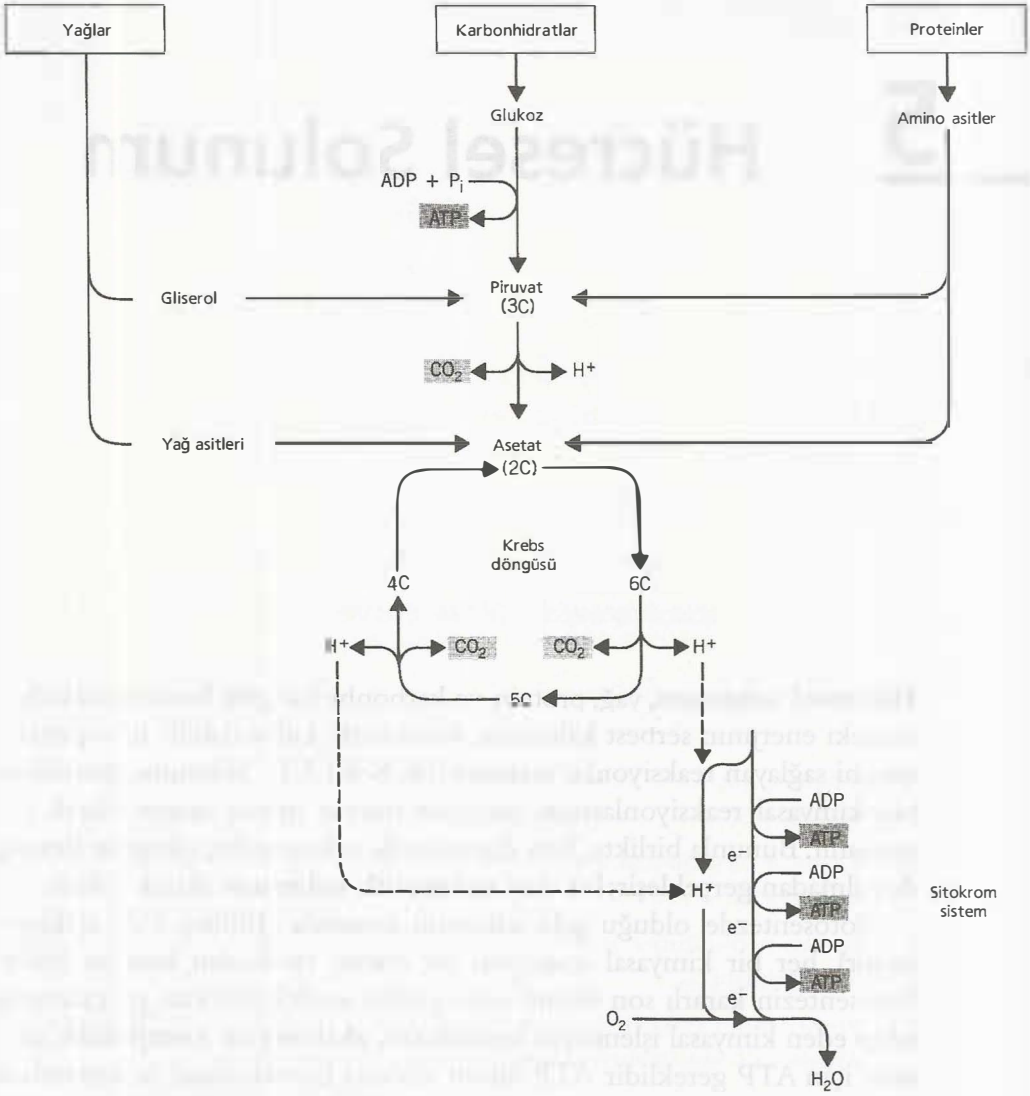
5 Hücresel Solunum

Hücresel solunum, yağ, protein ve karbonhidrat gibi besin moleküllerindeki enerjinin serbest kalmasını, hücrelerde kullanılabilir hâle getirilmesini sağlayan reaksiyonlar serisidir (bk. Şekil 5.1). Solunum, genellikle biyokimyasal reaksiyonlarında oksijene ihtiyaç duyan aşama olarak tanımlanır. Bununla birlikte, bazı durumlarda solunum hiç oksijene ihtiyaç duyulmadan gerçekleşir; bu olay **anaerobik solunum** olarak bilinir.

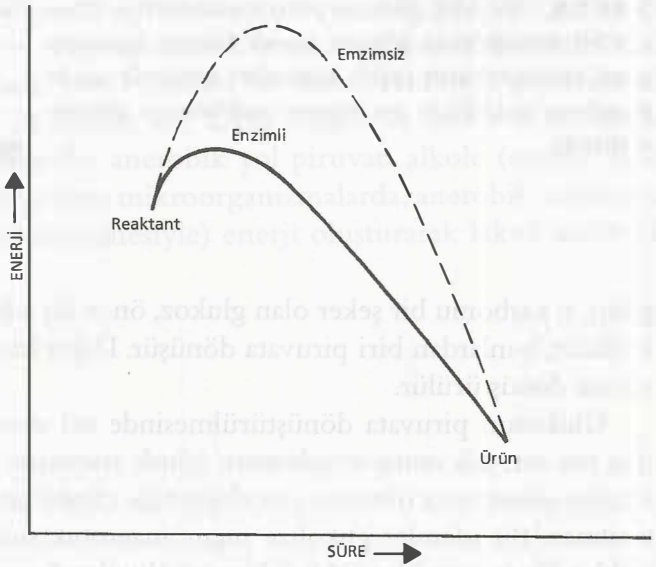
Fotosentezde olduğu gibi solunum sırasında (Bölüm 6'da açıklanmıştır), her bir kimyasal reaksiyon bir enzim tarafından katalize edilir. Fotosentezin kararlı son ürünü olan glukoz moleküllerinin parçalaması, takip eden kimyasal işlemlerin başlatılması, **aktivasyon enerjisinin** aşılması için ATP gereklidir. ATP, bütün vücutta biyokimyasal reaksiyonları başlatan enerjiyi sağlayan önemli moleküllerden birisidir. Çünkü ATP, $NADH_2$ ve benzer moleküller canlı sistemlerin muhafazası için gereklidirler, organizmalar bu tür enerji kaynaklarının sürekli olarak sağlanmasına ihtiyaç duyarlar. Aktivasyon enerjisinin düşürülmesinde enzimlerin rolü ile ilgili Şekil 5.2 ve enzim aktivitesinde sıcaklığın rolü için de Şekil 5.3'e bakınız.

Glikoliz

Glikoliz, hücresel solunumda glukozun piruvata (pirüvik asit) dönüştürüldüğü reaksiyon serilerinin ilkidir ve organizma ve belirli ko-



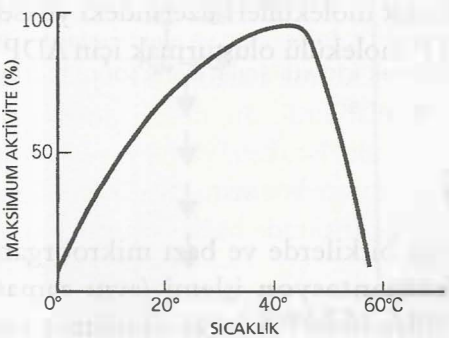
Şekil 5.1. Hücresel solunumla ilgili önemli olaylar bu şekil içerisinde gösterilmiştir. İlk olarak karbonhidrat, yağlar ve proteinler ATP üreten piruvat ve asetat moleküllerine parçalanır. Asetat molekülleri Krebs döngüsüne gidererek orada karbondioksit (CO_2), hidrojen **(H^+)** ve elektronlar **(e^-)** oluşturulur. Proton olan hidrojen iyonlarından ve elektronlardan gelen enerji sitokrom sistemde ATP molekülleri oluşturmak için kullanılır. Daha sonra hidrojen iyonları elektronlarla birleşerek suyun oluşumunu sağlarlar.



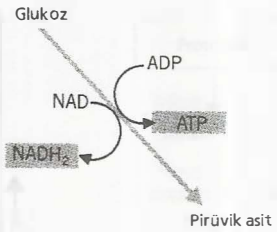
Şekil 5.2. Aktivasyon enerjisi, bir kimyasal reaksiyonu başlatmak için gerekli enerji miktarıdır; enzimler gerekli olan aktivasyon enerjisi miktarını azaltabilir.

şullara bağlı olarak, piruvat daha ileri düzeyde son ürünlere dönüştürülür (bk. Şekil 5.4).

Oksidasyon, kimyasal olarak bir elektron kaybı olarak tanımlanır, genellikle bir oksijenin eklenmesiyle veya bir hidrojenin çıkarılmasıyla meydana gelir. Glukozun piruvata oksidasyonu ile enerji açığa çıkar, bu enerji korunamazsa çoğunluğu ısı olarak kaybolur. Serbest bırakılan enerji korunur, böylece hücrenin metabolizmasını çalıştırmak için kullanılır, hücre kimyasal reaksiyonlarını düzenler. Glukoz, kontrollü kimyasal reaksiyonlar ile ara basamaklar şeklinde parçalanır. Bu basamakların bütünü glikoliz olarak adlandırılır (glukozun *lizi*zi veya bölünmesi anlamına



Şekil 5.3. Belirli sıcaklıklarda farklı enzimler en iyi aktivasyon gösterir. İnsandaki çoğu enzimler 37°C (= 98.6°F) normal vücut sıcaklığında en iyi şekilde çalışır.



Şekil 5.4. Bu şekil, glukozu piruvik aside (CH_3—CO—COOH) dönüştüren, glikoliz olarak bilinen biyokimyasal reaksiyonların çeşitli aşamaları sırasında neyin meydana geldiğinin en önemli noktalarını göstermektedir.

gelir). 6 karbonlu bir şeker olan glukoz, önce iki adet 3 karbonlu parçaya bölünür, bunlardan biri piruvata dönüşür. Diğer kısım ise daha sonra piruvata dönüştürülür.

Glukozun piruvata dönüştürülmesinde rol oynayan ara basamaklardan her biri hücrenin sitoplazması içinde meydana gelir. Bütün işlemler, oksijen olsun veya olmasın gerçekleşebilir çünkü moleküler oksijen kullanılmaz. Bu işlemler glikolize niçin anaerobik solunum adı verildiğini açıklar. Bu basamaklar Şekil 5.5'te görülmektedir.

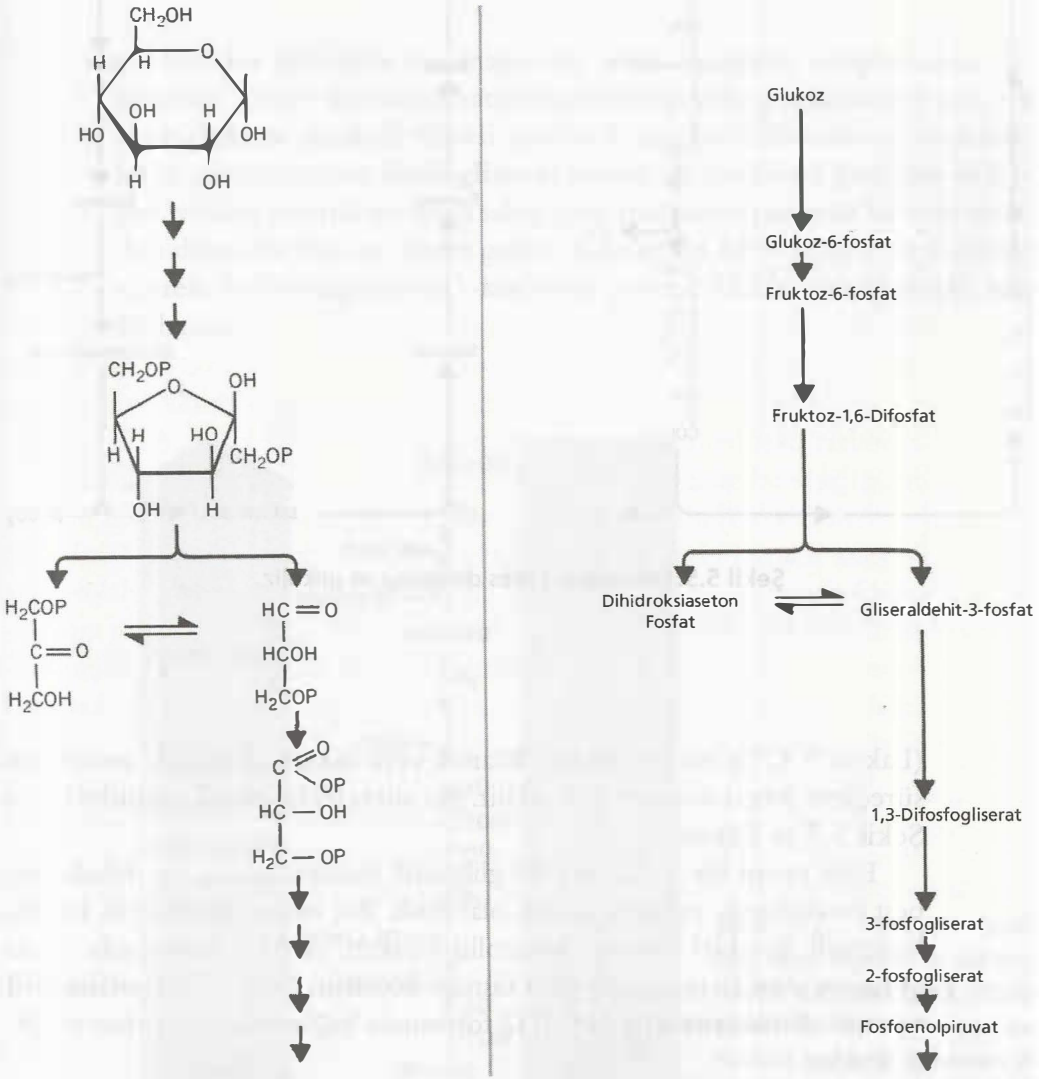
Glikolizin ilk aşamasında ATP'nin fosfat gruplarından biri glukoza transfer edilir (ATP'nin yapısı için bk. Şekil 5.6). Daha sonra altıncı karbonunda bir fosfat grubu olan glukoz (dolayısıyla glukoz 6- fosfat), aynı atom sayısının korunduğu ve başka bir 6-karbonlu bileşik olan fruktoz 6-fosfat hâline yeniden düzenlenir. Bu aşamada, başka bir ATP molekülü, bir fosfat grubunu önceki bileşiğe (fruktoz 6 fosfat) verir ve fruktoz-1,6-difosfat oluşur ve daha sonra bu bileşik, her biri bir fosfat grubu taşıyan iki adet 3-karbonlu bileşiğe bölünür. Bu 3 karbonlu bileşiklerden biri olan fosfogliseraldehid (PGAL), glukoz hâline dönüştürülmeden önce fotosentezin son ürünüdür. Fruktoz bifosfatın bölünmesinden kaynaklanan diğer 3-karbon bileşik, PGAL'ye dönüştürülür. Bu aşamaya kadar, fotosentezin son iki basamağındaki, PGAL'nin glukoza dönüşmeden önceki hâlinde olduğu gibi glikolitik yol, glukozu PGAL'ye dönüştürmek için iki ATP tüketilmiş olur.

Bir sonraki basamak, PGAL'nin 1,3 difosfogliserik asite dönüştüğü oksidasyon ve fosforilasyon (başka bir fosfat grubunun eklenmesi) olaylarını kapsar. Her bir difosfogliserat molekülleri üzerindeki yüksek enerjili bir fosfat grubu, daha çok ATP molekülü oluşturmak için ADP'ye transfer edilir.'

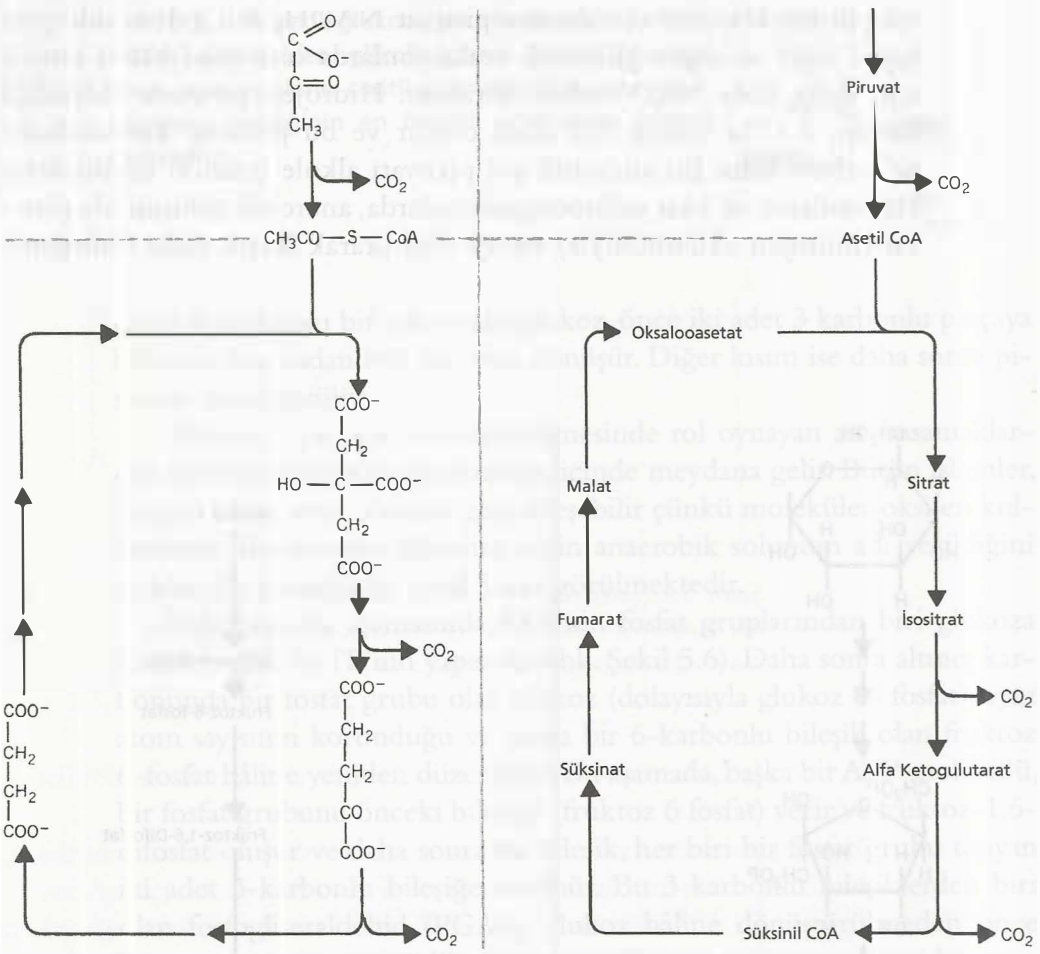
Anaerobik Fermentasyon

Pek çok hücre, özellikle çoğu bitkilerde ve bazı mikroorganizmalarda bulunanlar, anaerobik **fermentasyon** işlemi (aynı zamanda anaerobik solunum olarak da adlandırılır) yoluyla oksijensiz enerji elde

edebilirler. Oksijen olmaksızın, piruvat $NADH_2$'den gelen hidrojeni kabul eder ve diğer glikolitik reaksiyonlarda hidrojeni kabul etmek için daha fazla NAD serbest bırakılır. Hidrojen piruvata eklendiği zaman, 2 C'lu bileşik etil alkol oluşur ve bu proseste karbondioksit serbest kalır. Bu anerobik yol piruvatı alkole (etanol) dönüştürür. Hayvanlarda ve bazı mikroorganizmalarda, anerobik solunumda piruvat (hidrojen eklenmesiyle) enerji oluşturarak laktik aside indirgenir



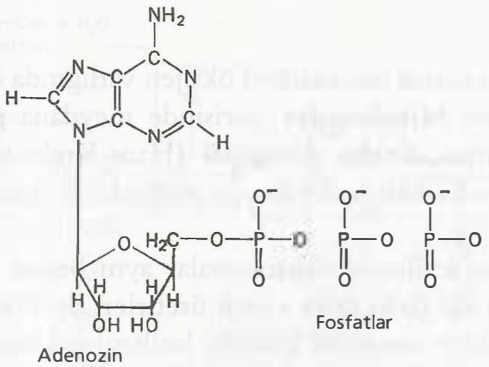
Şekil 5.5. Krebs döngüsü.



Şekil 5.5. (*devamı*). Krebs döngüsü ve glikoliz.

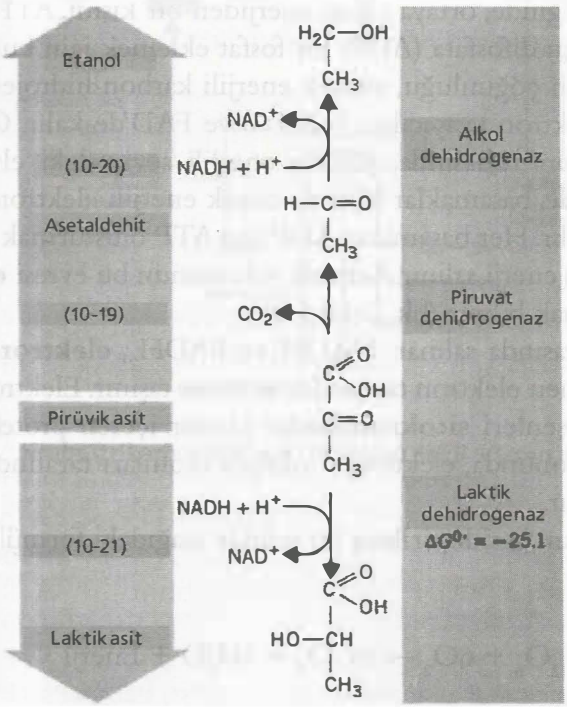
(Laktat 3 C'lu bir bileşiktir). Etanol veya laktat oluşturan anaerobik süreçlere fermentasyon adı verilir. Bu süreçlerin örnek çizimleri için Şekil 5.7'ye bakınız.

Eğer enerji bir seri kontrollü glikolitik basamaklardan bir defada serbest bırakılsaydı, yangına neden olabilirdi. Bu, neden hücrelerin küçük, kademeli, her biri enerjiyi kontrollü bırakan, ya ATP sentezinde ya da hidrojen atomlarının, hidrojeni taşıyan koenzim NAD+ (**nikotinamid adenin dinükleotid**)'a NADH2 formunda bağlanmasına yardım ettiğini açıklar.



Şekil. 5.6. Adenozin trifosfat (ATP)'nin yapısı.

Her bir glikolitik basamağa etki eden enzimler, sitoplazmada çözünürler. Diğer karbonhidratların glikolitik yola girebilmeleri için, ilk önce glukoza dönüştürülmesi gerekir. Enzimler daha sonra su moleküllerini uzaklaştırır ve **fosfogliserat** moleküllerini fosfat grubunu bağlayan, yüksek enerjili bir bağa sahip olan **fosfoenolpiruvat** hâlinde yeniden düzenler. Bu son fosfat grubu daha sonra ADP'yi ATP'ye fosforile ederek, fosfoenolpiruvatı 3-karbonlu piruvat hâline dönüştürmek için kullanılır.



Şekil 5.7. Piruvatın (pirüvük asit) etanol ve laktata (laktik asit) anerobik dönüşümü. Bu süreçler aynı zamanda anerobik solunum ve alkolik fermentasyon olarak adlandırılır.

Aerobik Solunum

Glikolizde oluşan 3 C'lu piruvat molekülleri oksijen varlığında daha ileri düzeyde okside olabilirler. **Mitokondri** içerisinde meydana gelen piruvatın **aerobik solunumu, Krebs döngüsü** (Hans Krebs tarafından 1953'te keşfedilmiştir) ve oksidatif fosforilasyon şeklinde iki aşamada gerçekleşir:

Glikoliz ile solunumu kullanan organizmalar aynı besini kullanan anerobik türlere göre 19 kat daha fazla enerji üretirler. Bu etkili metabolik süreç gelişmeden önce anerobik glikoliz kullanılmaktaydı. Krebs döngüsünün gelişimi (bk. Şekil 5.8) potansiyel metabolik yolların sayısını arttırdı ve üretilen ATP sayısının 38'e yükselmesini sağladı. Aerobik hücresel solunumun bir parçası olan Krebs döngüsü, piruvatın oksidatif metabolizması yolağının en yaygın olanıdır. Piruvat asetata dönüştürüldükten sonra koenzim A (CoA) molekülü bağlanır ve Krebs döngüsüne giren asetil-CoA oluşur.

Sitokrom Sistem

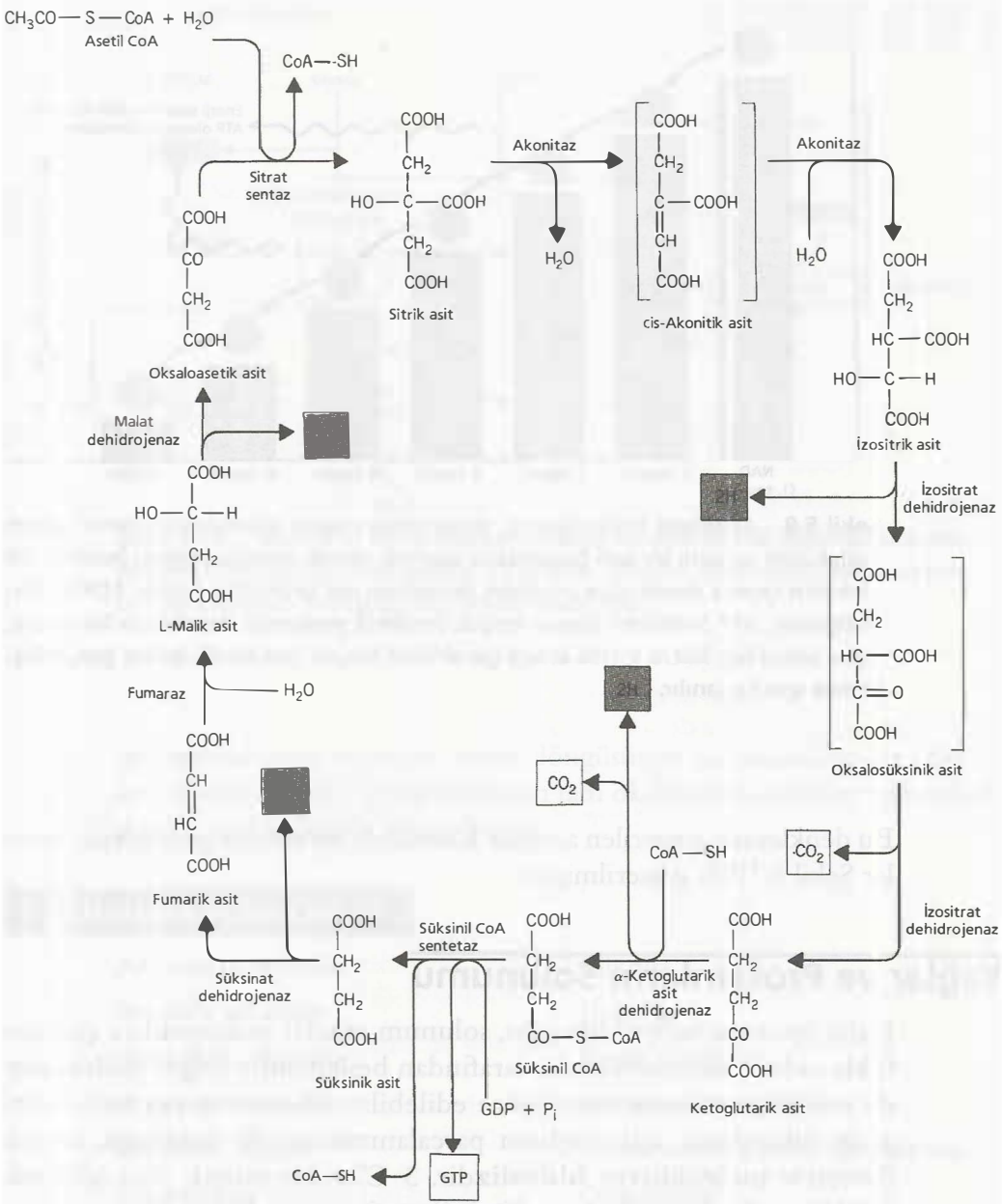
Mitokondrinin kristasındaki **sitokrom sistem** hidrojen atomlarını glikolizden ve Krebs dögüsünden taşır. Oksidasyon yoluyla, enerji adenozin trifosfat (ATP) formunda oluşturulur. Glukoz moleküllerinin karbon atomları oksitlendiğinde, ortaya çıkan enerjiden bir kısmı, ATP oluşturmak üzere adenozin difosfata (ADP) bir fosfat eklemek için kullanılır.

Ancak enerjinin çoğunluğu, yüksek enerjili karbon hidrojen bağı ve yüksek enerjili elektron taşıyıcıları NAD + ve FAD'de kalır. Glukozun oksidasyonunun son safhasında, yüksek enerjili seviyedeki elektronlar, kontrollü bir şekilde, basamaklar hâlinde düşük enerjili elektron taşıyıcılarına sırayla aktarılır. Her basamakta ADP'den ATP oluşturmak için kullanılan az miktarda enerji salınır. Aerobik solunumun bu evresi **oksidatif fosforilasyon** olarak bilinir (bk. Şekil 5.9)

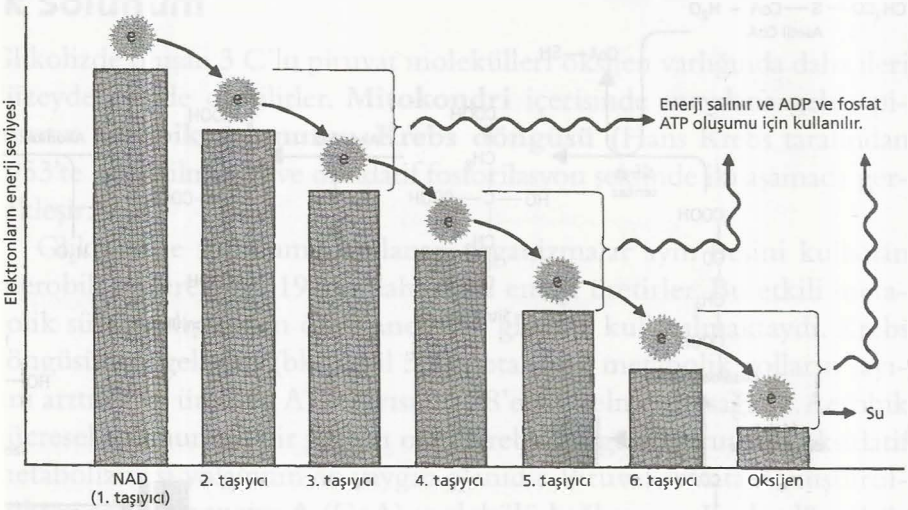
Krebs devri sırasında salınan NADH ve $FADH_2$, **elektron taşıma zinciri** olarak bilinen elektron taşıyıcıları serisine taşınır. Elektron taşıma zincirinin ana bileşenleri **sitokromlar**dır (demir içeren protein molekülleri). Zincirin sonunda, elektronlar oksijen atomları tarafından kabul edilir, su oluşturulur.

Aerobik solunum basitleştirilmiş bir şekilde aşağıdaki formül ile özetlenebilir:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{Enerji}$$



Şekil 5.8. Krebs (trikarboksilik asit) döngüsü Şekil 5.5'ten daha detaylı şekilde görülüyor.



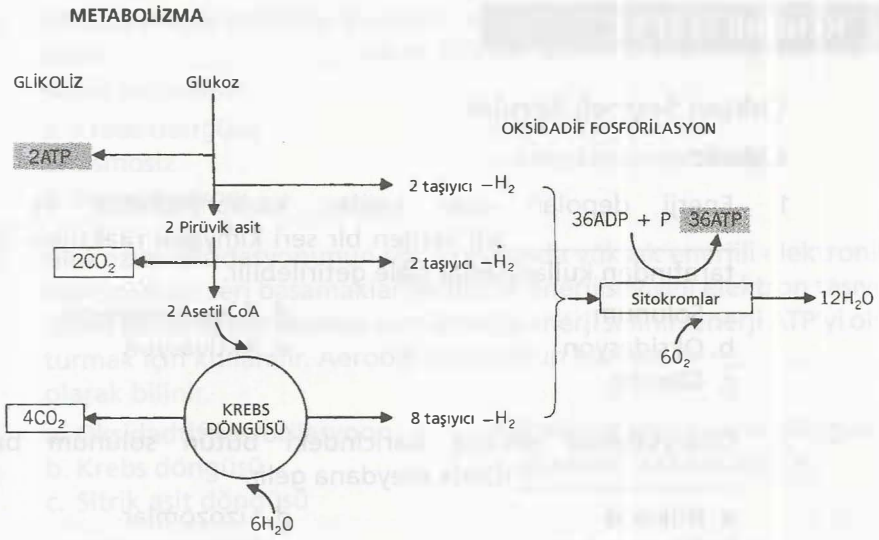
Şekil 5.9. Oksidatif fosforilasyon, sitokromlar olarak adlandırılan demir içeren moleküller yoluyla bir seri basamakta aşamalı olarak enerjiyi serbest bırakan bir elektron taşıma zinciri olan sitokrom sisteminin net ürünüdür. Fosfor ADP ile birleştiğinde, ATP üretirken oluşan bağlar molekül yapısında depolanan bu enerji, daha sonra her hücre içinde enerji gerektiren birçok metabolik **işlemi gerçekleştirmek için kullanılır.**

Bu denklemde gösterilen adımlar koordineli bir süreçte gerçekleşir. Bunlar Şekil 5.10'da gösterilmiştir.

Yağlar ve Proteinlerin Solunumu

Daha önce de belirtildiği gibi, solunum zinciri reaksiyonları çoğunlukla sadece karbonhidratlar tarafından beslenebilir. Diğer moleküller de modifiye edilerek metabolize edilebilir. Gliserol ve yağ asitlerinin açığa çıkarılması için yağların parçalanmasının ilk basamağı, suyun ilavesiyle moleküllerin **hidroliz**dir. 3 C'lu bir bileşik olan gliserol, PGAL'ye dönüştürülerek, glikolitik yola girer. Yağ asitleri, asetil-CoA'ya dönüştürülen ve daha sonra solunum yolunu besleyen karbon parçalarına ayrılır. Metabolize edildiği zaman, 1 gramı yağ, karbonhidratların iki katından daha fazla enerji verir.

Protein hidrolizi sonucu farklı yollarla metabolize edilebilen amino asitleri açığa çıkarır. Bunlardan biri **deaminasyon** veya amino grubunun çıkarılmasıdır. Başka bir yöntemde, amino asitler piruvik aside dönüştürülür. Diğer mekanizmalar yoluyla, amino asitlerin bazıları asetil-CoA'ya



Şekil 5.10. Glukozun karbondioksit ve suya aerobik olarak yıkılması sırasında ATP'nin oluşumunun özet şeması. Üç işlemin -glikoliz, Krebs döngüsü ve oksidatif fosforilasyon- entegrasyonu gösterilmektedir.

dönüştürülürken diğerleri, Krebs döngüsünde kullanılabilen ara bileşiklere dönüştürülür. 1 gram proteinin tam oksidasyonu sonucu karbonhidratlarla aynı miktarda enerjiyi verir.

ANAHTAR TERİMLER

Aktivasyon enerjisi
Aerobik solunum
Anerobik solunum
Hücresel solunum
Sitokrom sistem
Sitokromlar
Deaminasyon
Elektron taşınım zinciri
Fermentasyon
Glikoliz
Hidroliz
Krebs döngüsü
Mitokondriler
Nikotinamid adenin dinükleotid
Oksidasyon
Oksidatif fosforilasyon
Fosfoenolpiruvat
Fosfogliserat

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Glikoliz

1. Enerji depoları olan yağlar, karbonhidratlar ve proteinler _____ adı verilen bir seri kimyasal reaksiyon ile hücreler tarafından kullanılabilir hâle getirilebilir.

a. Solunum
b. Oksidasyon
c. Glikoliz
d. Transformasyon
e. Aktivasyon

2. Ökaryotlarda glikoliz haricîndeki bütün solunum basamakları _____ içinde meydana gelir.

a. Nükleus
b. Ribozomlar
c. Golgi aygıtı
d. Lizozomlar
e. Mitokondriler

3. Glikoliz _____ meydana gelir

a. Nükleusda
b. Nükleoplazmada
c. Nükleolusda
d. Sitoplazmada
e. a, b ve c

4. 1 gram proteinin tam olarak oksidasyona uğraması sonucu _____ _____ karbonhidratların verdiği enerji kadar enerji verir.

a. Yaklaşık olarak aynı miktarda
b. Yaklaşık olarak iki kat daha fazla
c. Yaklaşık olarak üç kat daha fazla
d. Miktarın yarısı
e. Çeyrek miktar

Anaerobik Fermantasyon, Solunum ve Sitokrom Sistemi

5. Birçok hücre, özellikle bitkilerde ve bazı mikroorganizmalarda, anaerobik _____ süreci ile oksijensiz enerji elde edebilirler.

a. Fermentasyon
b. Aerobik solunum
c. Deaminasyon
d. Deoksidasyon
e. Transformasyon

6. Piruvatın aerobik solunumu _____ içinde meydana gelir.

a. Nükleus
b. Sitoplazma
c. Mitokondriler
d. Golgi aygıtı
e. Lizozom

7. Mitokondriyal matriste bulunan bir enzim kompleksinin yardımıyla, asetat _____ olarak bilinen uzun bir seri kimyasal reaksiyonla parçalanır.
   a. Krebs döngüsü
   b. Osmosiz
   c. Deaminasyon
   d. Oksidasyon
   e. Mitokondriyal döngü

8. Glukozun oksidasyonunun son safhasında yüksek enerjili elektronlar, kontrollü bir seri basamaklar ile düşük enerji seviyeli elektron taşıyıcılarına geçer ve her adımda az miktarda enerji salınır; enerji ATP'yi oluşturmak için kullanılır. Aerobik solunumun bu evresi _____ olarak bilinir.
   a. Oksidadtif fosforilasyoon
   b. Krebs döngüsü
   c. Sitrik asit döngüsü
   d. Ttrikoarboksilik asit döngüsü
   e. anerobik fermentasyon

9. _____, glikoliz yoluyla üretilen 3-karbon piruvik asit molekülleri daha da oksitlenebilir.
   a. Oksijenin varlığında
   b. Oksijenin yokluğunda
   c. Nükleus
   d. Lizozom
   e. Ribonükleik sit

10. Piruvat, ökaryotik hücrelerde, glikoliz haricîndeki tüm solunum basamaklarının oluştuğu _____ geçilir.
   a. Lizozom
   b. İnfundibulum
   c. Nükleus
   d. Golgi aygıtı
   e. Mitokondri

11. Pyruvat, 3-karbonlu bileşiğin 2-karbonlu asetata dönüştürüldüğü mitokondriyal matriksine taşınır. Daha sonra, mitokondriyal matristeki enzim kompleksinin yardımıyla, asetat, _____ olarak bilinen uzun bir seri kimyasal reaksiyonları başlatır.
   a. Krebs döngüsü
   b. Sitrik asit döngüsü
   c. Trikarboksilik asit döngüsü
   d. Yukarıdakilerin hepsi
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

12. Krebs döngüsü sırasında en önemli yan ürünler _____ ve birkaç _____ ve bazı _____ içeren hidrojen taşıyıcı moleküllerdir.
   a. ATP
   b. $NADH_2$
   c. $FADH_2$
   d. Yukarıdakilerin hepsi
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

13. Solunum ile glikolizi kullanan organizmalar, aynı gıdayı parçalayan anaerobik türlerin _____ üretir.
    a. Aynı verimlilikte enerji
    b. Daha az düzeyde enerji
    c. İki kat düzeyinde enerji
    d. Üç kat düzeyinde enerji
    e. On dokuz kat düzeyinde enerji

14. Glukozun oksidasyonunun son safhasında, yüksek enerji seviyesindeki elektronlar, kontrollü, basamaklar hâlinde düşük enerjili elektron taşıyıcılarından sırayla geçirilir. Her adımda az miktarda enerji salınır ve ATP ve ADP'yi oluşturmak için kullanılır. Aerobik solunumun bu evresi _____ olarak bilinir.
    a. Krebs döngüsü
    b. Sitrik asit döngüsü
    c. Trikarboksilik asit döngüsü
    d. Oksidatif fosforilasyon
    e. Yukarıdakilerin hepsi

15. Oksidatif fosforilasyon olarak bilinen anaerobik solunum evresindeki elektron taşıyıcıları, Krebs döngüsü sırasında salınan NADH ve $FADH_2$, elektron taşıyıcıları serisine taşınır. Bu elektron taşıyıcılar serisi, _____ olarak bilinir.
    a. Elektron taşınım zinciri
    b. Sitrik asit döngüsü
    c. Trikarboksilik asit döngüsü
    d. Animasyon
    e. Deaminasyon

16. Amino grubunun çıkarılması yoluyla proteinlerin hidroliz edilmesi, proteinlerin metabolize edilebileceği, amino asitler üretilebileceği çeşitli yollardan biridir; Bu yöntem _____ olarak bilinir.
    a. Animasyon
    b. Deaminasyon
    c. Karboliz
    d. Glikoliz
    e. Transaminasyon

Cevaplar

1. a	5. a	9. a	13. e
2. e	6. c	10. e	14. d
3. d	7. a	11. d	15. a
4. a	8. a	12. d	16. b

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Oksijen varlığında hücresel solunum hangi durumlarda ortaya çıkabilir ve oksijen ne zaman gereksiz olabilir?
2. Glukozun piruvata oksidasyonunun enerjiyi serbest bıraktığı belirtilse de "oksidasyon" terimi ile tam olarak ne ifade edilir?
3. Glukozun pirüvata dönüştürüldüğü hücresel solunumdaki ilk kimyasal reaksiyon serisine glikoliz denir. Bu reaksiyon süresince neler olduğu konusunda anlatınız.
4. Glikolizde enzimler niçin önemlidir?
5. Hem glikoliz hem de Krebs döngüsü nasıl ilişkilidir?
6. Anaerobik fermentasyonu tanımlayıp; hücreleri enerjiyi elde etmek için başka yollarla karşılaştırınız. Anaerobik fermentasyonu daha büyük şekle entegre ederek, çoğu bitkide ve bazı mikroorganizmalarda oynadığı rolü açıklayınız
7. ATP ve ADP farkı nasıldır ve hücresel solunumda neden önemlidir?
8. Krebs döngüsü süresince neler olur?
9. Elektron taşıma zinciri nedir, sitokromlar bu zincirde hangi rolü oynar ve böyle bir elektron taşıma zinciri nerede olabilir? Neden bu kadar önemlidir?
10. Solunum zinciri reaksiyonlarına hangi tip maddeler girebilir? Ve bunlar zincire girdikten sonra ne olur?

6 Fotosentez

Her yaprak, genel olarak kararlı, enerjice zengin doğanın tüm ekonomisini çalıştırmak için yardım eden, karbondioksit ve su gibi ham maddelerin kompleks moleküllere, işlenmiş ürünlere dönüştüren Güneş enerjisi ile çalışan bir karbonhidrat fabrikasıdır. Karbonhidrat üreten, Güneş enerjisiyle çalışan işlem **fotosentez** olarak bilinir. Yüksek bitkilerin yapraklarında olduğu kadar, diğer birçok bitki organlarında, özellikle de yeşil olan kısımlarında meydana gelir. Fotosentez, aynı zamanda algler, bazı bakteriler ve protistleri içeren yüksek bitkiler dışındaki organizmalarda da gerçekleşir.

Tarihçe

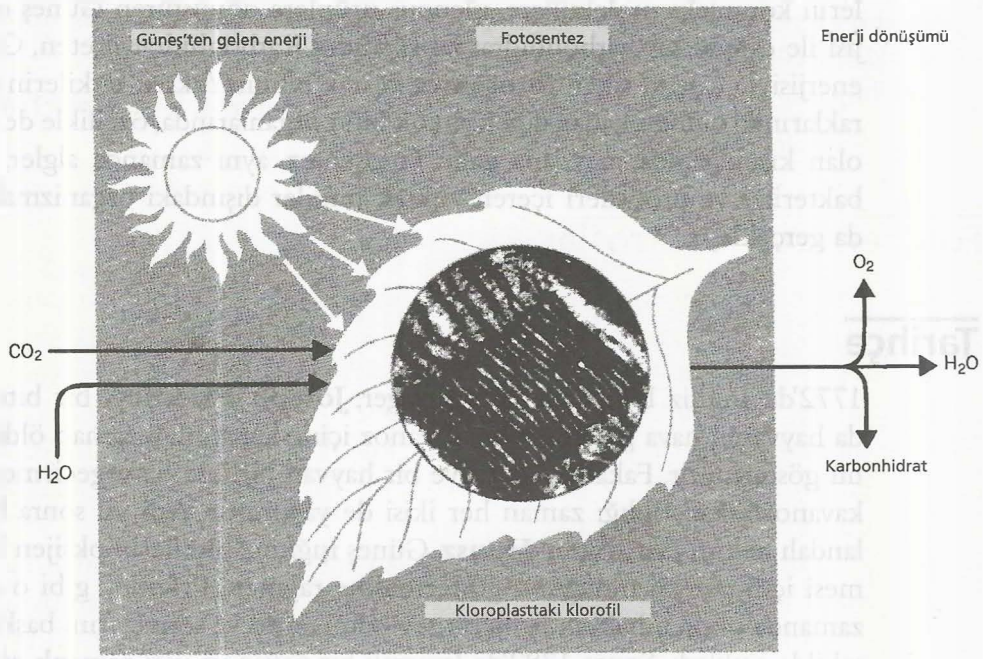
1772'de İngiliz bir papaz ve kimyager, **Joseph Priestley,** bir bitki ya da hayvanın hava geçirmez bir kavanoz içine kapatıldığı zaman öldüğünü göstermiştir. Fakat bir bitki ve bir hayvan birlikte hava geçirmez bir kavanozla kapatıldığı zaman her ikisi de yaşamıştır. Yedi yıl sonra Hollandalı hekim **Jan Ingen-Housz** Güneş ışığının, bitkilerin oksijen üretmesi için gerekli olduğunu göstermesine rağmen, Priestley gibi o da o zamanda oksijen hakkında hiçbir şey bilmiyordu ve sonuçlarını başka bir şekilde açıkladı. Sonra 1782'de İsviçreli bir papaz ve yarı zamanlı çalışan bilim adamı, **Jean Senebier**, bitkilerin karbondioksit (CO_2) kullandı-

ğında oksijen (O_2) ürettiğini gösterdi. CO_2'in fotosentez sırasında O_2'e dönüştüğünü öne sürdü.

Daha sonraki çalışmalarında, Senebier hangi gaz içeriklerinin karıştığını bilmiyordu. Fakat olayın,"sabit hava" olarak adlandırdığı ve şu an bizim karbondioksit olarak bildiğimiz belirli bir gaz türüne bağlı olduğunu rapor etmiştir. Daha sonra 1804'te İsviçreli **Nicolas Theodore de Saussure** suyun, organik materyallerin fotosentetik üretimi için gerekli olduğunu bulmuştur. Aşağıdaki eşitlikte ifade edilen, fotosentezde yer alan temel maddeler on dokuzuncu yüzyılın başlarında, bilinmekteydi (Ayrıca bk. Şekil 6.1).

$$\text{karbon dioksit} + \text{su} \xrightarrow[\text{ışık}]{\text{yeşil bitkiler}} \text{organik madde} + \text{oksijen}$$

1883'te Alman araştırmacı **T. W Engelmann**, bitkilerin yeşil pigmenti olan **klorofilin** fotosentezde önemli olabileceğine dair belirle-



Şekil 6.1. Fotosentez, burada gösterildiği gibi, klorofil moleküllerinin, karbondioksit (CO_2) ve su (H_2O)'yu karbonhidrat hâline dönüştürmek için güneş ışığındaki enerjiyi kullanması olayıdır.

yici kanıt sağlayan bir deney gerçekleştirdi. Çok uzun, spiral kloroplastlara sahip olan alg *Spirogyra* sp.'yı çalıştı. Engelmann, bir prizma ile belirli dalga boylarındaki ışığı *Spirogyra*'nın farklı kısımlarına yönlendirdi. *Spirogyra*'nın en fazla oksijeni serbest bıraktığı fotosentez için en iyi ışığı aldığında, oksijen gereksinimi olan bakteriyi çözeltiye ekledi ve oksijen için bakterilerin nereye doğru hareket edeceğini bekledi. Bakterilerin büyük bir kısmı kloroplastların yeşil dalga boylarında değil, kırmızı ve mavi ışıkların bantlarını soğurduğu yerde kümelendi. Bundan dolayı, Engelmann, oksijenin kırmızı ve mavi dalga boylarının absorbe edildiği yerde üretildiğini ileri sürdü.

Fotosentetik Pigmentler

Yaprakların çoğunun yeşil görünmesinin nedeni, yaprakların kırmızı ve mavi dalga boylarında ışığı soğururken yeşil ışığı yansıtmasıdır; böylece biz yeşil görürüz. Engelmann'ın deneylerinden bu yana, klorofil olarak bilinen, fotosentez için gerekli yeşil pigmentler sınıfına ek olarak **karotenoidler** ve **ksantofiller** olarak bilinen sarı, turuncu ve kahverengi **fotosentetik pigmentlerin** de var olduğu gösterilmiştir. Bazı bitkiler, geniş vakuollerde depolanan, **antosiyaninler** olarak bilinen ek fotosentetik pigmentlere sahiptirler. Sonbahar yaklaştığında, bazı şekerler, asidik koşullar altında kırmızı, alkalin koşullar altında mavi renkte olan antosiyanin pigmentlerine dönüştürülerek sonbahar renklerine katkıda bulunurlar.

Fotosentetik Ototroflar

Diğer bitki ve hayvanları besin kaynağı olarak kullanan **heterotrof** olarak bilinen organizmaların aksine, **ototroflar**, inorganik ortamlarda yaşayan organizmalardır. Ototroflar, parçalanması gerekmeyen, çok küçük moleküllerden organik bileşikleri üretirler. Alınan moleküller, hücre zarlarından geçebilecek kadar küçük ve yeterince çözünür olduğundan, ototrofik organizmalar, besinlerini hücrelerine almadan önce ön işleme, parçalamaya veya sindirmeye ihtiyaç duymazlar.

Fotosentetik ototroflar, yaşayan en önemli ve yaygın organizmalar arasındadır. Güneş'ten gelen enerjiyi kullanarak uyarılmış hâlde elektronların yükseltgenmesini sağlayan, ayrıntılı sistemlere sahiptirler. Elektron daha normal durumuna döndüğünde, enerjisinin bir kısmı organizma tarafından kullanılabileceği bir forma aktarılır.

Böylece yeşil bitkiler ve diğer fotosentetik organizmalar fotosentez ile yüksek enerjili organik maddeler üretirler. Daha önce tanımlandığı üzere fotosentez, CO_2 ve suyun ışığın varlığında karbonhidrat, oksijen ve suya dönüşümünü içerir. Fotosentez tüm organizmalar tarafından kullanılan enerjice-zengin karbon bileşiklerinin kaynağı olup, tüm oksidatif olaylar için oksijen kullanan aerobik organizmalar olmadan, atmosferik oksijenin sürekli sağlanmasından sorumludur.

Fotosentez yapan organizmalar yeşil bitkiler, algler, bazı tek hücreli yeşil flagellatlar (ayrıca bk. Bölüm 2 ve 16'da flagella ile tek hücreli organizmalar hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir) ve iki bakteri grubudur. Her yıl bu hayvanlar fotosentez ile şu an atmosferdeki oksijenin yaklaşık olarak yarısını serbest bırakmaktadırlar.Aynı zamanda hayvanlar, solunum olayı ile bu oksijeni metabolizmalarında kullanarak bitki tarafından dönüştürülen CO_2 ile yer değiştirmektedirler.

Besinler

Hayvanlar, besin sağlamak için bitkileri veya hayvanları ya da her ikisini yer iken, bitkiler ve pek çok mikroorganizma besinlerini hava, su, toprak ve Güneş gibi inorganik kaynaklardan sağlamaktadır. İnsan perspektifinden bakıldığında gerçek besin olmayan, metabolik amaçlar için bitki ve mikroorganizmalar tarafından absorbe edilen kimyasallar da besin olarak kategorize edilebilir.

Benzer şekilde organizma tipine bağlı olarak düşünüldüğünde besinlerin içerikleri birbirinden farklı ise, organizmanın enerji ve besin sağlaması için kullandığı metot da farklı olacaktır. Diğer tüm organizmalar gibi bitkiler ve mikroorganizmalar karbon, oksijen, hidrojen ve azota, çok az miktarda da fosfor, sülfür, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve demire, eser miktarda da molibden, bor, bakır ve çinkoya ihtiyaç duyarlar. Bazı belirli algler vanadyum ve kobalta gereksinim duyarlar.

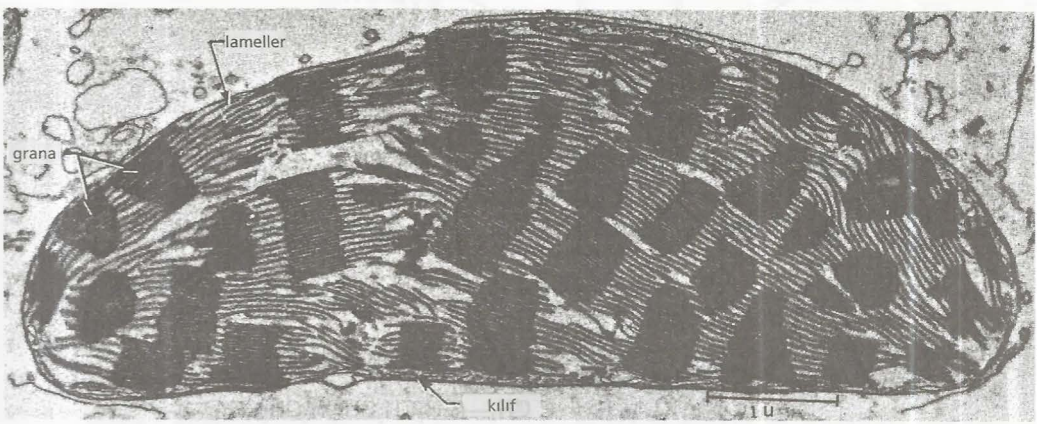
Tüm organizmalarda bulunan dört temel element karbon, oksijen, hidrojen ve azottur. Oksijen ve hidrojen hava ve sudan elde edilmektedir. Oksijen genellikle bitki dokusuna kök ve yapraklardan girmektedir. Azot içeren, inorganik elementler çoğunlukla yüksek bitkilere köklerden girerken, pek çok bitki karbonu yapraklarından genellikle karbondioksit olarak sağlamaktadır. Diğer temel ve gerekli elementler hücre zarından difüzyon veya aktif taşıma ile geçerken; bazı hücreler katı parçacıkları pinositoz ve fagositoz ile hücre içine almaktadır (her ikisi de Bölüm 2'de ayrıntılı olarak açıklanmıştır).

Kloroplastlar

Bölüm 2'de belirtildiği üzere, plastidler bitki hücrelerinde besin depolaması ve/veya fotosentezin meydana geldiği oldukça büyük organellerdir. **Kloroplastlar**, klorofil içeren plastidler, dış zar ve iç zar olmak üzere iki zardan oluşan bir dış kılıfla çevrelenmiştir. Genellikle oldukça geniş ve belirgin derecede yeşil olan kloroplastlar mikroskop altında görülebilir.

Kloroplastlarda **stroma** adı verilen proteince zengin sıvıda yerleşmiş, **lamel** veya **tilakoidler** adı verilen ince, düz tabakalar hâlinde fotosentetik zarlar bulunmaktadır. Bu fotosentetik zarlar, kloroplastlar boyunca uzanan, **grana** olarak adlandırılan yığınlar hâlinde düzenlenmiştir (bk. Şekil 6.2).Her bir kloroplast içerisindeki tüm fotosentetik zarlar birbiriyle bağlantılıdır ve **ATP** moleküllerinin sentezi için gerekli olan hidrojen iyonlarını içeren bir iç alanı sararlar. Thilakoid membranların içinde klorofil ve diğer ışık yakalayıcı fotosentetik pigmentler bulunur. Bu pigmentler, elektron taşıma sisteminde yer alan moleküllerden ve ATP ve $NADPH_2$ sentezleyen komplekslerden oluşur (bk. Bölüm 5.).

Fotosentetik tilakoid zarlar toplam kapladığı hacme göre daha fazla yüzey alanı oluşturacak şekilde düzenlenmiştir, bu oran hidrojen iyonlarının tüm membranlı yüzey alanlarının aktiviteleri tarafından hızla birikmesine izin veren önemli bir orandır. Yüksek bağıl yüzey alanı, yaprak veya kloroplastları içeren özel yapılardan geçen ışık enerjisinin yakalanması için fotosentetik pigmentlere izin vermesi açısından oldukça önemlidir.

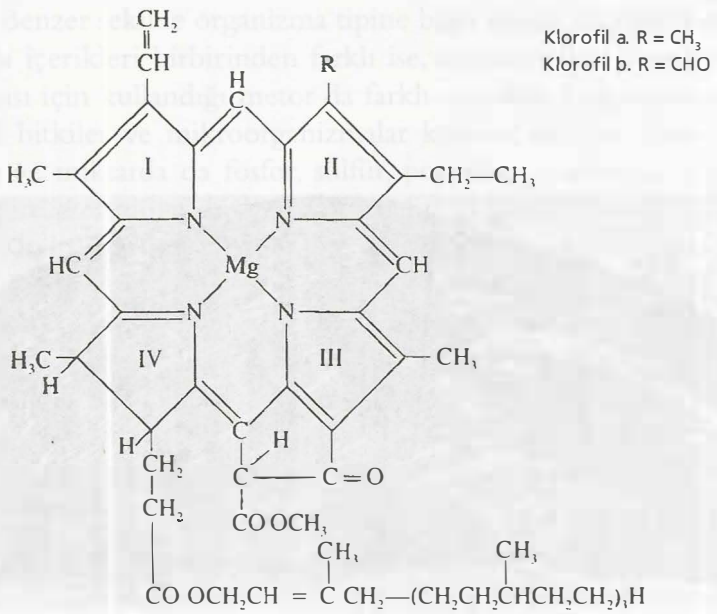


Şekil 6.2. Mısır bitkisinde kloroplastın elektron mikrografisi.

Karbondioksit moleküllerinin karbonhidrat moleküllerine dönüştürülmesinde içerilen enzimler, tilakoidleri çevreleyen protein açısından zengin stromada bulunurlar. Kloroplastlarda bulunan ribozomlar ve DNA da stromada bulunur (bk. Bölüm 2). Genellikle, ökaryotik yeşil alg hücreleri 1 ile 40 arasında kloroplast içerir. Prokaryotik siyanobakteriler (mavi-yeşil bakteriler olarak da bilinirler ve bazen hâlâ mavi-yeşil algler olarak adlandırılırlar), belirgin kloroplastik organeller yerine iç kısımları boyunca fotosentetik zarlar içerirler.

Klorofil ve Diğer Fotosentetik Pigmentler

Tümü evrimsel olarak birbiriyle ilişkili, birkaç farklı klorofil molekülü vardır. Bunlar klorofil a, klorofil b ve bunun gibi adlandırılır. Her birinin yapısı oldukça benzer, iki belirgin kısma sahiptir (bk. Şekil 6.3). Uzun polar olmayan bir uç, yağda çözünür ve fotosentetik zarları oluşturan yağların içerisine gömülüdür. Yağlar, hücre zarlarının önemli moleküler bileşenlerini oluştururlar. Endoplazmik retikulum, hücre zarları, hücre organellerinin etrafını saran zarsı kılıflar ve kloroplastlardaki zarlar hepsi büyük oranda lipidlerden oluşmuşlardır ve kloroplastlardaki bu zarın içerisine klorofil moleküllerinin uzun polar olmayan uçları bağlanmıştır.



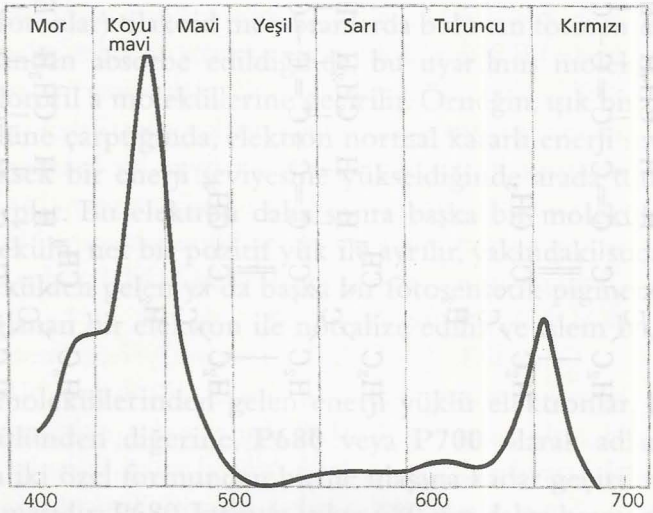
Şekil 6.3. Klorofil *a* ve Klorofil *b*'nin kimyasal yapısı.

Klorofil moleküllerinin diğer ucu, ışık enerjisinin soğurulduğu aktif bölge olan, merkezdeki bir magnezyum iyonunun bulunduğu kompleks bir halka yapısını içerir.

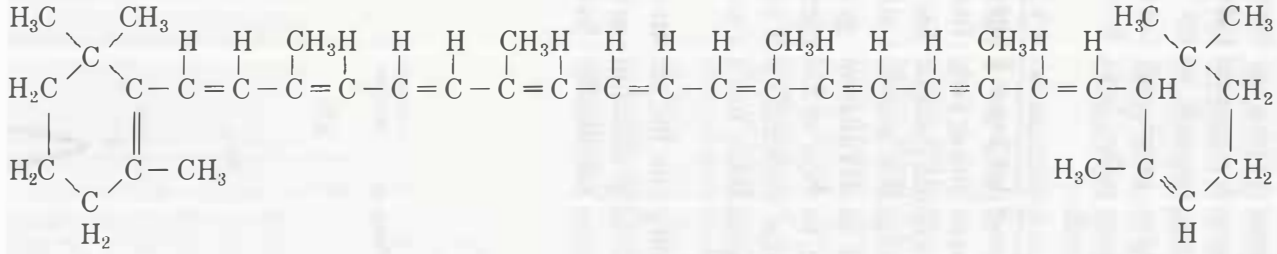
Şekil 6.3'te gösterilen yapıya ek olarak, kısmen farklı üç veya dört çeşit absorpsiyon spektrumu vardır. Bir fotosentetik pigmentin absorpsiyon spektrumu, pigmentler tarafından elektromanyetik ışının farklı dalga boylarını ifade eder. Bu durumda güneşten gelen ışığın spesifik bir pigment tarafından absorbe edilmesi söz konusudur. Şekil 6.4. klorofil b'nin absorpsiyon spektrumu göstermektedir.

Her bir fotosentetik pigment, ışığı belirli bir spektrumda en verimli şekilde absorbladığından bitkiler daha geniş bir dalga boyu aralığından ışık enerjisini yakalayarak genel verimliliği artıran birkaç farklı fotosentetik pigmente sahiptir. Örneğin, tüm yeşil bitkilerde bulunan bir diğer önemli yardımcı pigment grubu olan karotenoidler enerjiyi absorbe eder, sonra fotosentezde kullanıldığı klorofil moleküllerine geçirilir. Karotenoidler içerisinde birçok çift bağ içeren, karbon ve hidrojen zincirlerinden (hidrokarbon zincirleri) oluşan uzun moleküllerdir ve metiller gibi spesifik bağlanmış yan gruplar ve genellikle her iki ucunda halka yapılar bulunmaktadır (bk. Şekil 6.5).

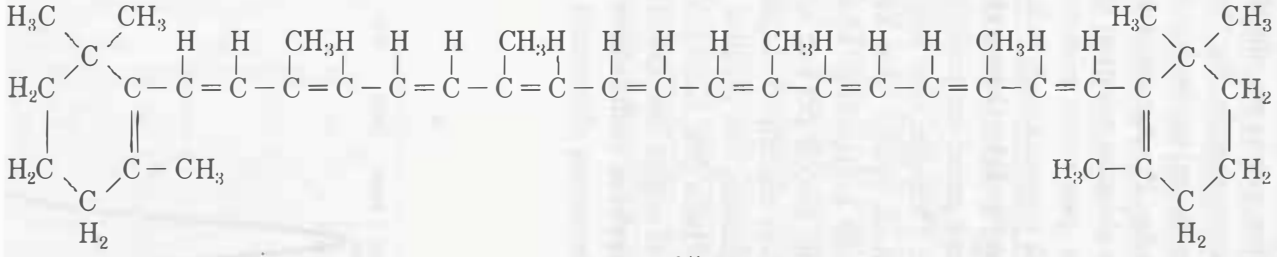
Oksijen molekülleri yoğun ışık altında indirgenir; bu, elektronların sonuçta ortaya çıkan **serbest radikallere** eklendiği anlamına gelir; bu durumda, tek veya eşleşmemiş elektronlu oksijen molekülleri bulunur.



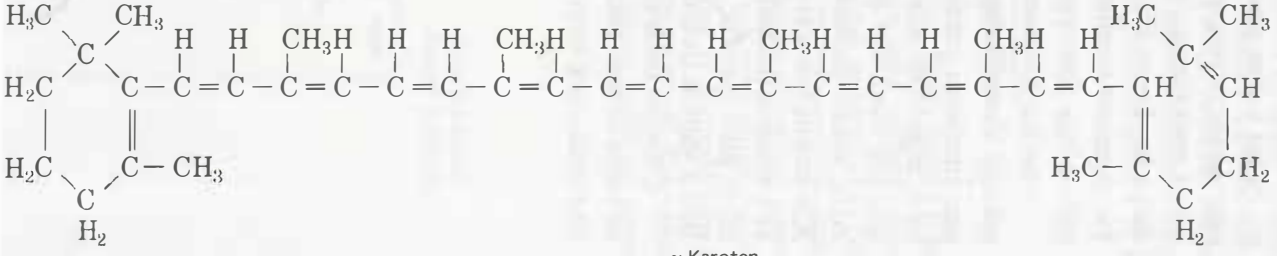
Şekil 6.4. Klorofil *b*'nin absorpsiyon spektrumu.



α-Karoten



β-Karoten



γ-Karoten

Şekil 6.5. Birbirine benzer yapıdaki karotenoidlerin kimyasal yapısı: α-, β- ve γ--karoten.

Elektron kazanma ve kaybetme eğilimlerinden dolayı bu radikaller oldukça reaktiftir ve bu yüzden reaksiyona girer diğer molekülleri tüketirler. Bununla beraber serbest radikallerin karotenoid moleküllerindeki çift bağlara hızlı bağlanmalarından dolayı klorofillerin yok edilmesi önlenmektedir.

Işık şiddeti çok güçlüyse ya da uzun bir periyot boyunca devam ediyorsa yedekleme sistemi yetersiz olabilir ve klorofil molekülleri serbest radikaller tarafından yok edilebilir. Birçok bitkide klorofil, soğuk kış havalarının başlangıcından önce sonbaharda parçalanır. Bu durumda, bazı bitkiler yapraklarını kaybetmeden önce, klorofil özümlenir ve magnezyum ve azot köklere transfer edilir, bir sonraki ilkbahara kadar köklerde depo edilir. Bu olay, klorofillerin parçalanmasıyla daha önceden maskelenen karotenoidlerin sarı, turuncu ve kahverengi renklerinin görünür hâle gelmesidir. Daha önce bahsedildiği üzere, ksantofiller ve antosiyaninlerden kaynaklanan renklerde görünür hâle gelir. Bu tür renk değişiklikleri bazen kuşlar gibi belirli hayvanlara sinyal vererek onların olgunlaşmış meyveyi yemesini teşvik eder ve böylelikle tohumları herhangi başka bir yerde dışkılayarak dağıtırlar.

Yukarıda tartışılan fotosentetik pigmentlere ek olarak, klorofil a'nın absorsiyon spektrumu dışındaki dalga boylarında ışık enerjisi absorblayan ve fotosentezde kullanılmak üzere klorofil a'ya enerji transfer eden diğer bir pigment, kırmızı algler ve mavi-yeşil bakterilerde bulunan **fikobilinlerdir.**

Işığın Soğurulması

Işık enerjisi (fotonlar) tilakoid membranlarda bulunan fotosentetik pigmentler tarafından absorbe edildiğinde, bu uyarılmış moleküllerdeki fazla enerji klorofil a moleküllerine geçirilir. Örneğin, ışık bir çift klorofil molekülüne çarptığında, elektron normal kararlı enerji seviyesinden daha yüksek bir enerji seviyesine yükseldiğinde arada tutulan bu enerjiyi absorplar. Bu elektron daha sonra başka bir moleküle geçer. Klorofil molekülü, net bir pozitif yük ile ayrılır, yakındaki suda çözünen bir molekülden gelen ya da başka bir fotosentetik pigment molekülünden sağlanan bir elektron ile nötralize edilir ve işlem bu şekilde tekrarlanır.

Klorofil moleküllerinden gelen enerji yüklü elektronlar, bir pigment molekülünden diğerine, **P680** veya **P700** olarak adlandırılan klorofil a'nın iki özel formundan birine ulaşana kadar geçirilir. P, pigmentin kısaltmasıdır; P680, kırmızı ışıkta 680 nm dalga boyunda mak-

simum absorpsiyon pikine sahiptir. P700 biraz daha uzun, yaklaşık 700 nm'de absorbsiyon pikine sahiptir (1 nanometre (nm)= 1 milimetrenin milyonda biri). Bu özelleşmiş klorofil moleküllerinin her ikisi de spektrumun "uzun" dalgaboyu ucunda ışık absorpsiyon piklerine sahiptir. Buradaki enerji, spektrumun daha kısa dalga boylu ucundaki enerjiden önemli derecede daha düşüktür. Daha kısa dalgaboyuna sahip olan yüksek enerjili ışık, diğer fotosistem pigmentleri tarafından emilir ve sonra enerji gradiyentinden aşağı geçirilir, sonunda P680 veya P700 tarafından düşük enerjili uçta yakalanır. Her biri yaklaşık 200 molekül klorofil a, yaklaşık 50 molekül karotenoid pigmenti ve P680 ya da P700 moleküllerinden birini içeren ayrı **fotosistemler** vardır. Bunlardan ilki **fotosistem I**, ikincisi **fotosistem II** olarak adlandırılır.

Elektronların Geçişi

Işık enerjisi ile uyarılan elektronlar pigment molekülleri zincirinden geçerken **redoks reaksiyonları** olarak bilinen bir seri kimyasal reaksiyonu tetikler. Redoks, **redüksiyon (indirgenme)** ve **oksidasyon (yükseltgenme)** reaksiyonlarının kısaltmasıdır. Redüksiyon (indirgenme) bir elektronun katılması (enerjinin depolanması) olup Bölüm 5'in başlangıcında ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Oksidasyon ise (yükseltgenme) bir elektronun ayrılması (enerjinin salınması) olayıdır. Bir elektron bir molekülden diğerine geçerken sürekli enerji alır ve diğerine aktarır, bir molekül indirgenirken, diğeri yükseltgenir.

Bu elektron taşıma sistemi ışık enerjisini iki farklı yol ile depolamaktadır. Elektronlar, güçlü elektron akseptörleri (alıcıları) tarafından (ya Z ya da FRS-ferrodoksin-indirgenme maddesi olarak bilinen) P680 ya da P700 moleküllerinden alınır. Z, elektronları diğer demir-içeren elektron alıcısı olan ferrodoksine iletir. Elektronlar tilakoid membranın dış yüzeyine, stromaya ulaştığında, hidrojen taşıyan bir koenzim olan **NADP** alıcısına (nikotinamit adenin dinükleotit fosfat) taşınır. (NADP aynı zamanda TPN, trifosfopiridin nükleotit olarak bilinmektedir.) NADP bir çift enerjilendirilmiş elektronları bu seviyede tutar, NADP sudan iki protonu, H^+, çekerek $NADPH_2$'yi oluşturur.

Genellikle $NADPH_2$ gösterimi yerine metinlerde NADPH'ya bir hidrojen iyonu eklenmiş olarak gösterilen NADPH + H^+ kullanılır. Her iki form da NADP (hidrojenler eklenmeye devam edildiğinde, elektronlar da aynı şekilde, nötral yükü korurlar) indirgenir.

Sistemde sürekli hareket eden elektron kaynağı, hidrojen iyonu depoları olarak da bilinen, tilakoid zarların, iç kısmında hidrojen iyonları-

nın birikimine neden olur. Bu hidrojen iyonlarından bazıları su moleküllerinin parçalanmasıyla oluşur ve atık olarak oksijen üretilir.

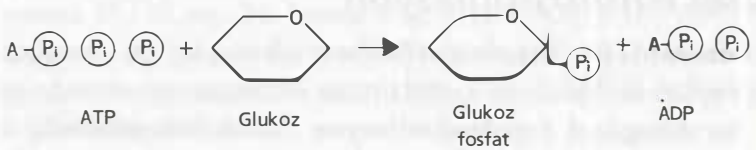
$$2H_2O \rightarrow 4H^+ + 2e^- + O_2$$

$NADPH_2$ büyük indirgenme potansiyeli nedeniyle değerlidir. Elektronlarını vererek diğer molekülü indirgerken (aynı zamanda hidrojenlerini bırakır) açığa çıkan enerji miktarı her mol için yaklaşık 50 kcal'dir. (Bir kcal, kilokalori olup, 1.000 kaloridir; bir mol her biri aynı sayıda temel birimi içeren ölçü birimidir. Bu sayı $6{,}02 \times 10^{23}$ olup Avogadro sayısı olarak tanımlanır.

Fotosistem II'de, fotosentetik pigmentler, akseptör moleküllerin zinciri üzerinden **elektron alıcısı Q**'dan geçen enerjilendirilen elektronları tutarlar. Elektronlar bu zincir üzerinde hareket ederken, ADP'den ATP sentezi için kullanılan enerji serbest kalır. ATP yüksek enerjili bir bileşik olup, hücre tarafından yapılan işlerin büyük bir kısmında kullanılan enerji sağlayıcıdır. ATP bir nükleotid olup, bir fosfat grubu ve pürin bağlı (pürin, adenozin ya da guanilat olabilir.) 5-karbonlu şeker molekülüdür. Nükleotidler, nükleik asitleri oluşturan yapı taşalrıdır. İki önemli nükleik asit DNA (deoksiribonükleik asit) ve RNA (ribonükleik asit)'dır.

Hücrenin işini yapması için gerekli olan, ATP moleküllerinin sentezinde kullanılacak enerji fotosentez yolu ile güneşten sağlanır. Besin moleküllerinde fotosentez esnasında güneşten alınan depo edilen enerji, solunum ile serbest kalır.

ATP sentezlemek için, ADP bir inorganik fosfat grubu P'ye katılmak zorundadır. Tam tersine ATP ADP'ye dönüştürülürken bir inorganik fosfat grubu ve enerji açığa çıkar. Bu işlem Şekil 6.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 6.6. ATP molekülünün terminal yüksek enerjili fosfatının glukoz molekülüne transferi. Bu enerji diğer kimyasal reaksiyonlarla oldukça önemli olan glukozu, glukoz fosfata dönüştürür.

Adenin ve riboz şeker kompleksi, adenozin ünitesini oluşturur. Bu üniteye son ikisi yüksek enerjili bağlarla bağlı üç fosfat grubu bağlıdır. Kırıldığında, ADP ve fosfat grubu oluşur ve enerji açığa çıkar. Her bir basamak aşağıdaki kısaltmalarla özetlenebilir.

$$ATP = \text{adenozin} - P \sim P \sim P$$

$$ATP \xrightarrow{\text{enzim}} ADP + P + \text{enerji}$$

$$ADP + P + \text{enerji} \xrightarrow{\text{enzim}} ATP$$

Fotosentetik sistemde elektronların hareketlerine ilişkin olaylar dizisi aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

$$H_2O \rightarrow \text{fotosistem II} \rightarrow Q \rightarrow \text{taşıyıcı zincir} \rightarrow$$

$$\text{Fotosistem I} \rightarrow Z \rightarrow \text{ferrodoksin} \rightarrow NADPH_2 \rightarrow \text{karbonhidrat}$$

Döngüsel Olmayan Fotofosforilasyon

Döngüsel olmayan fotofosforilasyon, yüksek enerjili klorofil molekülünün başlangıçta elektronları verip, daha sonra düşük enerjili hâlde tekrar alarak $NADPH_2$ sentez işlemidir. Bu fotofosforilasyon, aynı elektronlar sistemden sürekli geçmediğinden ve dışarıdaki kaynaklara ihtiyaç duyulduğundan döngüsel olmayan olarak adlandırılır. Bu kimyasal reaksiyonu aşağıdaki eşitlik ifade etmektedir.

$$2ADP + 2P + 2NADP + 2H_2O + \text{ışık enerjisi} \rightarrow 2ATP + 2NADPH_2 + O_2$$

Döngüsel Fotofosforilasyon

Fotosentetik fotofosforilasyon işleminde, ışık enerjisi-odaklı fosfat gruplarının katılması aşağıda ifade edilmiştir, genel reaksiyonun bir parçası **döngüsel fotofosforilasyon** olarak bilinmektedir. Klorofil hem elektron verici hem de elektron alıcı olarak davranmaktadır. Elektronlar,

reaksiyon zincirinde bir molekülden diğerine geçerler. Her bir basamakta elektron enerjisinin bir kısmını kaybeder. En sonundan, elektronlar klorofil moleküllerine döndüğünde enerjilerini kaybeder.

Fotosistem I'de ışık klorofil moleküllerine çarparak, elektronların uyarılmasına neden olur. Sırasıyla, elektronlar, elektron alıcı molekül Z'ye geçerler. Herbir basamak aşağı doğru bir enerji gradiyentini izler. Serbest kalan enerji ADP ve inorganik fosfattan ATP sentezini sağlar. Son basamakta elektronlar başladıkları noktaya klorofil moleküllerine geri dönerler. "Döngüsel" fotofosforilasyon terimi elektronların döngüsünü ifade eder.

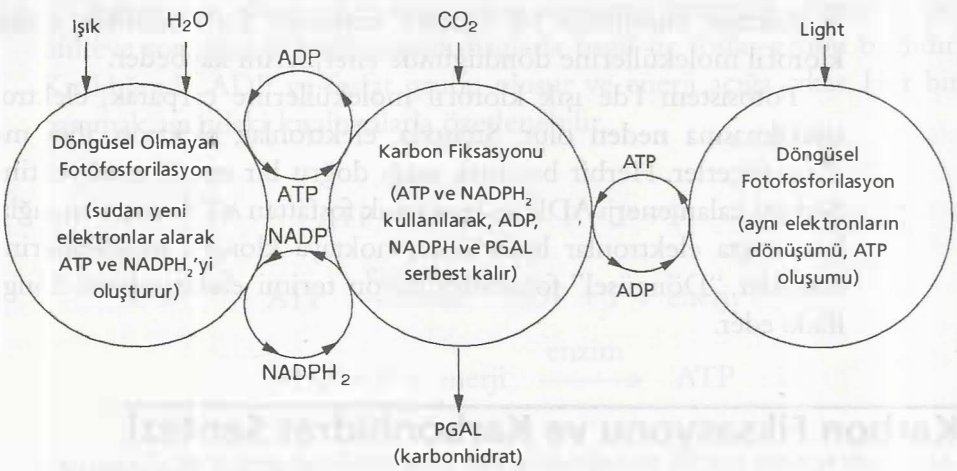
Karbon Fiksasyonu ve Karbonhidrat Sentezi

Işık enerjisinin tutulması ve yüksek enerjili ATP ve $NADPH_2$ moleküllerinin sentezinde kullanılması yukarıda açıklanmıştır. Bu enerjice-zengin bileşikler, fotosentezin başlıca son ürünleri olan karbonhidratların (**karbonhidrat sentezi**) sentezine yardım ederler.ATP ve $NADPH_2$'nin sentezlendiği fotosentetik süreç ışığın varlığında gerçekleşir.

Daha sonra enerjice-zengin bu bileşikler, karbonhidratların sentezini ışıklı ya da ışıksız ortamda yürütürler. Uygun biyokimyasal organellere sahip hücreler, herhangi bir zamanda, sağlıklı hücreler oldukları sürece, uygun sıcaklık aralığında çalışan ve CO_2, ATP ve $NADPH_2$ varlığında, karbonhidratları sentezleyebilirler.

ATP ve $NADPH_2$ moleküllerinin her ikisi de karbonhidrat moleküllerinin sentezini sağlar. CO_2, bir enerji gradiyentine itilir ve 3-karbonlu şekeri, PGAL (fosfogliseraldehit) veya gliseraldehit 3-fosfat oluşana kadar bir seri ara bileşiğe dönüştürür. Bu karbonhidratı sentezlemek için bu işlemlerin birlikte nasıl çalıştığını gösteren Şekil 6.7'ye bakınız. PGAL'nin bir kısmı 5-karbonlu şeker ribulozu sentezlemek için kullanılır, CO_2 ile birleşerek 6 karbonlu şekerin yapımıyla derhâl 3-karbonlu iki şekere kırılır ya da enerjice zengin PGAL'ye dönüşen **PGA (fosfogliserik asit)'i** oluşturur.

PGAL'nin çoğu, CO_2 molekülleriyle birleşerek daha fazla ribülozu oluşturur. PGAL'nin bir kısmı, doğrudan hücre metabolizmasına girer ve bir kısmı da bir seri basamaklarla, birleşerek ve tekrar düzenlenerek çoğu insanın fotosentezin son ürünü, olarak bildiği 6-karbonlu şeker olan **glukozu** oluşturur.



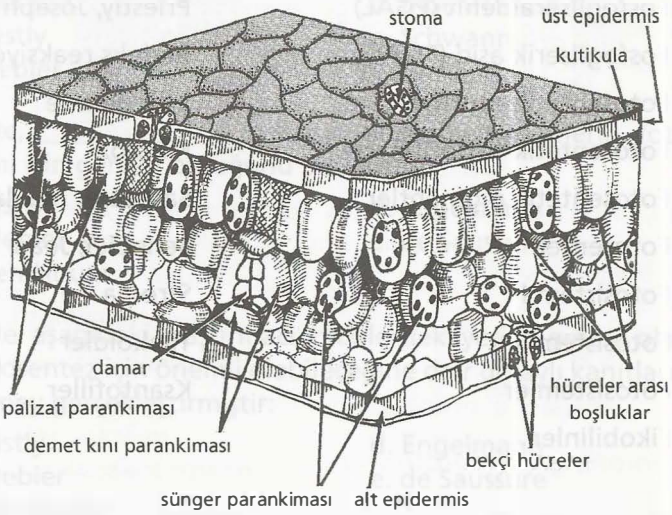
Şekil 6.7. Karbonhidratların sentezi. Karbonhidratlar **karbon-fiksasyon** döngüsünde su ve CO_2'den yapılırlar. Bu döngü üzerinden üç molekül CO_2 bir molekül gliseraldehit 3-fosfat oluşturur ve bu işlem için dokuz molekül ATP ve 6 molekül NADPH tüketilir.

Glukoz daha sonra hücrenin metabolik işlemlerine enerji sağlamak için parçalanarak kullanılır. Diğer glukoz molekülleri yağlar gibi moleküllerin sentezinde kullanılabileceği gibi, sükroz, nişasta ya da selüloz gibi daha karmaşık karbonhidratlar oluşturmak için birbirine bağlanabilirler. Sukroz suda-çözünebilen bir dissakkarittir, bitkilerin vasküler (damar) dokularına şekerin çözelti hâlinde taşınmasını sağlar. Nişasta ise çözünür olamayan bir karbonhidrattır genellikle bitkilerin köklerinde depo edilmektedir.

Yapraklar

Bitkilerin çoğunda yüzey alanı yapraklarda gerçekleşen fotosentetik işleme katkıda bulunur. Yüz milyonlarca yıl doğal seleksiyonla yapraklar, ışığa maruz kalmayı arttırma, gaz alışverişini kontrol etme, su kaybını azaltma; su, mineraller ve karbonhidratların, köklerden ve bitkinin diğer kısımlarından hareketine yardım etmesi gibi etkili bir yapı için şekillendirilmişlerdir.

Meydana gelen bütün fotosentezin yaklaşık %10'u, etrafımızda düzenli olarak gördüğümüz, yüksek bitkilerin ürünüdür ve diğer %90'ı ise çoğunlukla okyanuslarda bulunan alglerin ürünüdür. Birçok biyolo-



Şekil 6.8. İç ve dış yapıları gösteren, üç boyutlu yaprak kesit diyagramı.

ji derslerinde ve metinlerinde çoğunlukla enine kesitte sunulan karasal bitkilerin yapraklarıdır ve Şekil 6.8'de karasal bir bitkinin enine yaprak kesiti verilmiştir. Diğer ilgili yapılar Bölüm 18'de açıklanmıştır.

ANAHTAR TERİMLER

Antosiyaninler
ATP
Ototroflar
Karbonhidrat sentezi
Karbon fiksasyonu
Karotenoidler
Klorofil
Kloroplastlar
Döngüsel fotofosforilasyon
Elektron alıcısı Q
Engelmann, T.W.
Serbest radikaller
Glukoz
Grana
Heterotroflar
Ingen-Housz, Jan
Lameller
NADP
Döngüsel olmayan fotofosforilasyon
Oksidasyon
P680
P700

Fosfogliseraldehit (PGAL)
Fosfogliserik asid (PGA)
Fotosentetik ototroflar
Fotosentetik fosforilasyon
Fotosentetik pigmentler
Fotosentez
Fotosistem I
Fotosistem II
Fotosistemler
Fikobilinler
Priestly, Joseph
Redoks reaksiyonları
İndirgenme
Ribuloz
Saussure, Nicolas Theodore de
Senebier, Jean
Stroma
Tilakoidler
Ksantofiller

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Tarih, Kloroplastlar, Pigmentler, Ototroflar ve Besinler

1. Güneş enerjisi yardımıyla karbondioksit ve suyun karbonhidratlara dönüştürüldüğü işlem _____ olarak bilinir.

   a. Solunum
   b. Oksidasyon
   c. İndirgeme
   d. Karbosentez
   e. Fotosentez

2. Aşağıdaki araştırmacı, 1772'de, hava geçirmez bir kavanoza tek başına konulan bir bitkinin öleceğini ve hava geçirmez bir kavanoza konulan tek başına bir hayvanın öleceğini, bununla birlikte, bir bitki ve bir hayvanın birlikte hava geçirmez kavanoza yerleştirildiğine ise ikisinin de hayatta kalacağını göstermiştir.

   a. Hooke
   b. Schwann
   c. Schleiden
   d. Priestly
   e. Senebier

3. 1779'da, aşağıdaki araştırmacı Güneş ışığının bitkilerin oksijen üretmesi için gerekli olduğunu göstermiştir.

   a. Hooke
   b. Schwann
   c. Priestly
   d. Senebier
   e. Ingen-Housz

4. 1782'de kısmi-zamanlı çalışan bilim adamı, _____ bitkilerin oksijen üretirken karbondioksit kullandıklarını göstermiştir.

a. Schleiden
b. Priestly
c. Senebier
d. Ingen-Housz
e. Schwann

5. 1804'te, _____ suyun organik maddelerin fotosentetik üretimi için gerekli olduğunu bulmuştur.
a. Priestly
b. Senebier
c. Ingen-Housz
d. Engelmann
e. de Saussure

6. 1883'te, aşağıdaki araştırmacı, bitkilerdeki yeşil pigment olan klorofilin fotosentez için önemli olabileceğine dair dolaylı kanıtları sağlayan bir deney gerçekleştirmiştir:
a. Priestly
b. Senebier
c. Ingen-Housz
d. Engelmann
e. de Saussure

7. Aşağıdakiler fotosentetik pigmentlerdir:
a. Klorofil a ve b
b. Ksantofiller
c. Antosiyaninler
d. Karotenoidler
e. Hepsi

8. Beslenme tarzlarına bağlı olarak, aşağıdaki organizma kategorisi, organik bileşiklerini, sindirilmesi gerekmeyen küçük molekülleri alarak üreten, inorganik çevre üzerinde yaşar:
a. İnorganotroflar
b. Organotroflar
c. Homotroflar
d. Heterotroflar
e. Ototroflar

9. Besin depolamasının ve/veya fotosentezin gerçekleştiği bitki hücrelerindeki oldukça büyük organeller _____ olarak bilinir.
a. Tilakoidler
b. Lameller
c. Klorofil
d. Plastidler
e. Hiçbiri

10. Klorofil içeren plastidlere _____ denir.
a. Tilakoidler
b. Lamel
c. Kloroplastlar
d. Hepsi
e. Hiçbiri

11. Kloroplastların içindeki ince, düzleşmiş keselere _____ denir.
a. Tilakoidler
b. Lameller
c. Stroma
d. a ve b
e. a ve c

12. Kloroplastların içinde bulunan fotosentetik zarlarda istiflenerek oluşmuş gruplar, _____ olarak bilinir.

a. Grana
b. Stroma
c. Plastidler
d. Kloroplastlar
e. Hepsi

13. Tilakoidlerin etrafında, karbondioksit moleküllerini karbonhidrat moleküllerine dönüştüren enzimleri içeren protein açısından zengin bir solüsyon, _____ bulunur.

a. Grana
b. Stroma
c. Plastidler
d. Kloroplastlar
e. Hiçbiri

Klorofil, Işık Absorbsiyonu

14. Fotosentez için gerekli olan yeşil pigmentler, _____ olarak bilinir.

a. Ksantofiller
b. Karotenoidler
c. Klorofiller
d. Antosiyaninler
e. Hepsi

15. Her biri oldukça _____, birkaç farklı tipte klorofil molekülü vardır.

a. Benzer
b. Farklı
c. Kırmızı
d. Mavi
e. Turuncu

16. Klorofil moleküllerinin iki belirgin kısmı vardır. Çözünür olan ve fotosentetik zarları oluşturan lipidlerin içine yerleşmiş uzun polar olmayan bir uç vardır. Klorofil moleküllerinin diğer ucu, ışık enerjisinin tutulduğu aktif bölgede, merkezde bir _____ iyonu bulunduran kompleks halka yapısını içerir.

a. Demir
b. Kadmiyum
c. Kalsiyum
d. Manganez
e. Magnezyum

17. _____, söz konusu spesifik pigment tarafından emilen farklı dalga boylarındaki elektromanyetik dalgaları işaret eder.

a. x ışınları
b. Gama ışınları
c. İyonlaşan radyasyon
d. Prizmatik spektrum
e. Absorbsiyon spektrumları

18. _____ tüm yeşil bitkilerde bulunan önemli bir yardımcı pigment grubudur. Bu grup pigmentlerin enerjiyi absorbladığı, sonrasında fotosentezde kullanılan klorofil moleküllerine aktardığı bilinmektedir.

a. Serbest radikaller
b. Fikobilinler
c. Nükleotidler
d. Karotenoidler
e. Adenoidler

19. Klorofil sonbahardan önce kışın başlangıcında parçalanabilir. Bu sırada bazı bitkiler _____ ve _____ atomlarını kurtarmak için klorofillerini parçalarlar, daha sonra bunları taşırlar ve köklerinde depolarlar.

a. Kalsiyum, demir
b. Hidrojen, oksijen
c. Nitrojen ve magnezyum
d. Klorin, potasyum
e. Karbon, iyot

20. Fotosentetik pigmentlere ek olarak, en gelişmiş bitkiler, kırmızı algler ve mavi yeşil bakteriler klorofil *a*'nın absorpsiyon spektrumunun dışındaki dalga boylarındaki ışık enerjisini absorblayan ve daha sonra bu enerjiyi fotosentezde kullanılmak üzere klorofil *a*'ya aktaran _____ içerirler.

a. Karotenoidler
b. Ksantofiller
c. Antosiyaninler
d. Fikobilinler
e. Yukarıdakilerin hiçbiri

Işığın Absorpsiyonu, Elektronların Geçişi

21. Işık, tilakoid membranlarda bulunan fotosentetik pigmentler tarafından emildiği zaman, _____ bu uyarılmış moleküllerin içindeki enerji klorofil a moleküllerine geçirilir.

a. Nukleus
b. Endoplazmik reticulum
c. Tilakoid membranlar
d. Adenoidler
e. Hiçbiri

22. Hücrenin çalışmasını sağlayan ATP moleküllerini sentezlemek için gereken enerji kaynağı, ya besin moleküllerindeki güneş enerjisini yakalayan ve depolayan, fotosentezden ya da besin moleküllerini parçalayarak, enerjilerini serbest bırakan _____ gelir.

a. Solunum
b. Terleme
c. Sindirim
d. Kırılma
e. Nefes alma

23. Döngüsel fotofosforilasyon ve döngüsel olmayan fotofosforilasyon _____ olabilir.

a. Karanlıkta
b. Işıkta
c. Köklerde
d. Hepsi
e. Hiçbiri

24. ATP ve $NADPH_2$ _____ sentezlenirler.

a. Karanlıkta
b. Işıkta
c. Köklerde
d. Hepsi
e. Hiçbiri

25. ATP ve $NADPH_2$ ile karbonhidrat sentezi yapılabilir. Fotofosforilasyonun aksine karbonhidrat sentezi _____ meydana gelebilir.

a. Karanlıkta
b. Işıkta
c. Kabukta
d. Hepsi
e. Hiçbiri

Cevaplar

1. e	8. e	15. a	22. a
2. d	9. d	16. e	23. b
3. e	10. c	17. e	24. b
4. c	11. d	18. d	25. a
5. e	12. a	19. c	
6. d	13. b	20. d	
7. e	14. c	21. c	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Fotosentezin temel ilkelerinin ilk kez nasıl keşfedildiğinin kısa bir tarihçesini veriniz.
2. Farklı fotosentetik pigmentler nelerdir ve niçin birbirlerinden farklıdır?
3. Ototroflar ve heterotroflar arasındaki farkları açıklayınız.
4. Bir bitki için en önemli besin maddelerinin bazılarını listeleyin ve en çok nereden geldiklerini söyleyin.

5. Klorofil nasıl çalışır?
6. Klorofil genelde nerede bulunur ve neden?
7. Döngüsel olmayan fotofosforilasyon nedir?
8. Fotofosforilasyon nedir?
9. Bitkiler karbonhidratları nasıl sentezler?

7 Homeostaz

İlk Hücrelerin İçinde Bulunduğu Sıvı Ortam

Çoğu organizmanın hücre içi koşulları son derece benzerdir. Bu da evrim süreci boyunca çok az değişikliğe uğradıklarını göstermektedir. **Homeostazın,** yani stabil olan ortamın sürekliliğinin organizmanın sağlığı için kritik önem taşıması nedeniyle düzenleyici mekanizmalar özenle kontrol edilmektedir. Endokrin sistemini anlatan Bölüm 8'de, bu özenle yönetilen geri bildirim sistemleri serisinin yürütülmesine yardımcı olan hormonlar ele alınmaktadır.

Tüm yaşam biçimlerinin denizden kökenlenen ortak bir noktaları olduğu düşünülmektedir. Bunun nedeni, çoğu hücrenin içinde bulunan sıvıdaki tuz konsantrasyonunun deniz suyuna benzer olmasıdır. Bu düşünceden hareketle eğer hücreler ilk kez deniz ortamında evrimleşme geçirdilerse, o zaman büyük olasılıkla hem içeride hem de dışarıda yüksek tuz konsantrasyonuna uyum sağlamışlardır. Eldeki verilere bakıldığında, tüm tek hücreli ökaryotların çoğunluğu ve aynı zamanda da suda yaşayan omurgasızlar ve omurgalılar; içinde bulundukları tuzlu su konsantrasyonuna benzeyen iç ortamları olan hücrelerden oluşmaktadır. Okyanuslarda yaşamayan yüz binlerce organizmanın çoğunun hücre sıvılarında yüksek tuz konsantrasyonları bulunur. Bunun yanı sıra ayrıca tuzlu suda bulunan diğer elementler de yüksek konsantrasyonlardadır.

Okyanus, tatlı su ortamlarının çoğunun aksine tuz konsantrasyonu, pH ve sıcaklık bakımından daha dengeli bir ortam sunar. Organizmaların

çoğu, dış çevrelerindeki küçük değişikliklere karşı çok duyarlıdır ve ortamdaki en küçük değişikliklerde bile yaşamlarını sürdürmeleri mümkün olmamaktadır. Örneğin, kandaki potasyum konsantrasyonunda küçük değişiklikler bile kalbi durdurmak için yeterlidir. Benzer şekilde magnezyum seviyesindeki küçük artışlar da tüm sinir sistemi etkinliğini engeller.

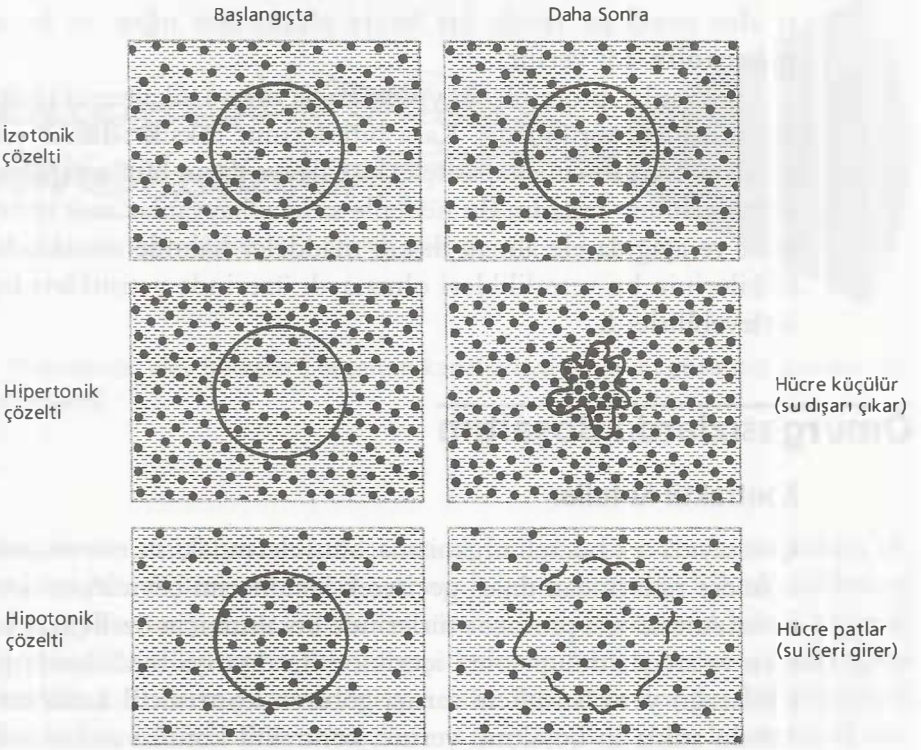
Bitki Hücreleri ile Hayvan Hücrelerinin Karşılaştırılması

Alg hücreleri sadece hücre içi sıvılarını düzenlerken, bunun aksine daha yüksek bitkilerin bazı hücreleri ve çoğu hayvan hücresi ise hücre zarlarının hem içindeki hem de dışındaki sıvıları düzenlerler. Çoğu hayvanda, hem hücre içinde hem de dışında hemen hemen eşit miktarlarda sıvı bulunur. Çok hücreli alglerde ise sıvının çoğu hücre içinde yer almaktadır. Bu birbirinin aksi durum, alglerin ve hayvanların doğaları gereği sıvı düzenlemeleri arasında ortaya çıkan farklılıklara dayanmaktadır. Yüksek bitkilerde (örneğin, ksilem ve floem gibi iletim dokularında), damar dokusu içinde bulunan sıvı aslında bitkinin dış ortamındaki suyla süreklilik göstermektedir. Dışarıdaki su sürekli olarak gözenekli kök tüyleri aracılığıyla köklerden içeri akmaktadır. Bunun aksine hayvan dokuları ise hücre dışı sıvıların düzenlenmesini sağlayan zarlar tarafından dış ortamdan ayrılmış durumdadır.

Çoğu hayvan hücresinin içinde bulunduğu sıvı, hücrelerle genellikle **izosmotiktir (izotoniktir).** Yani hücrelerin içindeki ve dışındaki sıvıların **osmotik basınçları** yaklaşık olarak aynıdır. Çözeltinin osmotik basıncı ile sıvılar, çözünen maddenin (sıvı içindeki parçacık ya da moleküller) düşük konsantrasyonlu olduğu taraftan yüksek konsantrasyonlu olduğu tarafa doğru zar içinden geçerek yer değiştirirler. Bu hareket, zarın iki tarafındaki osmotik basınç aynı oluncaya dek sürer. Göreceli olarak ileri derecedeki osmotik basınç kayması, hatta bazı durumlarda sadece hafif bir kayma bile ölümle sonuçlanabilecek ciddi problemlere neden olabilir (bk. Şekil 7.1). Böyle bir olası kayma ile başa çıkabilmek için, birçok organizmada osmotik basınç değişikliklerine uyum sağlamalarına yardımcı olan özel fizyolojik mekanizmalar bulunmaktadır. Bu mekanizmalardan bazıları aşağıda ele alınacaktır.

Hücre içi sıvıların konsantrasyonları çok düşük ya da **hipoosmotik** olduğunda su hücre dışına çıkar ve hücrede küçülme görülür. Hücre içi sıvılar hücre dışı sıvılara göre çok yoğun ya da **hiperosmotik** olduğunda ise, hayvan hücreleri içeri giren sıvıları uzaklaştırmak üzere sürekli olarak çalışmaya başlarlar. Yeterli miktarda sıvı dışarı atılamadığı takdirde içeride oluşan bu çok yüksek basınç nedeniyle sonunda hücrede patlama meydana gelecektir.

Bitki hücrelerinde ise, maddelerin hücre zarlarından geçerek bu kadar hızlı bir şekilde uzaklaştırılması için gerekli benzer mekanizmalar genel-



Şekil 7.1. Osmoz, yarı geçirgen bir zardaki özel bir difüzyon türüdür. Osmoz sürecinde bu yarı geçirgen zar, bazı moleküllerin geçmesine izin verirken diğerlerine izin vermez. Bir hücre ya da çoğu laboratuvar deneyinde kullanıldığı gibi, bir solüsyon içeren selofan bir torba başka bir solüsyon içine konulduğunda sıvı, aşağıdaki koşullara göre ya içeri girer ya da dışarı çıkar: 1) torbanın içindeki ve dışındaki çözeltilerin derişimleri aynıdır, osmotik basınçları aynıdır ve *izotoniktir;* 2) torbanın içindeki osmotik basınç daha fazla ise içerideki sıvı zardan dışarı çıkar; sıvı, *hipertonik çözeltiden* yani osmotik basıncın yüksek olduğu içerideki ortamdan dışarıdaki daha düşük osmotik basıncın olduğu sıvıya doğru akar ve hücre küçülür; 3) *hipotonik çözeltinin* osmotik basıncı çevreleyen sıvıya göre daha düşüktür ve çevre sıvı hücre içine girerek hücre zarının patlamasına neden olur. Zamana bağlı olarak ortaya çıkan önce ve sonra durumları, bu şekildeki "Başlangıçta" ve "Daha Sonra" sütunlarında gösterilmektedir.

likle bulunmaz. Bununla birlikte, çoğu bitki hücresinin hücre duvarları, bir hayvan hücresinin duvarlarını yırtıp atacak iç basınçlara dayanıklıdır. Bu yüzden bir bitki hücresi maksimum sınırına kadar genişledikten sonra böylece kalır ve içeri daha fazla sıvı girişine direnir.

Bitkileri çevreleyen hücre dışı sıvılar, hücreler içindeki sıvılara göre hiperosmotik hâle geldiğinde, hücreler su kaybeder ve hücre duvarları şekillerini korur. Ancak hücre zarı küçülür ve hücre duva-

rından uzaklaşır. Böyle bir hücre plazmolize uğrar ve bu sürece de **plazmoliz** adı verilir.

Hayvanlar, proteinlerin yıkılmasıyla ortaya çıkan azot içeren atıkları dışarı atmak zorundadır. Kara bitkilerinin toksik atıkları yararlı oluşumlara dönüştürme kapasiteleri ise hayvanların bunları dışarı atma kapasitelerinden fazladır. Bu nedenle sadece hayvanlar azot içeren atıkları idrar ve aşağıda ele alınan ilişkili maddeler hâlinde atmaktadırlar. Kara bitkilerinin bu yeterlilikleri olmasaydı üzerinde yetiştikleri toprağı zehirleyebilirlerdi.

Omurgasızlarda Boşaltım

Kontraktil Kofullar

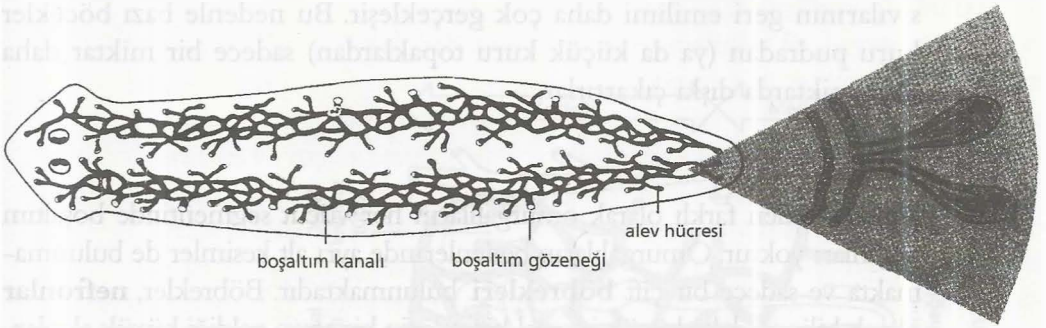
Çok sayıda tek hücreli organizma, bünyelerindeki su, tuz ve azotlu atıkları hücre zarlarından dışarı geçirerek kendilerini çevreleyen ortama bırakırlar. Ancak bazı protozoa türlerinde boşaltım için özelleşmiş bir organel olan ve sıvıyla dolup sonra içeriklerinin dışarıya bırakılacağı (ya da boşaltılacağı) yer olan hücre zarına götüren **kontraktil kofullar** bulunur. Azotlu atıkların boşaltımı yerine, kontraktil kofullar asıl olarak hücreye giren sıvı fazlasını ortadan kaldırmakla görevliymiş gibi durmaktadırlar.

Alev Hücreleri

Planaryalar, sülükler ve tenya gibi yassı solucanlarda tüm vücutları boyunca iki ya da daha fazla sayıda ince tüp yer alır. Bunlar hep birlikte, aşağı omurgasızlarda ortaya çıkan en ilkel ve çok hücreli boşaltım sistemine en yakın yapıyı oluştururlar. Bu tüplerin bazıları küçük gözeneklerle vücut yüzeyine açılırlar. Bu tüplerin içerisinde sil demetleri bulunur. Bu sil demetleri sürekli olarak titrek tarzda hareket ederler. Mikroskop altında incelendiklerinde bir alevin titremesi gibi görüntü verirler; bu yüzden bunlara **alev hücreleri** adı verilir (bk. Şekil 7.2). Bazı metabolik atıklar bu alev hücresi sistemi ile atılsa da çoğu durumda alev hücreleri, protozoa türlerindeki kontraktil kofullar gibi temel olarak su dengesinin düzenlenmesinde görevlidir. Yassı solucanlar tarafından üretilen metabolik atıkların çoğunluğu dokularından doğruca gastrovasküler boşluklarına ve oradan da ağızlarına iletilerek buradan atılırlar.

Nefridyumlar

Dolaşım sistemleri olmayan yassı solucanların aksine, annelidlerde (halkalı solucanlar) kapalı dolaşım sistemi bulunur. Dolayısıyla, maddeleri doğrudan



Şekil 7.2. Planaryada; alev hücreleri, boşaltım kanalları ve boşaltım gözeneklerinden oluşan boşaltım sistemi.

dokulardan atmak yerine kandan atacak bir sistemin evrilmesi mümkün olmuştur. Annelidlerin vücutları çok sayıda kompartmanlar hâlinde bölümlere ayrılmış durumdadır ve bu bölümlerin her birinde ise **nefridyum** adı verilen bir çift özelleşmiş boşaltım organı bulunur. Bunlar, bedenin dışına açılan kılcal damarlarla ve gözeneklerle yakından ilişki hâlindedirler. Nefridyumlar, kandan süzdükleri atıkların boşaltımını gerçekleştirirler. Bu boşaltıma ek olarak annelidler, sindirim kanalından emilmemiş kullanılmayan atık ürünlerini anüslerinden atarlar.

Malpighi Tüpçükleri

Böcekler, omurgalılardan çok annelidlere yakındırlar. Buna karşılık boşaltım sistemleri ise her iki gruptakinden farklıdır. Bunun nedeni, temelde açık bir dolaşım sistemlerinin olmasıdır. Nefridyumlar ve böbrekler arasındaki benzerlikler annelidler ve omurgalıların yakın akraba olmasına bağlı değildir çünkü bu ikisi arasında akrabalık yoktur. Boşaltım sistemlerinin benzerliği her ikisinin de kapalı dolaşım sistemleri olmasına bağlıdır. Böcekler muhtemelen kapalı dolaşım sistemli organizmalardan evrimleşmiştir. Açık dolaşım sisteminin baskın hâle gelmesiyle kapalı dolaşım sistemi ortadan kaybolarak tamamen farklı bir boşaltım sisteminin var olmasını gerekli kılmıştır.

Böceklerin boşaltım organlarına **Malpighi tüpçükleri** adı verilir. Atık ürünler, açık sinüslerin içindeki hemolenfde (ya da kanda) biriktiği için, kan sürekli olarak bir tüpçükler sisteminden süzülür. Bu tüpçükler sistemi, **ürik asit kristallerine** dönüştürülen azotlu atıkları ortamdan uzaklaştırır. Filtreleme işlemi yapan tüpçükler sistemi, açık sinüsleri, atık maddelerin depolandığı arka bağırsağa bağlar. Arka bağırsakta ise beden

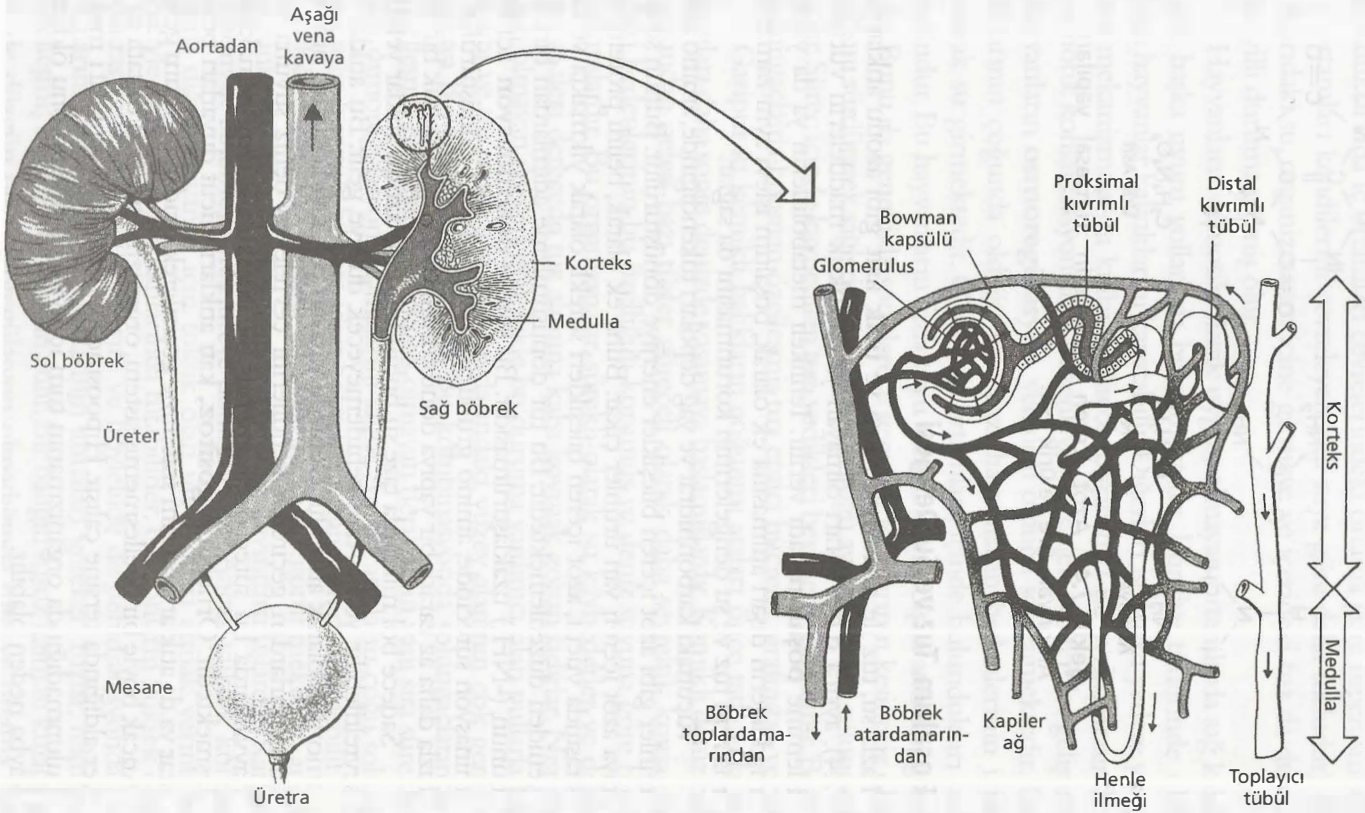
sıvılarının geri emilimi daha çok gerçekleşir. Bu nedenle bazı böcekler kuru pudradan (ya da küçük kuru topaklardan) sadece bir miktar daha fazla miktarda dışkı çıkartırlar.

Böbrekler

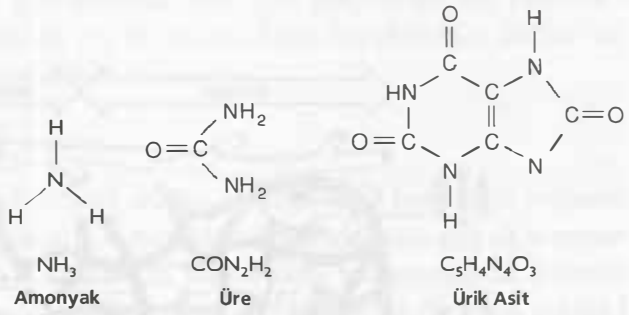
Annelidlerden farklı olarak omurgalıların her vücut segmentinde boşaltım organları yoktur. Omurgalıların bedenlerinde ayrı alt kesimler de bulunmamakta ve sadece bir çift **böbrekleri** bulunmaktadır. Böbrekler, **nefronlar** olarak bilinen daha küçük işlevsel birimlerin bir araya geldiği büyük alanlardır. Bir insan böbreğinde, her biri sürekli olarak kanı süzmekte olan yaklaşık bir milyon nefron bulunur. Süzülen filtrat, sonunda **idrarda** atılır.

Kan, böbreklere giden **renal arterden** geçer. Arter (atardamar) daha sonra daha küçük dallar olan arteriollere ve sonrasında **glomerulus** olarak adlandırılan kılcal damar yumaklarına ayrılır. Glomerulus, **Bowman kapsülü** (renal kapsül ya da nefrik kapsül) adlı filtreleme sisteminin bir parçası olan yapı ile çevrilidir. Glomerulustaki kan basınç altındadır ve kılcal damar duvarları çok ince olduğu için plazmanın çoğu kılcal damarlardan kapsüle, daha sonra oradan da uzun tüpe geçer (Nefron-bk. Şekil 7.3). Nefronun her bölümüne, süzüp dışarı atan ya da belirli maddeleri emen bölümler gibi işlevlerine göre ad verilmiştir. Nefronun birinci bölümü, Bowman kapsülüne en yakın kısımdır ve **proksimal kıvrımlı tübül** adı verilir. Nefronun içindeki ilmek **Henle ilmeği** olarak adlandırılır. Diğer tarafta ve ilmeğin en üstündeki kısma ise **distal kıvrımlı tübül** denir. Süzülen sıvı daha sonra **toplama kanalından daha büyük toplama kanallarına** ve oradan da böbreklerin her birinden topladığı idrarı **mesaneye** aktaran **üretere** aktarılır. İdrar, **üretra** içinden geçip vücuttan atılıncaya dek mesanede tutulur. Her biri aynı yapıya sahip olan Henle ilmeklerinin her biri, basit, mekanik süzgeçler olarak işlev görürler. Bunları işleten güç ise **hidrostatik basınçtır.** Seyreltik azot içeren atıkları ve su fazlasını vücuttan uzaklaştırmalarına ek olarak böbrekler aynı zamanda, kan plazmasında bulunan belirli **inorganik iyonların** (sodyum, potasyum ve klor gibi) göreceli konsantrasyonlarının düzenlenmesinde rol oynarlar.

Bu tür bir böbrek muhtemelen ilk kez deniz omurgalılarında ortaya çıkmış, böylelikle daha sonra karaya çıkan ilk omurgalıların kanları süzülürken aynı zamanda suyun çoğu da geri emilebilmiştir. İleri derece kurak ortamlarda yaşayan omurgalıların böbrekleri, çok uzun Henle ilmekleri ile son derece özelleşmiştir. Bu özelleşmiş Henle ilmeklerinin gerekli maddeleri süzüp suyun büyük kısmını kan akımı içine geri emebilme kapasiteleri çok yüksektir. Bu hayvanların idrarları şaşırtıcı derecede konsantredir. Memeli böbrekleri karadaki yaşama iyi uyum sağlamış olsa da su gereksinimleri, kurak ortamlarda bulunan sürüngenlere göre çok daha fazladır. Bunun nedenleri aşağıda ele alınmıştır.



Şekil 7.3. Nefronlar, böbreğin korteks ve medulla adı verilen kısımlarında bulunurlar. Nefronun yeri (sol) ve yapıları (sağ) bu çizimde gösterilmiştir.



Şekil 7.4. Azot içeren bileşiklerin kimyasal yapıları: Amonyak, üre ve ürik asit.

Boşaltım, Tuz ve Su Dengesi

Fazla su, tuz ile **amonyak, üre** ve **ürik asit** gibi azotlu atıkların (bk. Şekil 7.4), ayrıca diğer yararı olmayan ya da toksik maddelerin vücuttan atılması işlemine **boşaltım** adı verilir. Tehlikeli metabolitlerin ya da yararı olmayan maddelerin dışarı atılmasına ek olarak, boşaltım işlevi aynı zamanda organizmaların tuz ve su dengelerinin korunmasını da sağlar.

Vücuttaki karbonhidrat ve yağ depoları tükendiğinde, amino asitler ve proteinler gibi azot içeren bileşikler enerjiye dönüştürülür. Bunun sonucunda ortaya azot içeren yan ürünler çıkar. Buna ek olarak, belirli proteinlerin üretimi sırasında vücut, azot içeren bileşikleri sürekli olarak yıkmakta ve bileşenlerini yeniden düzenlemektedir. Bu tür dönüşümlerde adımlardan biri amino grubunun ($-NH_2$) uzaklaştırılmasıdır. Bu sürece **deaminasyon** adı verilir. Deaminasyon sürecinde, amino grubu amonyağa (NH_3) dönüştürülür. Amonyak, hızla daha az zararlı bir yapıya dönüştürülmesi gereken toksik bir atıktır.

Sadece bol miktarda taze su bulunduğunda azotlu atıklar yeterli derecede seyreltilebilir ve hayvanı zehirlemeyecek düzeye gelir. Bu atıklar daha sonra amonyak olarak atılabilir. Denizde yaşayan çok sayıda küçük omurgasız, atıklarını zarlardan geçirerek kendilerini çevreleyen deniz suyuna bırakır. Bazı hayvanlarda bu süreç özelleşmemiş bir boşaltım sistemi olmaksızın gerçekleşmektedir. Örneğin **fagositoz,** katı atıkları vücut duvarları boyunca dışarı atar ya da atıklar sindirim sistemine geçirilerek oradan boşaltım gerçekleştirilir. Ancak böyle bir özelleşmemiş sistem, organizma tuzlu ya da tatlı su ortamında yer aldığında tersine çalışır. Hipoosmotik ortam, uygun telafi mekanizmaları bulunmadığında organizmanın tüm iç sıvılarını tüketip onu öldürecek kadar kayba neden olabilir.

Omurgalılar sudan çıkıp kara yaşamında kolonize olmaya başladıklarında, vücut sıvılarındaki yüksek tuz konsantrasyonlarını koruyabilmeleri için gerekli osmotik avantajlar ortadan kalkmış oldu. Tatlı su ya da kara yaşamına uyum sağlamış hayvanların çoğunun beden sıvılarındaki tuz konsantrasyon-

ları denizde yaşamış atalarına göre çok daha düşüktür. Bununla birlikte bu hayvanların iç ortamları tatlı suya kıyasla daha tuzludur. Bu hayvanlar tatlı suya konduklarında iç ortamları çevrelerindeki ortama göre hiperosmotiktir (yani iç ortamları kendilerini çevreleyen tatlı suya göre daha tuzludur). Böylelikle dışarıdaki su, organizmanın içine girmeye ve içerideki tuz da dışarı çıkmaya meyilli duruma gelmiş olur.

Hayvanların osmotik olarak uygun olmayan ortamlarda sağ kalabilmeleri için başka uyum yolları da bulunmaktadır. İstiridye türlerinde olduğu gibi bazı hayvanlar kabuklarını kapatabilir. Diğerleri ise başka yerlere yüzerek kaçma mekanizmalarını kullanır. Birçok organizma ise evrim sırasında kendi iç osmotik konsantrasyonlarını düzenleyebilecekleri yöntemler geliştirmiştir. Bu hayvanların **osmoregülasyon** yeteneği olduğu söylenmektedir. Tatlı su balıklarının çoğunda olduğu gibi bazı hayvanların bedenlerinin içine sürekli olarak su girmektedir. Çünkü iç ortamları, içinde bulundukları sudan daha tuzludur. Bu hayvanların fazla suyu sürekli olarak dışarı atmaları gerekmektedir. Bunu da genellikle son derece seyreltik idrarlarının kesintisiz olarak dışarı akışını sürdürerek sağlarlar. Su fazlasının çoğu aynı zamanda solungaçlardan da atılır. Süreç içinde kaybedilen tuz, yedikleri besinlerle geri alınır. Bazı tuzlar ise solungaçlarda bulunan özelleşmiş tuz emici hücreler tarafından yerine konur.

Gariptir ki kemikli balıkların çoğunun ataları önce tatlı suda yaşamış ve bazıları daha sonra denizde yaşamaya başlamışlardır. Kemikli deniz balıklarının soyundan gelen bazı türler göreceli olarak daha seyreltik konsantrasyonlardaki bedenlerinin bu özelliğini korumuş ve deniz suyuna göre hipoosmotik kalmışlardır. Bu organizmalar, sürekli olarak su kaybederler ve dehidratasyona ve ileri derecede tuz alımına karşı koymak zorundadırlar. Nispeten geçirgen olmayan derileri genellikle bu duruma yardımcı olan pullarla kaplıdır. Su kaybı ve tuz alımı için solungaçlarındaki yüzey alanının çok geniş olmasıyla ortaya bir kombinasyon çıkar. Bu kombinasyonda solungaçlarında tuz atan özelleşmiş hücreler ve geçirgen olmayan derilerinin yanı sıra sürekli su içmeleri osmoregülasyon yapmalarını sağlar. Azotlu atıkların çoğu solungaçlardan geçirilir, bununla birlikte idrar böbrekler tarafından da üretilebilir.

Köpekbalıkları da tatlı su atalarına sahip görünmektedir ancak osmoz sorunlarını daha farklı biçimde çözüme kavuşturmuşlardır. Karbondioksiti amonyak ile birleştirerek üreye dönüştürürler. Ancak yüksek konsantrasyonlarda diğer hayvanlar için toksik olan üreyi dışarı atmak yerine hiçbir yan etkiyle karşılaşmadan kanlarında tutabilirler. Üre, onların yüksek osmoz konsantrasyonlarını sürdürmelerini ve böylelikle de dehidratasyondan uzak kalmalarını sağlar. Köpek balıklarının atmaları gereken tuzlar, rektumlarındaki özelleşmiş hücreler tarafından atılır. Bir balığın susuz kalması kulağa garip gelse de düzgün bir osmoregülasyon olmadığında türe ve ortama bağlı olarak balıklar da kolayca dehidre olabilir ya da gereğinden fazla suyla şişebilirler.

Tatlı su hayvanları, tuzları dokularından kan dolaşımına aktarır ve oradan da dışarı atarlar. İleri derecede özelleşmiş tuz boşaltım merkezleri,

örneğin balıkların solungaçları ya da kertenkele ve kuş gibi diğer hayvanların burunları ya da göz yaşı kanalları bunun gerçekleşmesini sağlar.

Diğer Osmoregülasyon Sorunları

Hayvanlar karaya çıktıklarında karşılaştıkları bazı osmoregülasyon sorunları kuruma tehlikesi ile ilgiliydi. Karada yaşamak, hayvanların artık suyun içinde olmaması demekti, böylelikle vücut yüzeylerinin tümü buharlaşma yoluyla su kaybına açıktı. Karaya çıkan ilk yaşam biçimleri muhtemelen koruyucu bir katman ile (pullar gibi) kaplanmıştı. Bu korumaya rağmen yine de solunum yüzeyleri (akciğerler, soluk borusu, ağız ve burun kanalları) su kaybına açıktı. İdrar ve dışkıyla da ayrıca su kaybı gerçekleşmekteydi. Su kaybı için bu kadar büyük bir potansiyelin varlığında çok az sayıda organizma depoları yenilenmeksizin yaşamını sürdürebilirdi. Böylelikle organizmalar tatlı su içerek ve su içeren besinler yiyerek, ayrıca bunun yanı sıra hücresel solunumun yan ürünlerinden biri su olduğu için besinlerin oksidatif yolla yıkımıyla bu sorunla başa çıktılar.

Bazı balıklar, amfibiler ve memelilerin çoğunda suyu tutan ve koruyan bir biçimde amonyakla ilgili bir uyum biçimi bulunmaktadır. Köpek balıkları gibi karbondioksiti amonyak ile birleştirerek üreye dönüştürürler. Ama köpekbalıklarından farklı olarak, üre çok seyrek konsantrasyonlarda olmadığı sürece toksiktir. Ürenin kana geçmesinin ardından balıkların çoğu doğrudan solungaçları yoluyla bunu dışarı atarlar. Memelilerin çoğundan ise üre atılımı böbrekler yoluyla olur.

Kabuklu yumurtalarla üreyen hayvanların aksine, amfibiler gibi suya yumurtlayan kara hayvanları, azotlu bir metabolit olarak üreyi kullanabilirler çünkü bu tür atıklar çevreleyen suya difüzyon yoluyla kolayca yayılacaklardır. Memelilerin embriyoları da su ortamında gelişir ve bir yumurta kabuğu içinde korunmazlar; bu nedenle seyreltik üreyi dışarı atarak azot içeren atıklarla mücadele etmiş olurlar.

Üre hâlen başka nedenlerle kullanılabilecek bir miktar suyun varlığını gerektirdiğinden, bazı hayvanlar için suda çözünmeyen ve seyreltilmeden dolayısıyla da vücuttan suyu çekmeden atılabilen ürik asit oluşturmak daha iyidir. Anlaşılmaktadır ki ürik asit bazı yumurtlayan hayvanlar için gereklidir ve embriyonun metabolizmasını bozabilecek toksik etkiler göstermeksizin yumurta kabuğu içinde kalabilir.

Kuşlar ve sürüngenler amonyağı ürik aside dönüştürürler. Ürik asit, daha sonra kana geçer ve sonrasında böbreklerden atılır. Ürik asit üreye göre daha karmaşık yapıda olduğundan daha güvenli olması için su ile seyreltilmesine ve daha seyreltik hâle getirilmesine gerek yoktur. Bu nedenle, ürik asit atılımı suyun korunmasını sağlar; bu da kurak ortamlarda yaşayan sürüngenler için önem taşımaktadır. Ürik asit kristallerinden dolayı bu hayvanların atıkları beyazımsı renklidir.

ANAHTAR TERİMLER

Amonyak
Mesane
Bowman kapsülü
Toplayıcı kanal
Kontraktil koful
Deaminasyon
Distal kıvrımlı tübül
Boşaltım
Alev hücreleri
Glomerulus
Homeostaz
Hidrostatik basınç
Hiperosmotik
Hipoosmotik
İnorganik iyon
İzosmotik
Böbrekler
Daha geniş bağlayıcı kanallar
Henle ilmeği
Malpighi tüpçükleri (tübülleri)
Nefridiyumlar
Nefronlar
Osmoregülasyon
Osmotik basınç
Fagositoz
Plazmoliz
Proksimal kıvrımlı tübül
Renal arter
Üre
Üreter
Üretra
Ürik asit
Ürik asit kristalleri
İdrar

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Homeostaz, Boşaltım ve Osmoregülasyon

1. Çoğu hayvan hücresinin iç ortamını çevreleyen sıvılar genellikle hücre içi sıvılarla _____ tir.

   a. İzosmotik
   b. Hiperosmotik
   c. Hipoosmotik
   d. Hipertonik
   e. Hipotonik

2. Bitki hücreleri su kaybettiğinde ve hücre zarı küçülerek hücre duvarından uzaklaştığında bu duruma uğrayan hücreler _____ olarak adlandırılırlar.

   a. Turgid
   b. Turgor hâlinde
   c. Plazmolize uğramış
   d. Hipertonik
   e. Hipotonik

3. Azotlu bileşiklerin dönüştürülmesi işlemindeki ilk adım, bir amino grubunun çıkartılmasıdır. Buna _____ adı verilir.

a. Vurgun
b. Hazımsızlık
c. Aminizasyon
d. Azot sabitleme
e. Deaminasyon

4. Deaminasyon sürecinde, amino grubu _____'a dönüştürülür.

a. Amonyak
b. İdrar
c. Ürik asit
d. Üre
e. Amid iyonları

5. Memeliler amonyağı karbondioksit ile birleştirerek, daha az toksik bir bileşik olan _____'a dönüştürürler.

a. Üre
b. Ürik asit
c. Amid iyonları
d. Dışkı
e. Dışkı

6. Kuşlar ve sürüngenler amonyağı _____'a dönüştürürler.

a. Üre
b. Ürik asit
c. Amid iyonları
d. Su
e. Nitrojen

7. Bazı tatlı su hayvanları dokularındaki tuzu, kan dolaşımlarına oradan da dışarı atılacakları _____'a geçirirler.

a. Böbrekler
b. Solungaçlar
c. Burun
d. Göz yaşı kanalları
e. Yukarıdakilerin hiçbiri ya da hepsi

8. Bazı protozoa türlerinde özelleşmiş bir organel olan _____ sıvı ile dolar ve daha sonra hücre zarına giderek bunu boşaltır.

a. Alev hücresi
b. Mesane
c. Üretra
d. Kontraktil vakuol
e. Malpighi tüpçüğü

9. Yassı solucanlar ve tenyalarda genellikle ilkel, çok hücreli bir sistem olan _____ bulunur.

a. Böbrekler
b. Malpighi tüpçükleri
c. Alev hücreleri
d. Nefridyumlar
e. Glomerüller

10. Halkalı bir solucanın her vücut alt kesiminde genellikle bir çift özelleşmiş boşaltım organı bulunur. Buna _____ adı verilir.

a. Böbrekler
b. Nefridyumlar
c. Bowman kapsülleri
d. Glomerüller
e. Alev hücreleri

11. Bir böbrekteki her bir işlevsel birime _____ denir.
a. Nefron
b. Alev hücresi
c. Mesane
d. Üreter
e. Üretra

12. Böcek boşaltım sistemlerinde _____ adı verilen organlar bulunur.
a. Alev hücreleri
b. Nefronlar
c. Malpighi tüpçükleri
d. Böbrekler
e. Üreterler

Cevaplar

1. a	4. a	7. e	10. b
2. c	5. a	8. d	11. a
3. e	6. b	9. c	12. c

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Bir hücrenin kendisini çevreleyen ortama göre izosmotik, hiperosmotik ve hipoosmotik olmasının ne anlama geldiğini açıklayınız.
2. Amonyak, çoğu organizmada neden üre ya da ürik aside dönüştürülmektedir?
3. Hayvanların azotlu atıklarla başa çıkmak için kullandıkları farklı yöntemler nelerdir?
4. Azotlu atığın böbreklerden atılımı için renal arterden üretere kadar izlediği yolu belirtiniz.

8 Hormonlar

Endokrin sistem vücudun her yerinde bulunan ve bazı kimyasal maddeler salgılayan doku, salgı bezi ve hücre serilerinden oluşmuştur. Bu kimyasal maddeler aktif olduklarında **hormonlar** olarak adlandırılırlar ve spesifik hücre veya dokular üzerine spesifik etkiler gösterirler. Bazı hormonlar bir organizmanın vücudunun farklı kısımlarını önemli derecede etkileme potansiyeline sahiptir.

Hem bitkiler hem de hayvanlar hormon üretirler. Bitkiler tarafından üretilen bu hormonlar primer olarak tomurcuk, tohumlar, yeni sürgünler ve kök uçları gibi büyümenin olduğu yerlerde üretilirler. Bitkisel hormon üretilen bu gibi yerler başka fonksiyonlara da sahiptir. Hayvanlarda ise hormon üreten bu dokuların yani **endokrin bezler**in tek görevi hormon üretmektir. Hayvanlarda hormonların vücut boyunca dağılımı dolaşım sistemi yoluyla olmaktadır. Damarlı bitkilerde ise hormonlar sentezlendikleri yerden floem boruları ile kullanılacakları yere taşınırlar.

Bitki Hormonları

Bitki hormonları, birçok potansiyel pratik uygulamalarından dolayı araştırmacıların çok fazla ilgisini çekmiştir. Örneğin, meyveleri, sebzeleri ve buğdaygilleri saklarken onları uzun süre boyunca bozulmadan tutan şey-

lerin ne olduğunu anlamak oldukça faydalı olacaktır. Çünkü bazı hormonlar, tohumlar gibi özel bitki kısımlarının veya tohumun özel kısımlarının hızlı büyümesini uyarırlar, bitki hormonlarını manipüle ederek tahıllardan daha fazla mahsül elde etmek mümkündür.

Oksinler

Oksinler, bitki hormonları içerisinde en iyi bilinen grubu temsil etmektedir. Bitki gövdelerinde hücre uzamasının kontrolünde özellikle değişken uyaranlara bağlı olarak önemli oldukları gösterilmiştir. Örneğin, ışık, bitkinin değdiği kısımlarında oksin takviyesini azaltır. Bitki gölgelenmiş kısımlarına fazla oksin gönderirse, hücreler daha hızlı büyür, bu da gövdelerin ışığa doğru bükülmesine sebep olur. Bu ışığa doğru bükülme **fototropik tepki** olarak bilinir.

Bitki **tropizması** genellikle bir bitki parçasının farklı büyüme modellerini oluşturan ışık, yerçekimi, su veya diğer besin maddeleri gibi belirli bir uyarıcıya doğru dönmesini veya bükülmesini ifade eder. Oksinlerin yol açtığı böyle bir tropizma, bitki parçalarının yerçekimine bir tepki olarak o doğrultuda büyüdüğü **jeotropizma**dır. Negatif jeotropik tepki ise tomurcukların yerçekimine ters yönde büyümesidir.

Tomurcukların uçları sadece ışığı algılamazlar, yerçekimini de belirleyebilirler. Tüm bitki üzerine eşit olarak dağılmayan yerçekimi olduğunda, bitki oksin miktarını aşağı kısma doğru arttırır. Bu aşağı kısımdaki hücreleri uyararak yukarı kısımdaki hücrelere oranla daha hızlı uzamasını sağlar ve bitkinin tekrar büyümesini sağlar. Kökler tomurcuklardan farklı olarak pozitif jeotropizma gösterirler. Bu da demek oluyor ki yerçekimine doğru hareket ederler. Köklerin büyüme yönü suyun ve bazı besin maddelerinin konsantrasyon gradiyentinden de etkilenir.

Oksinler aynı zamanda lateral tomurcukların inhibe edilmesinde de görev alır. Gövdenin ucunda oluşan terminal tomurcukta üretilen oksinler gövdenin aşağısına doğru hareket eder ve yakınındaki tomurcukların gelişimini önleyerek gövdenin uzamasını uyarır.

Pek çok tip meyvenin hızlı büyümesi yumurtayı dölleyen polen taneleri tarafından salgılanan oksinler yoluyla, tohum büyümesinde olduğu gibi, uyarıldığı ve daha fazla oksin üretmeye devam ettiği gösterilmiştir. Oksinler aynı zamanda bitkinin yaprak, çiçek ve meyve kaybetmesini önler. Daha sonra, zamanı geldiğinde, günlerin kısalması, soğuk hava veya kuraklık gibi etkenlerin başlattığı hormonal değişiklikler, **absisyon tabakaları** olarak bilinen katmanların büyümesinin teşvik edilmesi, belirli bitki kısımlarının dökülmesi ile sonuçlanır.

Hücre uzaması ve absisyon tabakalarının oluşmasındaki önemli varlığına ilaveten, oksinler hücre bölünmesinde de görev alırlar. Baharın erken dönemlerinde, oksinler tomurcuklardan aşağıya indiğinde, yeni bir ksilem tabakasının oluşması için kambiyumu bölünmesi için uyarır. Sonbahara doğru, tomurcuklar daha az oksin üretirler ta ki yeni tomurcuk, yaprak ve ksilem oluşumu yavaşlayana veya tamamen durana kadar. Kışın sonuna doğru, yenilenen oksin üretimi yeniden büyümeyi uyarır.

Giberellinler

Giberellinler, bitki hormonlarının diğer grubu, muhtemelen oksinlerden ayrı olarak değil onlarla birlikte görev yaparlar. Giberellinlerin gövde uzaması üzerine dramatik etkileri vardır, özellikle de normalde cüce varyeteler olarak bilinen bazı bitkiler üzerine. Oksinlerden farklı olarak, giberellinler, tipik olarak sürgünler ve köklerin yaptığı gibi fototropik veya jeotropik kıvrılma hareketi göstermezler. Giberellinler lateral tomurcukların büyümesini engellemezler ve yaprak absisyonunu önleyici etkileri yoktur. Oksinler yeni ksilem hücreleri oluşturmak için kambiyumu uyarırken, giberellinler kambiyumu yeni floem hücreleri üretmesi için uyarırlar. Giberellinler tohum dormansisinin sonlanmasında da görev alırlar ve bazı iki yıllık bitkileri ilk yıllarında çiçek açmaları için uyardıkları gösterilmiştir ki bu bitkilerin çiçek açması iki yıl sürmektedir. Giberellinler aynı zamanda günün karanlık peryodunun süresi ve zamanına bağlı olarak bitkinin çiçek açma zamanını da etkiler (Aşağıdaki bölümde fotoperiodizm konusuna bakınız).

Sitokinin ve İnhibitörler

Her ne kadar bu süreçte doğrudan rol oynayan diğer moleküller ile bağlantılı olarak çalıştıkları görülse de hem oksinlerin hem de giberellinlerin hücre bölünmesini etkiledikleri gösterilmiştir. **Sitokininler** hücre bölünmesini teşvik ettiği bilinen bileşiklerdir. **İnhibitörler** olarak bilinen diğer bileşikler ise, hücre bölünme aktivitesinin inhibisyonunda veya bloke edilmesinde önemlidirler ve bu şekilde tomurcukların, tohumların ve sürgünlerin dormansisini düzenlerler.

Absisik asit bu tür bir hormondur ve absisyonun uyarılmasında görev aldığı gösterilmiştir. Absisyon, bitkiden meyve veya yaprağın dökülmesiyle sonuçlanan, ince çeperli hücrelerin büyümesiyle oluşur. Absisik asit aynı zamanda bitki dormansisinde, stomaların kapanmasında ve büyümenin inhibisyonunda da rol oynar.

Etilen

Etilen, bitkilerde birçok farklı aktiviteye sahip çok uçucu bir bileşiktir. Bu bitki hormonu meyve olgunlaşmasında görev almaktadır. Yaprak absisyonuna ve lateral tomurcuk inhibisyonuna katkı sağlar. Buna ilaveten, bazı ağaçlar herbivor böcek saldırısına uğradıkları zaman etilen saldıkları ve çevrelerinde bulunan ağaçları uyararak kendilerini bu böceklerden koruyacak kimyasalların üretilmesini başlattıkları gösterilmiştir. Etilen aynı zamanda bitki yaşlanmasında da rol oynamaktadır.

Fotoperiyodizim

Bir organizmanın aydınlık ve karanlığın süresi ve zamanlamasına verdiği tepki **fotoperiyodizim** olarak bilinir. Bazı bitkiler günışığı periyotlarına çok kesin tepkiler verirler. Gün uzunluğundan ziyade gecenin uzunluğunun kritik olduğu tespit edilmiştir. Fakat bu aşağıda ifade edilen terim bulunduktan sonra keşfedilmiştir ve hâlen kullanılmaktadır.

Kısa gün bitkileri gün uzunluğu bazı kritik seviyelerin altına indiği zaman çiçek açar, genellikle ya ilkbaharda ya da sonbaharda bitkinin çiçeklenmesi ile sonuçlanır. **Uzun gün bitkileri** ise gün uzunluğu belirli bir kritik seviyeyi aştığı zaman çiçek açarlar, bu da genellikle yaz döneminde olur. **Nötr gün bitkileri** herhangi bir zamanda çiçek açabilirler ve günışığı veya karanlığın süresi dışında başka belirtilere tepki gösterirler.

Belirli türlere bağlı olarak günışığı bazen yaprakların **florigen** adında bir hormon üretmesine sebep olur, bu hormon tomurcuklara taşınır ve çiçek açmaya sebep olur. Yapraklar diğer belirli fotoperiyotlara maruz kaldığı zaman, florigen hormonunu parçalarlar ve böylece bitki çiçek açmaz. Giberellinlerin çiçek açmayı nasıl etkilediği kesin olarak bilinmemektedir fakat türlere göre değiştiği görülmektedir. Bazı bitkilerde giberellinlerin etkisi dolaylıdır. Diğer bazı bitkilerde ise giberellinlerin çiçeklenmeyi teşvik etmede florigen ile birlikte çalıştığı anlaşılmıştır. Hassas bir pigment olan **fitokrom** ihtiva eden bitkiler, karanlığın oluşmasından bir dahaki ışık maruziyetine kadar geçen süreyi ölçmek vasıtasıyla, ışığın olup olmamasına tepki gösterirler. Fitokrome florigen senteziyle birleştirilir.

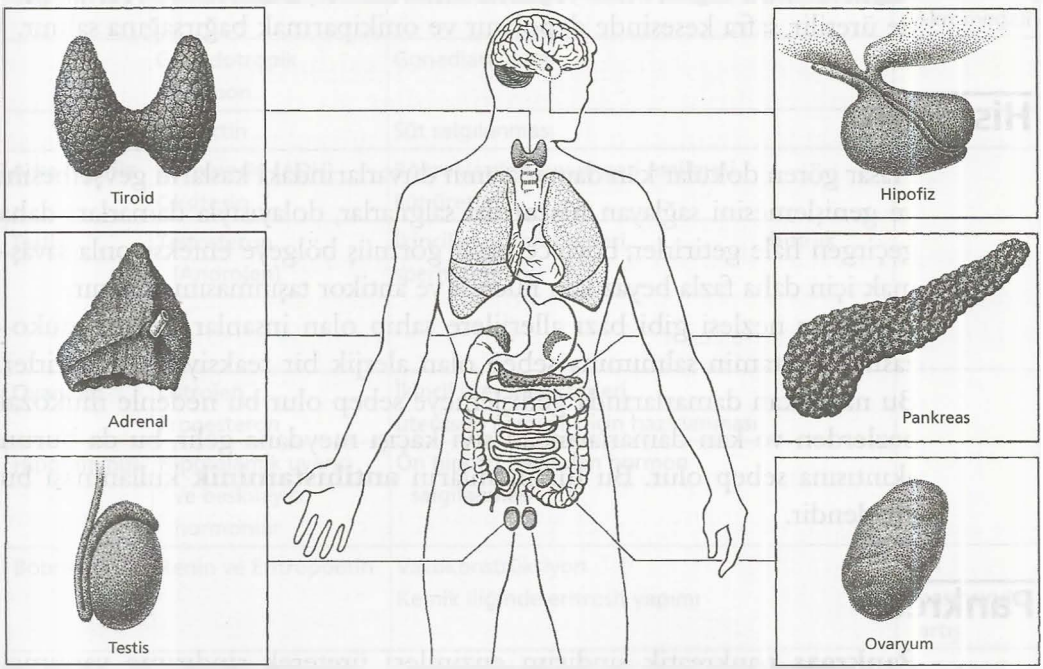
Hayvansal Hormonlar

Hormonlar, bitkiler için olduğu kadar hayvanlar için de önemlidir. Omurgasız ve omurgalılar arasında, hormonlar büyüme, gelişme ve

homeostasisin düzenlenmesinde rol oynamaktadır. Belirli hayvan organları, belirli vücut fonksiyonlarını koordine eden, genellikle diğer organlara kan yoluyla ulaştırılan hormonları üretirler. Hayvanlarda, hormon sekresyonu genellikle sinirsel uyarı yoluyla başlatılır.

Vücuda spesifik maddeler salgılayan iki temel organ grubu vardır. Bunlar, ürünlerini kanallara salgılayan, daha sonra salgıları vücut yüzeyine veya vücut boşluğuna taşınan **ekzokrin bezler**dir. Sindirim, mukus, yağ ve ter bezleri bu kategoriye girer.

Diğer grupta olan bezler ise ürünlerini salgı hücrelerinin çevresindeki alana salarlar, daha sonra bu sekresyon ürünü kan kılcaldamarlarına geçer. Bu endokrin bezlerin kanalı yoktur. Bunlara örnek olarak, adrenal bezler, pankreas, epifiz, paratiroid, ovaryum, testis, timus ve tiroid bezleri verilebilir. Bu bezler endokrin bezlerdir ve ürettikleri hormonlar protein, amin veya steroid yapısında olabilir (bk. Şekil 8.1).



Şekil 8.1. İnsanlarda hormon salgılayan önemli bezlerin genel görünümü ve bulunduğu yerler.

Kimyasal yapısına bakılmaksızın tüm hormonlar ister protein olsun ister amin veya steroid, bir hedef organ veya organ grubunda veya hedef hücrede hücresel değişimleri uyarırlar. Hormonlar vücuttaki tüm hücrelerin aktivitelerini de etkileyebilirler. İnsanlarda bulunan hormonların listesi ve görevleri Tablo 8.1'de verilmiştir.

Sindirim (Gastrointestinal Sistem)

Pilorik sfinkterin mukozal bölgesine doğru geçerken, et **gastrik bezler**i uyararak **mide suyu** sekresyonunu başlatan bir hormon olan **gastrin** sekresyonunu uyarır böylece etin sindirimi başlar. Hem mide hem de bağırsaklar gastrin üretir. Birincisi mide gastrini diğeri ise intestinal gastrin olarak adlandırılır.

Yağlar, duodenum duvarını uyararak, mide özsuyunun sekresyonunu inhibe eden bir hormon olan **enterogastron** sekresyonunu sağlar. Mideden gelen asidik besinler yoluyla uyarıldığı zaman, ince bağırsaktaki mukozal hücreler tarafından **sekretin** adı verilen bir hormon salgılanır. Sekretin ise **pankreatik sıvı**nın sekresyonunu uyarır. İnce bağırsaklar asit veya yağlarla uyarıldığı zaman **kolesistokinin** (pankreozimin) adı verilen bir hormon salgılar ve bu hormon safra kesesini uyararak **safra** salgılanmasını sağlar. Safra yağların sindirimine yardımcı olur. Karaciğerde üretilir, safra kesesinde depolanır ve onikiparmak bağırsağına salınır.

Histamin

Hasar gören dokular kan damarlarının duvarlarındaki kasların gevşemesini ve genişlemesini sağlayan **histamin** salgılarlar, dolayısıyla damarları daha geçirgen hâle getirirler, böylece hasar görmüş bölgeye enfeksiyonla savaşmak için daha fazla beyaz kan hücresi ve antikor taşınmasını sağlanır.

Bahar nezlesi gibi bazı allerjilere sahip olan insanlar, burun mukozasında histamin salınımına sebep olan alerjik bir reaksiyon geliştirirler. Bu nazal kan damarlarında genişlemeye sebep olur bu nedenle mukozal bezlerden ve kan damarlarından sıvı kaçışı meydana gelir, bu da burun akıntısına sebep olur. Bu tür insanların **antihistaminik** kullanması bu yüzdendir.

Pankreas

Pankreas pankreatik sindirim enzimleri üreterek sindirime yardımcı olur. Buna ilaveten, pankreas, **insülin** hormonu salgılayan **adacık hücreleri** veya **Langerhans adacıkları** içerir. Bu hormon kandaki gluko-

Tablo 8.1. İnsanlardaki başlıca hormonlar ve görevleri. İnsan hormonlarının başlıca kaynakları ve işlevleri

Salgılandığı Yer	Hormon	Görevi	Eksikliği	Fazlalığı
Tiroid bezi	Tiroksin	Metabolizmayı Uyarır: büyüme ve gelişimi düzenler	Kretinizm	Grave's hastalığı
	Kalsitonin	Kan kalsiyum düzeyini düşürür		
Paratiroid	Parathormon	Kan kalsiyum düzeyini yükseltir, fosfat seviyesini düşürür	Kas spazmı	Kalsiyum birikimi
Pankreas	İnsülin	Kan glukoz seviyesini düşürür	Diyabet	Hipoglisemi
	Glukagon	Kan glukoz seviyesini yükseltir	Hipoglisemi	
Adrenal medulla	Epinefrin (Adrenalin) Norepinefrin (Noradrenalin)	Acil durumlarda metabolizmayı hızlandırır		
Korteks	Glukokortikoidler ve benzer hormonlar	Karbonhidrat, protein, mineral, su ve tuz metabolizmasını kontrol ederler	Addison Hastalığı	Cushing's Sendromu
Ön hipofiz	Tiroid uyarıcı hormon	Tiroid bezi fonksiyonlarını düzenler		
	Adrenokortikotropik hormon (ACTH)	Adrenal korteksi uyarır	Hipoglisemi	Cushing's Sendromu
	Büyüme hormonu	Vücut büyümesini kontrol eder	Cücelik	Devlik ve Akromegali
	Gonadotropik hormon	Gonadları uyarır		
	Prolaktin	Süt salgılanması		
Arka hipofiz	Vazopresin (ADH) Oksitosin	Böbreklerden suyun geri emilmesi Süt üretimi		
Testis	Testosteron (Androjen)	İkincil eşey karakterleri, sperm üretimi	Kısırlık	
Ovaryum	Östrojen Progesteron	İkincil eşey karakterleri, uterusun hamilelik için hazırlanması		
Hipotalamus	Hipotalamik uyarıcı ve baskılayıcı hormonlar	Ön hipofiz bezinden hormon salgılanması		
Böbrekler	Renin ve Eritropoetin	Vazokonstrüksiyon Kemik iliğinde eritrosit yapımı		Kan basıncında artış
Bağırsak duvarı Timus bezi	Sindirim hormonları Timosin	Besinlerin sindirimi Lenfosit ve beyaz kan hücrelerinin olgunlaşması		

zun konsantrasyonunu düşürür. Bir kişinin sisteminde çok fazla insülin olduğu durumda ki bu pankreasın aşırı aktif olmasından kaynaklanan nadir bir durumdur, insülin şoku ortaya çıkabilir, kan şekeri seviyesi çok fazla düşer ve kişi bayılabilir veya ölebilir.

İnsülin yetersizliği daha yaygın bir durumdur ve **diabet** olarak bilinir, karaciğer ve kasların glukozu glikojene dönüştürme kontrolünü yapamamasından kaynaklanır. Bazen karaciğer glikojenden çok fazla glukoz üretir, böylece tüm kaynaklar tükenir ve vücut kendi yağ ve proteinlerini enerji kaynağı olarak kullanır. Diyabet sıklıkla kişinin sağlığını birçok yönden etkileyen kronik problemlere yol açar.

Pankreas aynı zamanda **glukagon** adı verilen bir hormon da salgılar. Bu insüline zıt etkiye sahiptir, kandaki glukoz seviyesinin artmasına sebep olur.

Böbreküstü Bezleri ve Böbrekler

Her bir böbreğin üst kısmında **adrenal bez** (bazen suprarenal bez) olarak adlandırılan ve dışta **adrenal korteks**, içte ise **adrenal medulladan** oluşan bezlerdir. Korteks 50'den fazla farklı hormon üretir ancak hepsi aktif değildir. Hepsi gonadlarda (ovaryum ve testis) üretilen hormonlarda olduğu gibi **steroid** yapısında olan hormonlardır. Adrenal korteks tarafından üretilen **kortikal hormonlar**, görevlerine göre gruplandırılırlar. **Glukokortikoidler** olarak bilinen birinci grup, karbonhidrat ve protein metabolizmasını düzenleyen hormonları içerirler. Bir diğer grup **mineralokortikoidler ise** su ve tuz dengesini kontrol ederler. Üçüncü grup olan **gonadokortikoidler** ise, östrojenler ve androjenler erkek ve kadınlarda görülen seks hormonlarını ihtiva eder.

Adrenal medulla ise hem **adrenalin** (epinefrin) hem de **noradrenalin (norepinefrin)** salgılar. Adrenalin insülin salınımını baskılar ve nabızı ve kan basıncını arttırır. Buna ilaveten, karaciğerde glikojenin glukoza dönüşümünü stimüle eder, daha sonra ise bu glukoz kana verilir. Adrenalin aynı zamanda oksijen tüketimini ve iskelet kaslarına kan akışını arttırırken (vücut hareketi için), düz kaslara kan akımını azaltır (sindirimde rol oynayan kaslar). Bu reaksiyonların bir çoğu savaş veya kaç cevabı olarak ifade edilir ve vücut acı, korku, sinir veya diğer stres faktörleriyle karşılaştığı zaman ortaya çıkar. Noradrenalin de benzer etkilere sahiptir ve stres anında vücudun hareket etmesine yardım eder.

Böbrekler **renin** adı verilen bir protein sentezler, kan proteinleri ile reaksiyona girerek **hipertensin** (angiotonin olarak da bilinir) adı

verilen bir hormonu oluşturur. Hipertensin, küçük kan damarlarının kasılmasını uyarır ve kan basıncını yükseltir. Bunun, böbreğin tıkanmış arterlerden dolayı ortaya çıkan kan akımı bozukluğunu telafi etmek için oluşturulmuş bir cevap olduğu görülmektedir. Yüksek kan basıncı geçici tıkanıklıkların üstesinden gelebilir ve böbreğin yeterli düzeyde kanı süzmesine imkân verir. Böbrekler aynı zamanda **eritropoietin** adı verilen ve kırmızı kan hücre yapımını uyaran bir hormon da salgılarlar.

Tiroid

İnsanlarda, **tiroid bezleri**, trakenin önünde ve yan kısımlarında, larinksin hemen altında yerleşmiş, dört iyot atomu ile değiştirilen bir amino asit olan **tiroksin** hormonu üretirler. Tiroksinin birinci görevi, karbonhidrat yıkım hızını arttırarak metabolik aktiviteyi düzenlemeyi içerir. Ayrıca, hücreleri yeni dokular oluşturmak yerine proteinleri parçalayarak enerji üretmek için uyarır.

İyot, tiroid fonksiyonlarının düzgün çalışması için gereklidir, diyetle yeterli düzeyde alınmadığı zaman enerji düşüklüğü ile sonuçlanan **hipotiroidizm** adı verilen durum ortay çıkar. Bu durumda olan çocuklar gelişim bozuklukları gösterirler. Hipotiroidizim diyetle daha fazla iyot alımı veya tiroksin takviyesi ile düzeltilebilir.

Hipertiroidizim ise tiroid bezinin gereğinden fazla hormon üretmesinden kaynaklanır ve artmış metabolik hız, normalden yüksek vücut sıcaklığı, yüksek kan basıncı ve kilo kaybı ile sonuçlanır. Yüksek tiroid aktivitesi yeni keşfedilmiş ilaçların kullanılması ile baskılanabilir.

Tiroid bezleri, diğer iki hormon daha salgılarlar. **Triiyodotironin**, tiroksine benzeyen ama daha güçlü bir hormondur. **Tirokalsitonin** (bazen kalsitonin olarak adlandırılır), diğer iki hormondan hem fonksiyon hem de yapısal olarak oldukça farklıdır ve kan kalsiyum seviyesinin kontrol edilmesine yardımcı olur.

Paratiroidler

Tiroid bezlerinin üzerinde, **paratiroidler** olarak bilinen, bezelye benzeri dört küçük organ vardır, fonksiyonel olarak tiroidden farklıdır. Bunlar **parathormon** adı verilen bir hormon üretirler ki bu hormon kanda ve diğer dokular arasındaki kalsyum-fosfat dengesini düzenler. **Hipoparatiroidizimin** neden olduğu kalsiyum eksikliği, sinir seğirmesi, sapzmlar ve konvülsiyonlara sebep olur. **Hiperparatiroidizim**,

kemik dokusunda demineralizasyona sebep olur ve kemikleri kırılmalara karşı daha hassas hâle getirir.

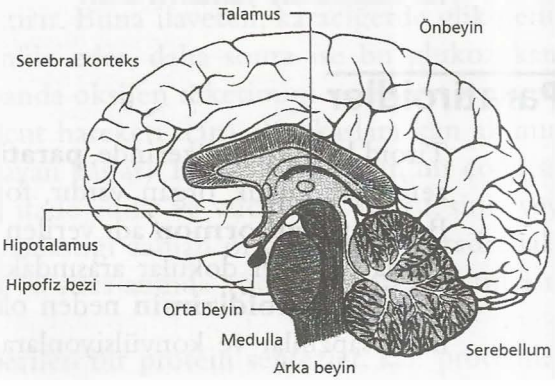
Timus

Timus bezi, göğüsün yukarısında boynun altında yerleşmiştir ve sıkıca paketlenmiş lenfositlerden oluşmuştur. Bu beyaz kan hücreleri, fibröz doku tarafından bir arada tutulur. Timus bebeklik çağından ergenlik çağına kadar çok aktiftir, daha sonra atrofiye uğrar, ileri yaşlarda ise tekrar büyür. Bu bez **timosin** adı verilen ve dalak, lenf düğümleri ve diğer lenfoid dokulardaki plazma hücrelerini immünolojik fonksiyon için uyaran bir hormon üretir. İki temel lenfosit tipinden olan B ve T hücreleri kemik iliğinde üretilirler ve daha sonra lenfoid dokulara göç ederler. En sonunda timus bezinde, timus bağımlı lenfositler veya T hücreleri hâlini alırlar. Belki de timosin bu hücreleri etkileyerek, onların antijenleri (yabancı mikrop veya moleküller) yok etmelerini sağlamaktadır.

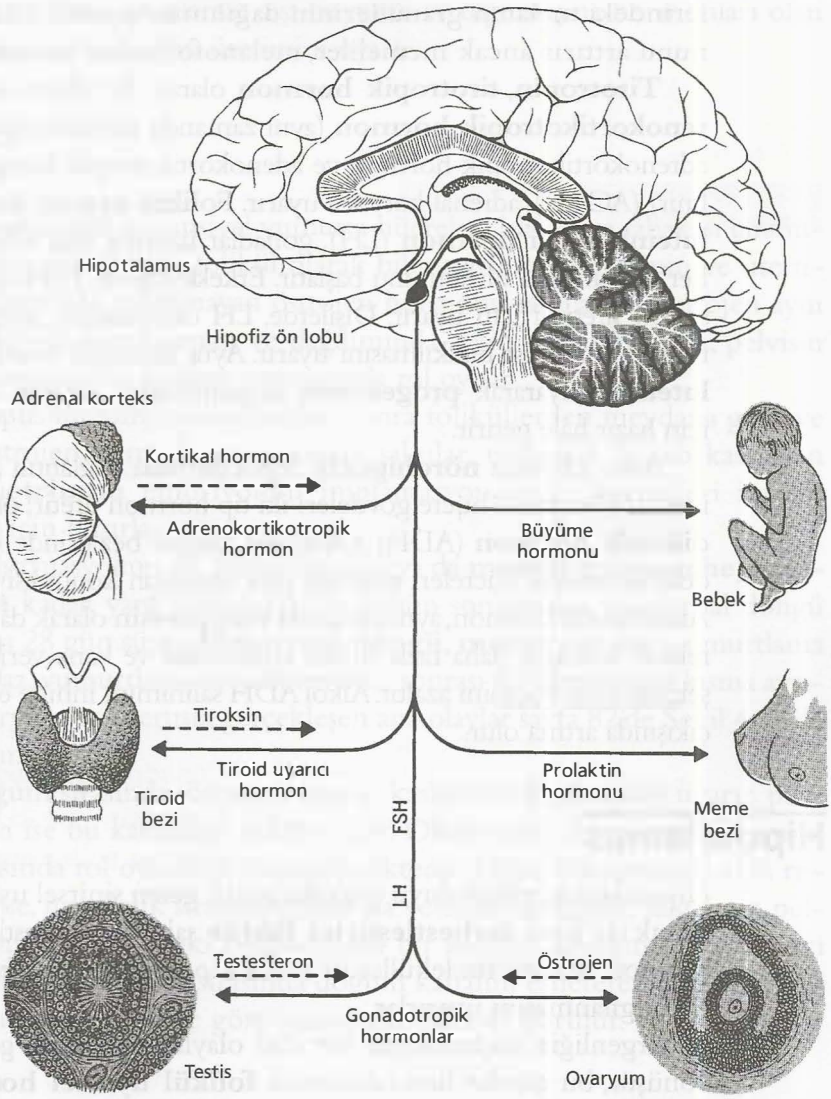
Hipofiz Bezi

Beyinde **pitüiter** olarak bilinen aynı zamanda **hipofiz** olarak da adlandırılan, **ön lob** ve **arka lob olarak** iki lobdan oluşan küçük bezlerdir. Her iki lob **infindibulum** adı verilen bir sap ile hipofizin hemen **üzerinde** yer alan **hipotalamusa** bağlıdır (bk. Şekil 8.2.).

Ön hipofiz, aynı zamanda **adenohipofiz** olarak da bilinir, birçok hormon üretir. Birçoğu diğer endokrin bezlerin aktivitelerini kontrol eder (bk. Şekil 8.3). Bu hormonlardan **prolaktin**, dişi meme bez-



Şekil 8.2. Hipofiz bezinin ve hipotalamusun yerleşimi insan beyin kesitinde gösterilmiştir.



Şekil 8.3. Hipofiz tarafından üretilen hormonlar ve etki gösterdikleri vücut kısımları.

lerini süt salgılaması için uyarır. **Büyüme hormonu** (somatotropik hormon, STH), büyümenin düzenlenmesinde önemlidir. **Melanosit uyarıcı hormon** (MSH), balık, kurbağa ve kertenkele gibi bazı aşağı omurgalılarda melanofor olarak bilinen, pigment içeren hücrelerde pigment moleküllerinin dağılımını tetikler. MSH, memeli melanosit-

lerindeki melanin granüllerinin dağılımını uyararak cilt pigmentasyonunu arttırır ancak memeliler, melanoforlardan yoksundurlar.

Tirotropin, tirotropik hormon olarak da bilinir, tiroidi uyarır. **Adrenokortikotropik hormon** (aynı zamanda adenokortikotropik hormon, adrenokortikotropik hormon ve adenokortikotropik hormon olarak da bilinir) (ACTH), adrenal korteksi uyarır. **Folikül uyarıcı hormon** (FSH) ve **luteinleştirici hormon** (LH), gonadlar üzerine etki eder. Dişilerde, FSH her ay yumurta oluşumunu başlatır. Erkeklerde ise, FSH testisleri daha fazla sperm üretimi için uyarır. Dişilerde, LH ovaryumları uyararak gelişen yumurtanın serbest bırakılmasını uyarır. Aynı zamanda ovaryumlarda **korpus luteumu** uyararak **progesteron** salgılanmasını başlatır, uterusu embriyo için hazır hâle getirir.

Arka lob veya **nörohipofiz**, hipotalamusla bağlantılı olan nöron lifleri içerir. Nöronların hücre gövdeleri iki tip hormon üretir; **oksitosin** ve **antidiüretik hormon** (ADH). Oksitosin, meme bezlerinde kanallar çevresindeki kontraktil hücreleri uyardığı gibi uterusun kontraksiyonunu da uyarır. Antidiüretik hormon, aynı zamanda **vazopressin** olarak da adlandırılır, böbrekleri uyararak daha fazla suyun emilmesini ve kana verilmesini sağlar, bu şekilde idrar hacmini azaltır. Alkol ADH salınımını inhibe eder, böylece idrar çıkışında artma olur.

Hipotalamus

Hipotalamus, vücut duyu organlarından gelen sinirsel uyarıları alır, cevap olarak da kana **serbestleştirici faktör** salgılar. Serbestleştirici faktörler hormon benzeri moleküllerdir ve ön hipofizi uyararak belirli hormonların salgılanmasını uyarırlar.

Ergenliğin başlamasıyla, bir dizi olaylar ile çocuk genç bir erişkine dönüşür, bu olaylar hipotalamusun **folikül uyarıcı hormon serbestleştirici faktör** salgılaması ile başlar, bu sinyaller ön hipofizden folikül uyarıcı hormon ve **interstisyel hücre uyarıcı hormon** (ICSH) salınımını başlatır, bu her iki hormonda gonadları yani testis ve ovaryumları uyaran hormonlardır. **Gonadlar** tarafından salınan hormonlar **gonadotropik hormonlar** olarak adlandırılırlar (bk. Şekil 8.3.).

Dişilerde, menstrual döngü ve yumurtlama döngüsü, folikül uyarıcı hormon serbestleştirici faktör (FSHRF) ve **luteinleştirici hormon serbestleştirici faktör** (LHRF) tarafından kontrol edilir. Folikül uyarıcı hormon serbesleştirici faktör, ön hipofizden FSH salınımını uyarır, bu şekilde folikül gelişimini uyarır ve foliküllerden **östrojen** salınımını başlatır.

Luteinleştirici hormon serbestleştirici faktör ise, ön hipofizden LH salınımını başlatır, ovaryum foliküllerinin gelişimini uyarır ve ovulasyo-

nu başlatır. Buna ek olarak, dişi büyüme ve olgunlaşma hormonları olan östrojen ve progesteron üretimini uyarır.

Ovaryumlar

Ovaryumlarda, potansiyel yumurta hücreleri bir hücre tabakası tarafından sarılmıştır. Bunlar folikül olarak bilinir. Meme bezlerinin ve uterusun gelişiminde rol oynayan östrojen hormonu salgılarlar. Östrojen aynı zamanda yağ depolanması ve dağılımında, sesin tonlanmasında, pelvisin genişlemesinde ve kılların uzamasında rol oynar.

Korpus luteum, ovulasyondan sonra foliküllerden meydana gelir ve hem östrojen hem de progesteron salgılar, uterusun iç tabakası olan **endometriumu** embriyonun implantasyonu için, memeleri ise süt üretimi için hazırlar.

Menstruasyonun ilk periyodundan ya da **menses (menarche), menopoza** kadar, yani menstrual döngünün sonlanması, menstrual döngü ortalama 28 gün sürer. **Menstrual döngü, menstrual faz**, yumurtlama öncesi faz, yumurtlama ve yumurtlama sonrası faz olarak dört kısma ayrılır. Ovaryum ve uterusta gerçekleşen ana olaylar sayfa 82'de Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Doğum sırasında, östrojen uterus kaslarının kasılmasını uyarır, progesteron ise bu kasılmayı inhibe eder. Oksitosinin de uterus kaslarının kasılmasında rol oynadığı düşünülmektedir. Diğer bir hormon olan **relaksin** ise, hamilelik sırasında plasenta ve ovaryumlardan salgılanır, pelvik kemikler arasındaki bağlantıların bir kısmını gevşetmeye yardımcı olur, bebeğin doğması sırasında doğum kanalını esneterek genişletir. Bu diğer memeli türlerine göre insanlarda daha az görülür.

Testisler

Folikül uyarıcı hormon seminifer tübülleri uyararak spermatogenezi başlatır. İnterstisyel hücre uyarıcı hormon, olgun spermlerin gelişmesi için seminifer tübüllere yardımcı olur ve ayrıca **testislerde** bulunan interstisyel hücreleri **testosteron** salgılaması için uyarır.

Doğumdan hemen önce, testosteron testislerin skrotuma inmesini uyarır. Testosteron ayrıca, erkek cinsiyet organlarının gelişimini, büyümesini ve korunmasını da kontrol eder. Ergenlik çağında, testosteron, kasların gelişmesi, vücut kıllarının çıkması, sesin kalınlaşması gibi ikincil erkek eşey karakterlerinin oluşmasını uyarır. **Anabolik steroidler**, bir-

çok atlet tarafından kas kütlesini arttırmak için kullanılan yapay olarak üretilmiş testosteron türleridir. Muhtemel yan etkilerinden birisi ise erkekte kısırlıktır.

ANAHTAR TERİMLER

Absisik asit
Absisyon tabakası
Adenohipofiz
Adrenal korteks
Adrenal bez
Adrenal medulla
Adrenalin
Adrenokortikotropik hormon
Anabolik steroidler
Ön lob
Antidiüretik hormon
Antihistaminikler
Oksinler
Safra
Kolesistokinin
Korpus luteum
Kortikal hormonlar
Sitokininler
Nötr gün bitkileri
Diyabet
Endokrin bezler
Endokrin sistem
Endometrium
Enterogastron
Eritropoietin
Östrojen
Etilen
Ekzokrin bezler
Florigen
Folikül uyarıcı hormon
Folikül uyarıcı hormon-salgılatıcı faktör
Gastrik bezler
Mide özsuyu
Gastrin
Jeotropizim
Giberellinler
Glukagon
Glukokortikoidler
Gonadokortikoidler
Gonadotropik hormonlar
Gonadlar
Büyüme hormonu
Histamin
Hormonlar
Hiperparatiroidizim
Hipertansiyon
Hipertroidizim
Hipoparatiroidizim
Hipofiz
Hipotalamus
Hipotroidizim
İnfundibulum
İnhibitörler
İnsülin
İnsülin şoku
İnterstisyel hücre uyarıcı hormon

Adacık hücreleri
Langerhans adacıkları
Uzun gün bitkileri
Luteinleştirici hormon
Luteinleştirici hormon serbestleştirici faktör
Melanosit uyarıcı hormon
İlk adet görme
Menopoz
Adet görme
Menstrual döngü
Mineralokortikoidler
Nörohipofiz
Noradrenalin
Norepinefrin
Ovaryumlar
Oksitosin
Pankreas
Pankreatik sıvı
Pankreozimin
Parathormon
Paratiroidler
Fotoperyodizim
Fototropik cevap
Fitokrom
pitüiteri
Arka lob
Progesteron
Prolaktin
Relaksin
Serbestleştirici faktör
Renin
Sekretin
Kısa gün bitkileri
Steroidler
Testisler
Testosteron
Timosin
Timus bezi
Tirokalsitonin
Tiroid bezi
Tirotropik hormon
Tirotropin
Tiroksin
Triiyodotronin
Tropizim
Vazopressin

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Giriş, Bitki Hormonları, Oksinler, Giberellinler, Sitokininler

1. Hedef doku üzerine spesifik etkileri olan kimyasallar _____ olarak adlandırılır.
   a. Hormonlar
   b. Oksinler
   c. Giberellinler
   d. Sitokininler
   e. Hepsi

2. Aşağıdaki bitki hormonlarından olan _____ bitki köklerinde hücre uzamasını kontrol ettiği aynı zamanda fototropik ve jeotropik tepkilerin oluşmasında rol oynadıkları tespit edilmiştir.

a. Sitokininler
b. Giberellinler
c. Oksinler
d. Etilenler
e. Hepsi

3. Bir bitki _____ terimi, bir bitki parçasının belirli bir uyarıcıya doğru yönelmesi veya bükülmesi anlamında kullanılır.

a. Tropizim
b. Giberellin
c. Oksin
d. Hepsi
e. Hiçbiri

4. Aşağıdaki bitki hormonlarından hangisinin özellikle cüce türlerde kök uzaması üzerine dramatik etkileri vardır.

a. Giberellinler
b. Oksinler
c. Sitokininler
d. Hepsi
e. Hiçbiri

5. Hem oksinler hem giberellinlerin hücre bölünmesi uyarıcı rol oynadıkları gösterilmişken, bu süreçte direk rol oynayan diğer maddeler ile birlikte görev yaptıkları belirlenmiştir. Hücre bölünmesini organize eden bu maddeler _____ olarak adlandırılırlar.

a. İnhibitörler
b. Etilen
c. Fitokromlar
d. Sitokininler
e. Hepsi

Hayvansal Hormonlar, Sindirim (Gastrointestinal Sistem), Histamin

6. Aşağıdakilerden hangisi endokrin bezlerdir.

a. Adrenal bezler, pankreas, epifiz, muköz
b. Paratiroid, ovaryum, testis, ter bezi
c. Timus, tiroid, adrenal bezler, testis, muköz
d. Ter bezi, pankreas, epifiz, ovaryum, timus
e. Paratiroid, testis, timus, tiroid, adrenal bezler

7. Endokrin bezlerin ürettiği hormonlar hangi yapıdadır.

a. Protein
b. Steroid
c. Amin
d. Protein ve amin
e. Protein, steroid ve amin

8. Bazı hormonlar _____ uyarırlar.

a. Hücresel değişimi
b. Hedef organda bir değişimi
c. Bir grup organda değişimi
d. Tüm vücuttaki hücrelerin aktivitesinin değişimini
e. Hepsi

9. Mide ve bağırsak sırasıyla mide_____ ve bağırsak _____ üretirler. Bu hormonlar kan yoluyla _____ bezlerine taşınırlar. Daha sonra _____ salgılanır.

a. Enterogastron, sekretin, kolesistokinin, pankreozimin
b. Gastrin, enterogastron, kolesistokinin, pankreozimin
c. Kolesistokinin, sekretin, gastrin, enterogastron
d. Mide özsuyu, sekretin, gastrik, enterogastron
e. Gastrin, gastrin, gastrik, mide özsuyu

10. Hasar görmüş dokular _____ salgılarlar. Bu madde kan damarlarının duvarlarındaki kasları gevşetir ve daha geçirgen hâle getirir. Bu şekilde enfeksiyonla savaşmak için daha fazla beyaz kan hücresi ve antikorun hasar görmüş dokuya ulaşmasını sağlar.

a. Histamin
b. Antihistamin
c. İnsulin
d. Glukagon
e. Kortizon

Pankreas, Adrenal Bezler ve Böbrekler, Tiroid

11. Pankreas sadece pankreatik sindirim enzimleri üreterek sindirime yardımcı olmaz, aynı zamanda _____ içerir. Bu da _____ sentezleyerek kandaki _____ konsantrasyonunu düşürür.

a. Adacık hücreleri, insülin, glukoz,
b. Langerhans adacıkları, insülin, glukoz
c. Adrenal bezler, norepinefrin, glikojen
d. a ve b
e. Hepsi

12. İnsülin eksikliği _____ olarak bilinir. Bu durum karaciğer ve kaslarda glukozun glikojene dönüşümünün kontrolünde problem olması ile sonuçlanır.

a. Diyabet
b. Kretinizim
c. Hipotiroidizim
d. Hipertansiyon
e. Hipertiroidizim

13. Pankreas _____ salgılar. Bu _____ ile ters yönde etki ederek, kan glukoz seviyesinin artmasına sebep olur.
a. İnsülin, glikojen
b. İnsülin, glukagon
c. Glikojen, insülin
d. Glukagon, insülin
e. Hiçbiri

14. Her bir böbreğin üst kısmında _____ bulunur.
a. Adrenal bezler
b. Adrenal korteks
c. Adrenal medulla
d. Suprarenal bezler
e. Hepsi

15. Her bir adrenal bez _____ ve _____ oluşmuştur.
a. Dışta adrenal korteks içte adrenal medulla
b. Dışta adrenal medulla içte adrenal korteks
c. Bir tiroid bezi ve paratiroid bezi
d. Ön hipofiz bezi ve arka hipofiz bezi
e. Hiçbirisi

16. _____ hormonları karbonhidrat ve protein metabolizmasını, su ve tuz dengesini ve bazı seksüel fonksiyonları düzenlemektedir.
a. Kortikal
b. Pankreas
c. Tiroid
d. Gastrointestinal
e. Sindirim

17. Adrenal medulla _____ salgılar.
a. Adrenalin
b. Epinefrin
c. Noradrenalin
d. Norepinefrin
e. Hepsi

18. Böbreklerden renin adı verilen bir protein sentezlenir ve bu bir kan proteini ile reaksiyona girerek _____ hormonu meydana getirir. Bu hormon da küçük kan damarlarının kasılmasını uyararak kan basıncını yükseltir.
a. Hipertensin
b. Angiotonin
c. Eritropoietin
d. a ve b
e. Hepsi

19. Dört iyot atomunun eklenmesiyle oluşan ve tiroid bezi tarafından salgılanan primer hormon _____dır.
a. Triiyodotronin
b. Tirokalsitonin
c. Tiroksin
d. Hipotiroid
e. Hipertiroid

20. İyot tiroid fonksiyonlarının düzenli çalışması için gereklidir. Diyette yeterli düzeyde iyot olmadığı zaman _____ ortaya çıkar ve enerji seviyesinde azalmaya sebep olur.
a. Hipertiroidizim
b. Hipotiroidizim
c. Diyabet
d. İodinemi
e. Paratiroidizim

Paratiroidler, Timus, Hipofiz, Hipotalamus

21. Parathormon paratiroidler tarafından sentezlenen bir hormondur, kan ve diğer dokular arasındaki _____ dengesini kontrol eder.
a. Potasyum-fosfat
b. Kalsiyum-sodyum
c. Potasyum-sodyum
d. Sodyum-fosfat
e. Kalsiyum-fosfat

22. Hiperparatiroidizim _____ sebep olur.
a. Kalsiyum bozukluğuna
b. Sinirsel seğirme
c. Spazmlar
d. Konvülsiyon
e. Kemik dokusunda demineralizasyon

23. Hipoparatiroidizim _____ sebep olur.
a. Kalsiyum bozukluğuna
b. Sinirsel seğirme
c. Spazmlar
d. Konvülsiyon
e. Hepsi

24. Timus _____ meydana gelmiştir.
a. Sıkıca paketlenmiş lenfositlerden
b. Fibröz doku ile birarada tutulan lenfositlerden
c. T hücrelerinden
d. Hepsi
e. Hiçbiri

25. Dişi meme bezlerini uyararak süt salgılanmasını sağlayan hormon _____ dır.
a. Adrenokortikotropik hormon
b. Luteinleştirici hormon
c. Progesteron
d. Prolaktin
e. Follikül uyarıcı hormon

26. Ovaryumlardaki korpus luteum _____ salgılar.
a. Adrenokortikotropik hormon
b. Progesteron
c. Antidiuretik hormon
d. Oksitosin
e. Vasopressin

27. Aşağıdaki hormonlardan hangisi böbreği uyararak daha fazla su emilimi yaparak kan dolaşımına vermesini sağlar ve böylece idrar miktarını azaltır.

a. Antidiüretik hormon
b. Progesteron
c. Oksitosin
d. Luteinleştirici hormon
e. Tirotirofik hormon

28. Uterusun kasılması _____ tarafından stimüle edilir.

a. Antidiüretik hormon
b. Vasopressin
c. Oksitosin
d. Melanosit-uyarıcı hormon
e. Büyüme hormonu

29. Hipotalamus vücut duyu organlarından sinirsel uyarıları alarak _____ olarak bilinen hormon benzeri moleküller sentezleyerek kan dolaşımına verir.

a. Antikoagülantlar
b. Kan inceltici moleküller
c. Amonyum iyonları
d. Serbestleştirici faktörler
e. Hepsi

Ovaryum, Testisler

30. Menstrual döngü ve ovaryum döngüsü folikül uyarıcı hormon serbestleştirici faktör ve luteinleştirici hormon serbestleştirici faktör tarafından kontrol edilir ve her ikisi de _____ sentezlenir.

a. Ön hipofiz
b. Arka hipofiz
c. İnfundibulum
d. Hipofiz
e. Hipotalamus

31. Östrojenle birlikte _____ da endometriumun embriyonun implantasyonu için hazırlanmasında rol oynar ve memelerden süt salgılanmasına yardımcı olur.

a. Progesteron
b. Folikül uyarı hormon serbestleştirici faktör
c. Luteinleştirici hormon serbestleştirici faktör
d. Vasopressin
e. Oksitosin

32. _____ yağ dokunun dağılımı, sesin tonlanması, pelvisin genişlemesi ve kılların uzaması gibi karakterlerin yanında uterus ve memeler gibi dişi üreme yapılarının gelişiminde ve düzenlenmesinde rol oynar.

a. Östrojen
b. Folikül uyarı hormon serbestleştirici faktör
c. Luteinleştirici hormon serbestleştirici faktör
d. Tirotropik hormon
e. Hepsi

33. _____ seminifer tüpçüklerini uyararak spermatogenezi başlatır.
a. Folikül uyarıcı hormon
b. Testosteron
c. Relaksin
d. Östrojen
e. Luteinleştirici hormon

34. Doğumdan hemen önce _____ testislerin skrotuma inmesini stimüle eder.
a. Folikül uyarıcı hormon
b. Testosteron
c. Relaksin
d. Östrojen
e. Luteinleştirici hormon

Cevaplar

1. e	10. a	19. c	28. c
2. c	11. d	20. b	29. d
3. a	12. a	21. e	30. e
4. a	13. d	22. e	31. a
5. d	14. e	23. e	32. a
6. e	15. a	24. d	33. a
7. e	16. a	25. d	34. b
8. e	17. e	26. b	
9. e	18. d	27. a	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Hormonlar nedir ve üretildikleri yerden görev yapacakları yere nasıl transfer edilirler?
2. Endokrin ve ekzokrin bezler arasındaki farklar nelerdir?
3. Bitkisel hormonlar nelerdir ve bitkiler üzerinde nasıl etkileri vardır?
4. Bitki fotoperyodu nedir?
5. Hormonlar diyabeti nasıl etkiler açıklayınız?
6. Dişi ve erkek cinsiyet hormonları arasındaki farkları ve benzerliklerini karşılaştırınız.

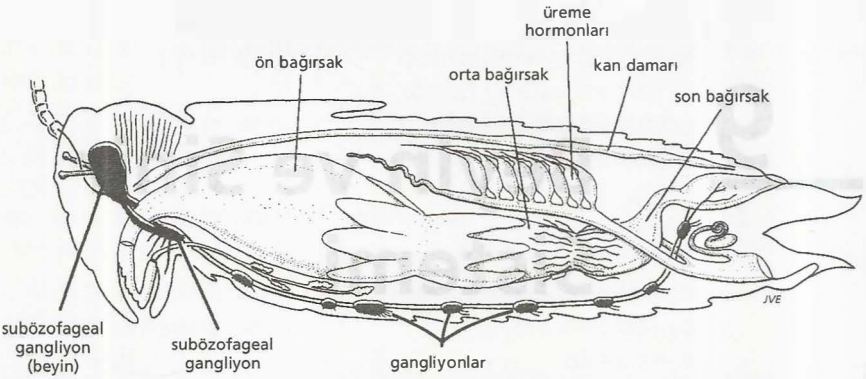
9 Beyin ve Sinir Sistemi

Beyin

Evrimsel olarak, ilkel omurgasızlar şubesi seviyesinin üzerindeki organizmaların büyük çoğunluğu vücutlarının anterior kısmında (ön uç), yüksek miktarda gelen bilgiye tepki veren duyu organları geliştirmiştir. En ön gangliyona veya genişlemiş, organize olmuş, bütünleştirici sinir dokusu kütlesine **beyin** denir. Gelen bilgilerin çoğunun işlenmesinden sorumlu olan beyindir.

Birçok omurgasız türünde, beyin, uzunlamasına sinir kordonlarının geri kalanı boyunca yerleşmiş diğer gangliyalardan daha büyük değildir (bk. Şekil 9.1). Bir omurgasız beyninin, genellikle sinir sisteminin geri kalanı üzerinde ve dolayısıyla vücudunda, aynı boyuttaki bir omurgalı beyni için geçerli olandan çok daha az baskınlığı vardır. Birçok ilkel omurgalıdaki beyin, birçok omurgasız beyninin yerine getirdiğinden çok daha karmaşık görevleri yerine getiremez. Ancak ilk omurgalı beyinleri, omurgalıların diğer organizma gruplarından ayırt edilmesine yardımcı olan beyin gelişmelerinin çoğuna yol açan evrimsel eğilimleri yansıtmaktadır.

Omurgalılarda olduğu gibi yüksek omurgasız hayvanlarda da beyin, genellikle bir uyarı-ve-cevap aygıtından biraz daha küçük olan birçok lokalize, segmentli ganglion ile koordinasyon hâlinde veya bunların yerine fonksi-



Şekil 9.1. Çekirgenin sinir sistemi (beyin ve gangliyonlar gölgelenmiştir).

yon gösterir. Sinir dokusunun bu büyük birikimi, organizmanın geri kalanı üzerinde büyük ölçüde kontrol sağlamak için yeterince büyük miktarda veri alır ve iletir. Beyin ayrıca bu organizmaların birçoğunun öğrenmesini mümkün kılar.

Beyni Saran Zarlar

Beyin, bir zar sistemi, **meningsler** ile korunur. Meningslerin dışında sert, başı koruyan kemikli örtü, **kafatası** olarak adlandırılır. **Kranium**, kafatasının beyni saran kısmıdır. Meningslerin üç tabakasından biri olan **dura mater**, kafatasının hemen altında konumlanır; sert ve fibrözdür. Dura materin hemen altındaki menings, örümcek ağını andıran **araknoid** zardır. Beynin hemen üstündeki ise onu sıkı bir şekilde kaplayan **piamater**dir. Piamater ve araknoid arasındaki, beyni mekanik yaralanmadan koruyan, koruyucu yastık görevi gören **beyin omurilik sıvısıdır.** Beyin omurilik sıvısı aynı zamanda omuriliğin tüm uzunluğuna nüfuz eden merkezî kanalı doldurur, beyin içine kadar uzanır ve beyin, burada **ventrikül** olarak bilinen bir seri beyin omurilik sıvısı dolu bölme oluşturur.

Omurgalı Beyni ve Evrimi

En ilkel omurgalı beyni bile, üç temel bölüme sahiptir; her biri aynı zamanda gelişmiş omurgalı beyninde de bulunur. Bu üç bölmenin en öndekine (anteriorde) ön beyin adı verilir. Ön beyin, **koklama lob-**

ları, serebrum, talamus, hipotalamus ve **hipofizden** oluşur. **Orta beyin** ön beyinle arka beyni birbirine bağlar. Büyük oranda **optik loblardan** oluşur. **Arka beyin, serebellum (beyincik)** ve **medulla oblongata (omurilik soğanı)'**dan oluşur. Beynin bu kısımları aşağıda açıklanmıştır ve hem sayfa 153'te (Şekil 8.3) hem de sayfa 168'de (Şekil 9.2) gösterilmiştir.

Ön Beyin

Ön beyin her zaman koklama duyusu ile ilişkili olan iki koklama lobundan (veya soğanından) oluşur. Ön beynin arka (posterior) kısmı diğer üç ana yapıdan meydana gelir. Talamus, ilkel omurgalıların ön beynindeki en önemli duyusal birleştirici alandır. Gelişmiş omurgalılarda, talamus bu bilginin de bir kısmını birleştirir fakat bu fonksiyonlar evrimsel gelişim aşamalarında büyük oranda serebruma tayin edilmiştir. Ön beynin önemli bir bölümü olan serebrum, duyusal ve motor cevapların yanı sıra bellek, konuşma ve zekâ ile ilişkili pek çok faktörü kontrol eden ana merkezdir. Serebrumun altında, talamusun yakınında, kan basıncı, vücut sıcaklığı, düşmanlık, açlık, acı, zevk, üreme davranışı, susuzluk ve su dengesi gibi visseral fonksiyonları kontrol eden hipotalamus bulunmaktadır.

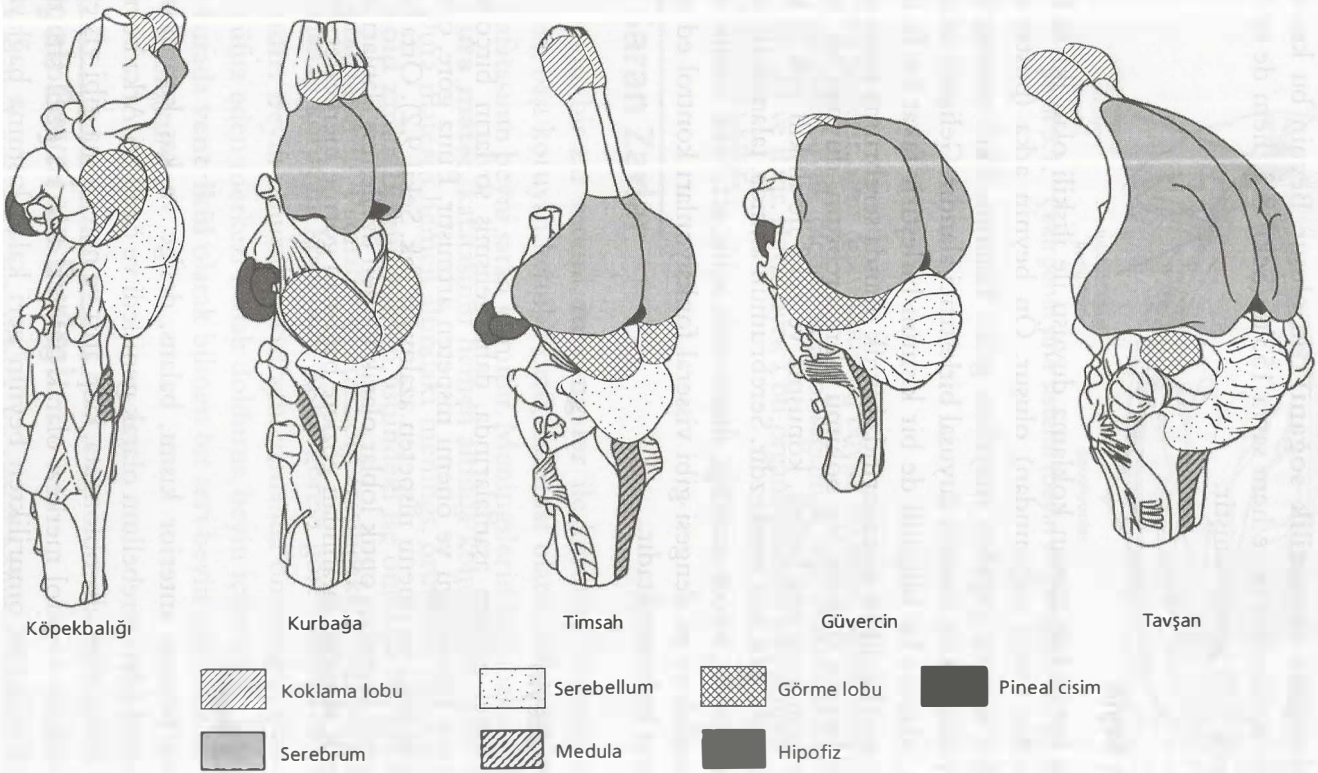
Orta Beyin

Evrimsel gelişim aşamalarında, daha gelişmiş soyların birçoğunda, ön beynin büyüklüğü ve önemi nispeten artmıştır. Buna göre, orta beynin büyüklüğü ve önemi nispeten azalmıştır (bk. Şekil 9.2). Orta beynin en önemli kısımları optik loblar olarak bilinen özelleşmiş alanlarıdır. Bunlar **optik sinirler** tarafından gözlere bağlanan görme merkezleridir.

Arka Beyin

Arka beynin anterior kısmı, balans, denge ve kas koordinasyonunu kontrol eden serebellum olarak genişledi ve özelleşti. Arka beynin ventral kısmı, medulla oblongata, kalp atışı ve nefes alma gibi visseral fonksiyonların kontrol merkezi olarak giderek daha da özelleşmiştir. Burası sinir yollarını omurilikten beynin geri kalan kısmına bağlayan beyin bölgesidir.

Gri madde çoğunlukla hücre gövdeleri ve sinapslardan oluşur. Balıklarda, gri madde öncelikli olarak koku alma loblarından beyne bilgi



Şekil 9.2. Beş omurgalının beyinleri (ölçeğe göre çizilmemiştir) farklı bölümlerin çeşitli boyutlarını göstermektedir.

aktarmada rol alır. Bu nöronları birbirine bağlayan sinapslar, nöronal impulsları fazla birleştirme olmadan hareket ettirerek, impulsları yalnızca iletmekten biraz daha fazlasını yaparlar. Amfibiler daha fazla gri maddeye sahip, bu da beyinlerinin basit bir kanal görevi gördüğünü ve daha çok gelen bilginin birleştiricisi olarak işlev yaptığını gösterir.

Bu iç gri cevher genişlemesine eşlik eden gri madde, beynin iç kısmından **serebral korteks** olarak adlandırılan yüzeye geçti. Amfibilerde ve birçok sürüngende beynin bu yüzey tabakası koklamada rol alır. Bazı durumlarda, bu tabakanın rolü, duyguların kontrolünde görev alabilecek noktaya kadar genişlemiştir. Bazı gelişmiş sürüngenler, kortekse ek bir yapı daha geliştirmişlerdir; bu da ilkel memelilerde ön beynin büyük kısmını kaplayacak şekilde genişleyen **neokorteks**tir. Daha gelişmiş memelilerin neokorteksleri boyut olarak büyümüş ve katlanmış veya kıvrılmış hâle gelmiş ve bu da yüzey alanını arttırmıştır. Bu gerçekleştiğinde, korteksin atasal (koklama) kısmı ön beyinde daha içsel bir konumda yer almıştır.

Hem kuşlar hem de memeliler sürüngenlerden evrimleşmişlerdir fakat kuşlar ilkel bir neokorteksi olmayan sürüngenlerden evrimleşmişlerdir. Sonuç, günümüz kuşlarının, gelişmiş memelilerde bulunan iri, kıvrımlı serebral kortekse sahip olmaması olmuştur. Bunun, kuşların serebrumlarının boyut olarak büyümüş diğer bir parçası olması nedeniyle, kuşların bugünkü kortekslerinin çoğunun bu belirgin biçimde farklı kökeninin davranışlarındaki farklılıkları açıkladığı düşünülmektedir. Kuşlar daha çok doğal tepkilere güvenmektedirler. Daha büyük çapta, memeliler davranışlarının çoğunu deneyimlerine bağlı olarak geliştirir gibi görünmektedirler. Bununla birlikte, davranışla uğraşırken, farklı organizma grupları arasında önemli ölçüde çakışma olmaktadır.

Başlangıçta, orta beyin koordinasyon merkezi olarak önemliydi. Daha sonra, ön beynin talamus bölgesi bu fonksiyonun büyük bir kısmını almıştır. Sonuçta, gelişmiş memelilerin neokorteksleri, orta beyin ve talamus kontrolünün çoğunu aldı ve orta beyni, ön beyin ve arka beyin arasındaki bir bağlantıdan biraz daha fazlası hâline getirdi. Bugünkü ileri omurgalıların orta beyinlerinin birçok refleks ve küçük göz fonksiyonları üzerinde bir miktar kontrolü vardır ve duygusal tepkilerle bir ölçüde etkileşim vardır.

Her ne kadar araştırmacılar beynin hangi bölgelerinin belirli fonksiyonlarda rol aldığına dair büyük gelişme göstermiş olsalar da hâlâ beynin her bir fonksiyonu nasıl yerine getirdiği üzerine çok az bir bilgimiz vardır. Örneğin, beynin hangi bölgesinin belirli hafızaları içerdiğini bilebiliyor olsak da hafızaların nasıl oluştuğunu, neden yapıldıklarını, nasıl kazanıldıklarını ve birleştirildiklerini hâlâ hiçbir kesinlik düzeyinde söyleyemiyoruz.

Sinir Sistemi

Nöronlar, vücudun en heyecan verici hücrelerinden biridir. Grup olarak, birbirlerine, kaslara ve endokrin organlara (hormon-salgılayan bezler) mesaj ileten, geniş bir aralıkta elektriksel, kimyasal, termal veya mekanik uyarılara cevap verirler. Birlikte, bütün nöronlar ve destek hücreleri (**glia hücreleri) merkezî sinir sistemini** oluşturmaktadır.

Nöronlar süngerlerde (Porifera şubesi) veya daha ilkel organizmalarda bulunmaz. İlk nöronlar denizanası, hidra ve anemonları kapsayan sölenterlerde (Cnidaria ya da Coelenterata şubeleri) görülür. Bütün organizmalar içinde, sölenterler sadece iki tip sinir hücresi ile en basit sinir düzeneğine sahiptir: **Reseptör-iletken hücreler** (uyarılara tepki veren ve onu **akson** olarak adlandırılan nöronun uzun kısmı boyunca aktaran, **duyusal sinir uçlarının** ucundaki **reseptör bölgelerine** sahip olanlar) ve **efektör hücreler** (uyartı onlara ulaştığında kasılanlar). Bunlar, gelişmiş organizmalarda görülen esnek tepkilere olanak sağlayan alternatif nöron tiplerinin hiçbirine sahip değildirler.

Bir sinir sisteminde nöronların sayısı arttıkça, bir hayvanın gösterebildiği davranışsal tepkilerinin karmaşıklığı da artar. Bir nöron yakındaki diğer nöronlarla, o da diğer nöronlarla iletişim kurduğundan dolayı, toplam nöron sayısı arttıkça olası nöron bağlantılarının toplam sayısı da katlanarak artar.

Yuvarlak solucan (Nematoda şubesi) çok az hareket eden bir organizmadır. Sadece 160 nöronu vardır. Sülük (Annelida şubesi) biraz daha hareketli olup yaklaşık 13.000 sinir hücresi vardır. Hareket ve davranışları üzerinde oldukça büyük bir kontrolü olan ahtapotun (Kordalılar şubesi) 1 milyardan fazla nöronu vardır. Ve insanların (Chordata şubesi) 10 milyardan fazla nöronu vardır.

Sinir Sisteminin Evrimi

Sinir Ağı

Birçok ilkel omurgasız grubu sinir sisteminden yoksun olsa da knidliler (cnidaria) **sinir ağı** denilen basit bir sinir sistemine sahiptir. Sinir ağı, belirgin bir merkezî kontrol olmaksızın birbiriyle bağlı nöron ağı olup, diğer nöronlar boyunca genelleştirilmiş bir reaksiyonu iletmek için ilk uyartının gücüne dayanır. Sonuçta, diğer hücrelerin kasılması ve sonra gevşemesine yol açabilir, bu da basit organizmaların oldukça

karmaşık yaşam öyküsünü muhafaza etmesini mümkün kılan çeşitli tepkilere yol açar.

Yönlendirilmiş Hareket

Denizanaları, deniz anemonları ve mercan gibi knidliler, başarılı bir organizma grubunu temsil eder fakat organizmanın merkezden düzenli bir biçimde yayılan benzer parçalara sahip olduğu **radyal simetri**, evrimsel bir çıkmaz hâline geldi. Bununla birlikte, yassı solucanlar (Platyhelminthes şubesi) sinirsel organizasyonda önemli bir ilerlemeyi temsil etmektedirler. Yassı solucanlarda belirgin bir üst ve alt, ön ve arka kısım, baş ve kuyruk vardır. Yassı solucanlar, sabit (sesil, yüzeye bağlı) olmaları veya rastgele sürüklenmelerinden ziyade, hareketlerinin yönünü kontrol ederler; bunlarda **yönlendirilmiş hareket** vardır.

Yönlendirilmiş hareketi olan bu tür gruplar arasında, doğal seleksiyon, ön bölgedeki nöronların kümelenmesini destekledi; gelen bilgiler diğer nöronlara aktarılmadan önce işlenebildi. Bu tür nöron kümeleri **ganglia** (tekil: Ganglion) olarak bilinir.

Bir vücut ekseni ve yönlendirilmiş hareketi olan (ve temelde küresel olmayan) hayvanların oluşumuna yönelik evrimsel eğilim ön bölgenin nöronal gelişimine yol açtı. Bu yönlendirilmiş ve lateral düzenleme, **bilateral simetri** olarak adlandırılır. Bu tür organizmaların anterior bölgeleri kafalarıdır. Başta bulunan, tüm sinir sistemi üzerinde ve dolayısıyla vücudun büyük kısmında önemli bir kontrol sağlayan büyük gangliyon, genellikle beyin olarak adlandırılır. Bu tür organizmaların merkezî bir sinir sistemine sahip olduğu söylenir.

Nöronlar

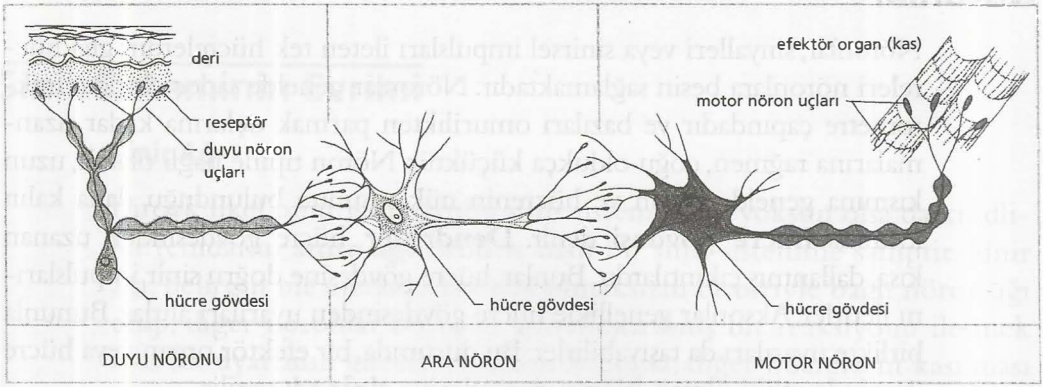
Nöronlar, sinyalleri veya sinirsel impulsları ileten tek hücrelerdir; glia hücreleri nöronlara besin sağlamaktadır. Nöronlar genelde sadece birkaç mikrometre çapındadır ve bazıları omurilikten parmak uçlarına kadar uzanmalarına rağmen, çoğu oldukça küçüktür. Nöron tipine bağlı olarak, uzun kısmına genelde akson ve hücrenin nükleusunun bulunduğu daha kalın kısmına **hücre gövdesi** denir. **Dendritler**, hücre gövdesinden uzanan kısa, dallanmış çıkıntılardır. Bunlar, hücre gövdesine doğru sinir impulslarını iletirler. Aksonlar genellikle hücre gövdesinden uyarıları alırlar. Bununla birlikte uyarıları da taşıyabilirler. Bu durumda, bir efektör organ veya hücre üzerinde etkisi olmaz. Nöron demetlerine **sinir** adı verilir.

Knidlilerin sinir lifleri yukarıda tarif edilen genel nörondan daha ilkeldir; onlar dendritler ve aksonlar şeklinde farklılaşmamıştır. Uyarılar her iki yöne, sinir ağı boyunca rastgele hareket ederek iletilir.

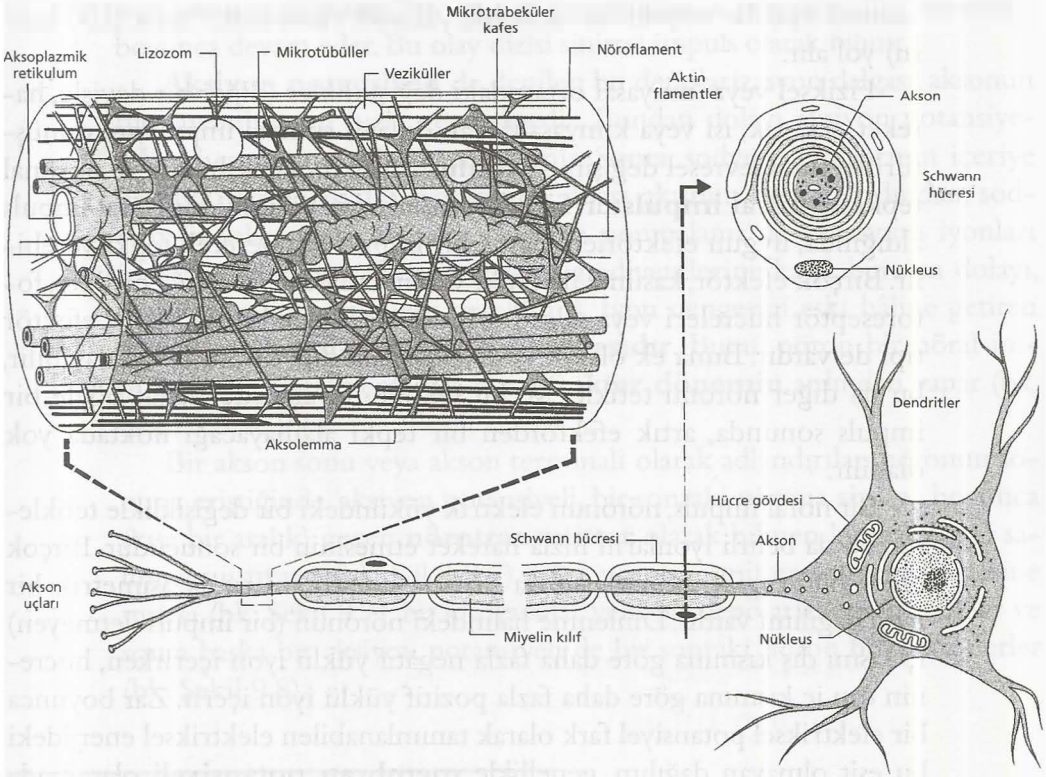
Nöronal tepkiler, gelen birçok sinyali toplama ve bilgiyi birleştirme becerisini içerir. Bu, birlikte 3 temel tip nöronla sağlanır. **Duyusal nöronlar**, çevresel değişimle ilgili bilgileri beyin veya omurilik gibi birleştiren merkezlerine taşırlar. **İnternöronlar** (veya **ara nöronlar**) birleştirici merkezlerin başlıca bileşenleridir. Bunlar bir nörondan diğerine mesaj iletir. Kompleks hayvanlardaki birçok nöron bu kategoridedir. **Motor nöronlar** impulsları birleştiren merkezlerden kaslara veya salgı bezlerine taşırlar (bk. Şekil 9.3).

Nöronlarla ilişkili farklı glia hücre türleri vardır. Birlikte, tüm glia hücreleri, sinir sisteminin hacminin en az yarısını oluşturan **nöroglia** olarak bilinirler. Bazı aksonlar, nörona beslenme sağlayan bir tür glia hücresi olan **Schwann hücresi** tarafından çevrelenmiştir (bk. Şekil 9.4). Bazı Schwann hücrelerinin plazma membranları belirli akson ve sinirleri kuşatır. Bu tip membranlara **miyelin kılıf** denir. Miyelin kılıf, yağ izolasyonunu andırmaktadır ve sinir uyarılarının aksonlar boyunca iletilme hızını artırma ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. **Ranvier boğumları** bu tip aksonlar boyunca aralıklarla oluşur. Bunlar, bir Schwann hücresinin bitip bir sonrakinin başladığı yerdeki dar bağlantı bölgeleridir.

Beyin ve omurilikte, miyelinli aksonlardan oluşan sinir dokusunun çoğuna **beyaz madde** denir çünkü miyelinli aksonlar beyazımsı gö-



Şekil 9.3. Duyu, ara ve motor nöronları ve birbiriyle ilişkileri.



Şekil 9.4. Mikroyapısal detaylaryla bir sinir hücresi ve ilişkili Schwann hücreleri.

rünür. Beynin yağlı bir kılıfı olmayan aksonlardan oluşan sinir dokusunun çoğuna gri madde denir.

Sinirsel Uyarı

Hem endokrin sistemi (hormon salgılayan bezler ve ürünleri) hem de sinir sistemi, vücut aktivitelerinin birçoğunu bir organizmanın yaşamı boyunca yaptığı şeylerin çoğunu düzenleyip birleştirerek kontrol eder. Sinir sistemi ile endokrin sistem arasındaki temel işlevsel farklılıklardan biri, sinir sisteminin tepki verme hızıdır. Hormonlar (kan yoluyla hareket eden) daha yavaş tepki verirken sinirsel bir impuls, bir saniyenin çok altındaki bir sürede tüm organizmayı tamamen katedebilir. Bir sinirsel impulsun miyelinli sinirler üzerinden geçme hızı yaklaşık 200 km/sn'dir.

Sinirsel uyarılar miyelinsiz sinirlerde yaklaşık yarısı kadar hızla (100 km/sn) yol alır.

Fiziksel veya kimyasal ortamdaki değişiklikler (diğer bir deyişle, hareket, ses, ışık, ısı veya kimyasallardan dolayı) sinirsel impulslara dönüştürülebilir. Çevresel değişim **stimulus** (uyartı) olarak bilinir ve nöronal tepki ise **nöral impuls**tur. Sinir sisteminin bir bölümü bir nöral impuls aldığında, uygun efektörlere başka bir impuls göndererek tepki verebilir. Birçok efektör, kasılma ile tepki veren kaslardır. Bununla birlikte, fotoreseptör hücreleri veya salgı bezi hücreleri gibi birçok farklı efektör tipi de vardır. Buna ek olarak, sinirsel impuls diğer nörona da ulaşabilir, bu da diğer nöronu tetikler ve bu şekilde devam eder fakat böyle bir impuls sonunda, artık efektörden bir tepki alamayacağı noktada yok olabilir.

Bir nöral impuls, nöronun elektrik yükündeki bir değişiklikle tetiklenir, bu da belirli iyonların hızla hareket etmesinin bir sonucudur. Birçok diğer hücre gibi, nöronların da plazma membranlarında asimetrik bir iyon dağılımı vardır. Dinlenme hâlindeki nöronun (bir impuls iletmeyen) iç kısmı dış kısmına göre daha fazla negatif yüklü iyon içerirken, hücrenin dışı iç kısmına göre daha fazla pozitif yüklü iyon içerir. Zar boyunca bir elektriksel potansiyel fark olarak tanımlanabilen elektriksel enerjideki bu eşit olmayan dağılım, genellikle **membran potansiyeli** olarak adlandırılır ve nöronun tüm uzunluğu boyunca bir impuls iletme kabiliyeti için kritiktir.

Dinlenme hâlindeki nöronun akson içinde, öncelikli olarak negatif klor iyonlarından (Cl^-) kaynaklanan net bir negatif yükü ve nöronun dışında pozitif yüklü yüksek sodyum iyonu konsantrasyonu (Na^+) vardır. Nöronun içinde negatif yüklü klor atomlarıyla birlikte, pozitif yüklü potasyum iyonları (K^+) da vardır. Yeterince kuvvetli bir nöronal uyartı üzerine, bir tepki veya bir **sinirsel impuls** başlatılır. Bu tür tepkileri harekete geçirmek için gereken uyartı yoğunluğuna **eşik** denir.

Nöronun uyarıldığı bölgede, membran başlangıçta sodyum iyonlarına daha geçirgen hâle gelir ve bunlar da membrandan hücrenin iç kısmına doğru geçer ve hücre içinde aniden hücrenin dışına nazaran biraz daha fazla pozitif yük oluşturur. Membran ayrıca hücrenin dışına göre biraz daha fazla pozitif yüklü hâle gelir. Membran potansiyelindeki bu değişikliğe **depolarizasyon** denir.

Nöron sodyum iyonlarına karşı daha geçirgen hâle geldiğinde, potasyum iyonlarına karşı da daha geçirgen olur. Böylece, sodyum iyonlarının girişini izleyen saniyenin çok altındaki bir süre içerisinde, potasyum iyonları hücrenin dışına çıkar. Pozitif yüklü iyonların bu çıkışı hücrenin içindeki yükle birlikte zarın yükünü başlangıçtaki negatif yüke geri çevirir. De-

polarizasyon, nöronun bir ucunda başlatıldığında, nöronun tüm uzunluğu boyunca devam eder. Bu olay dizisi sinirsel impuls olarak bilinir.

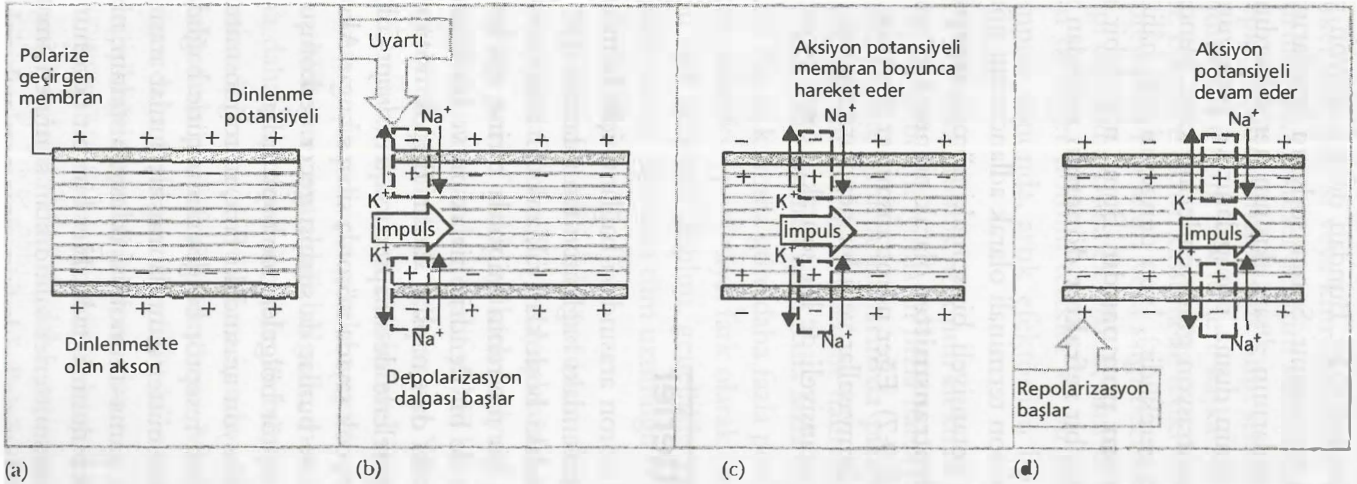
Aksiyon potansiyeli de denilen bu depolarizasyon dalgası, aksonun tüm uzunluğunu hızla geçmektedir. Bundan dolayı aksiyon potansiyeli "ya hep ya hiç" olarak tanımlanır. Sonra, sodyum iyonlarının içeriye hücumu ve potasyum iyonlarının dışarı akışının hemen ardından, sodyum iyonları sinir hücresinin dışına pompalanır ve potasyum iyonları içeriye pompalanır (konsantrasyon gradiyentlerine karşı, bundan dolayı, aktif transport için enerji gereklidir). İyon dengesini eski hâline getiren pompa, **sodyum-potasyum pompasıdır**. Bunu, nöron bir nöral impuls yapamayacağı çok kısa bir **refrakter dönemin** ardından yapar (bk. Şekil 9.5 ve 9.6).

Bir akson sonu veya akson terminali olarak adlandırılan nöronun sonuna eriştiğinde, aksiyon potansiyeli, bir sonraki nörona **sinaps** boyunca (kısa bir aralık) geçen **nörotransmitter** olarak bilinen kimyasalların salınmasını uyarır (bk. Şekil 9.7). Eğer nörotransmitter reseptör bölgesine uyarsa (bk. Şekil 9.7), bu kimyasallar yeni bir depolarizasyonu tetikler ve sonra başka bir aksiyon potansiyeli de bir sonraki nöron boyunca ilerler (bk. Şekil 9.8).

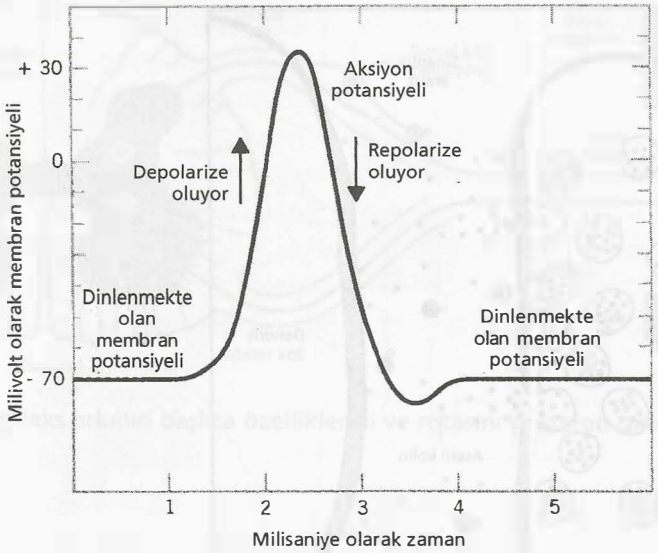
Sinaps ve Nörotransmitterler

"Sinaps" terimi, hem iki nöron arasındaki bağlantı için hem de bir nöron ile etki ettiği hücre arasındaki bağlantıyı tanımlamak için kullanılır. Sinapstaki hücreler arasındaki boşluklar yaklaşık 20 nanometre genişliğindedir (bir nanometre, bir metrenin milyarda birine eşit bir uzunluk birimidir). Bir akson ucu ile bir dendrit, bir akson ve bir hücre gövdesi ve bazen iki akson arasında da sinapslar vardır. Birçok nöron kaslar ve salgı bezleri gibi diğer hücrelerle de sinaps kursa da (*sinaps* fiil olarak da kullanılabilir) çoğu nöron, çok sayıda nöronla sinaps kurar. Aksonlar nörotransmitterleri üretirler ve bunlar da sinapsı geçer ve komşu nöronun dendritleri üzerindeki reseptör bölgelerinde toplanırlar.

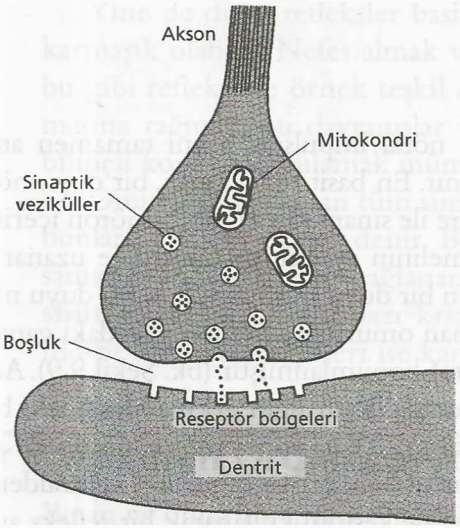
İnhibisyon veya stimülasyon arasındaki fark, nörotransmitterin miktarının ve türünün yanı sıra reseptör bölgesinin türüne bağlıdır. Şu ana kadar 10'dan fazla nörotransmitter tanımlanmıştır; bunlar arasında asetilkolin, dopamin, glutamat, gama-aminobütirik asit, histamin, nitrik oksit, noradrenalin ve serotonin bulunmaktadır. Her biri bir nöronun tepkisini etkiler. Normalde, nörotransmitterler salındıktan sonra enzimatik olarak hızla parçalanır fakat sakinleştiriciler, kafein, sinir gazı, pek çok insektisit ve kürar (Güney Amerika'da zehirli oklarda kullanılan kimyasal) nörotransmitter üretimini uyararak veya geciktirerek, bir reseptör bölgesine



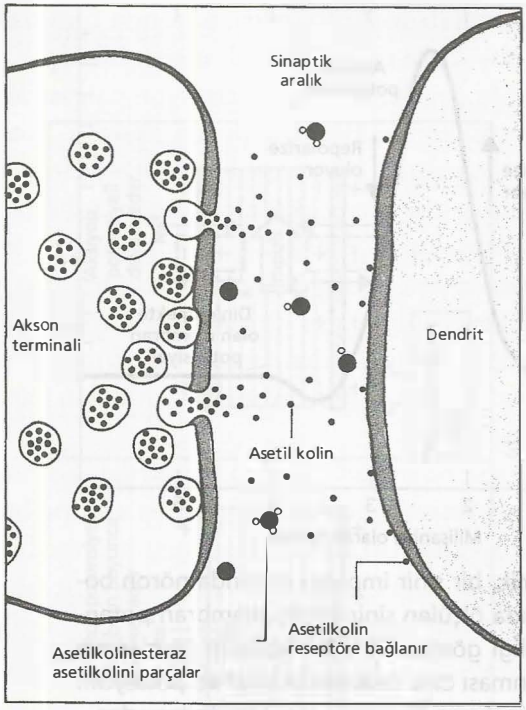
Şekil 9.5. Nöronun küçük bir bölümü boyunca gösterilen bir sinir impulsunun başlatılması ve iletilmesi. (a) Dinlenmekte olan sinir lifi; (b) impuls, sodyum iyonlarının (Na^+) hücrenin içine girmesi ve potasyum iyonlarının (K^+) hücreden dışarıya çıkmasıyla gerçekleşen hücre zarının depolarizasyonu ile başlar; (c) depolarizasyon dalgası sinir lifleri boyunca hareket eder; (d) impuls aktarıldıktan sonra, membran sodyum iyonlarını pompalayarak repolarize olur.



Şekil 9.6. Bu grafik, bir sinir impulsu sırasında nöron boyunca bir lokasyonda ölçülen sinir lifinin membran potansiyelindeki değişikliği göstermektedir. Sodyum iyonlarının hücrenin içine taşınması onu depolarize eder ve potasyum iyonlarının hücrenin dışına taşınması onu repolarize eder.



Şekil 9.7. İki nöron arasındaki boşluk, bir sinaps. Nörotransmitterler sinaptik veziküllerden salınır ve reseptör bölgeleri tarafından alınırlar.

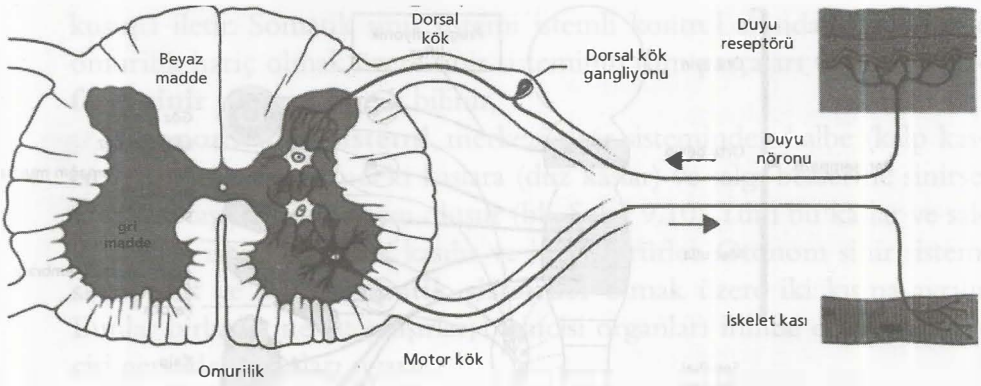


Şekil 9.8. Nörotransmitter moleküller reseptör bölgelerine bağlandıktan sonra, spesifik enzimler tarafından aktiviteleri durdurulur.

bağlanarak veya normalde nörotransmitterleri parçalayan enzimleri etkileyerek, nörotransmitterlere müdahale edebilir.

Refleks Arkları (Yayları)

Bir **refleks arkı** genelde tüm nöral impulsun beyni tamamen atlattığı küçük bir nöron grubuna dayanır. En basit refleks arkı, bir duyu nöronu, bir ara nöron ve bir efektör hücre ile sinaps kuran motor nöron içerir. Her bir refleks arkı, büyük bir memelinin ayağından omuriliğe uzanan gibi, bazen son derece büyük olabilen bir duyu nöronu içerir. Bu duyu nöronlarının hücre gövdeleri her zaman omuriliğin hemen dışındaki ganglionlarda **(dorsal kök ganglionları)** konumlanmıştır (bk. Şekil 9.9). Aksonlar omuriliğe dorsalden girer, burada omuriliğin gri maddesindeki birçok ara nöronla bağ yapar (sinaps kurar). Daha sonra motor nöron ile sinaps kurarlar (bu da omuriliğin gri maddesinde) ve omuriliği ventralden terk eder. Şekil 9.9, bir omuriliğin enine kesitini kullanarak bir refleks arkının yolunu göstermektedir.



Şekil 9.9. Bir refleks arkının başlıca özelliklerini ve rotasını gösteren omuriliğin enine kesiti.

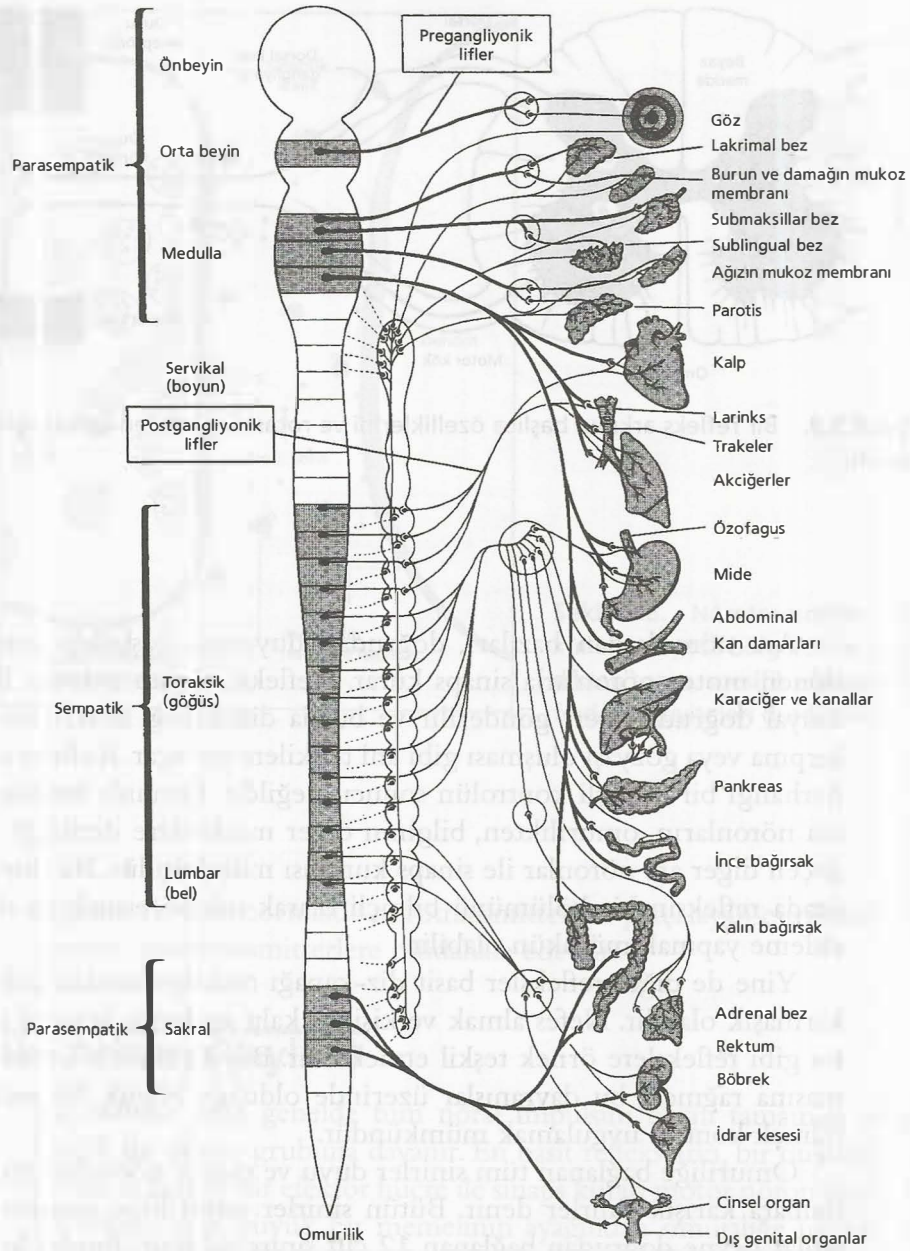
Ara nöronlardan bazıları, doğrudan duyunun başladığı yere geri dönen motor nöronlarla sinaps kurar. Refleks arkının avantajı hızıdır. Sinyal doğrudan geri gönderilir ve bu da diz-kapağı reaksiyonu, göz kırpma veya gözyaşı oluşması gibi ani tepkilere yol açar. Refleks arkları, herhangi bir bilinçli kontrolün sonucu değildir. Bununla birlikte, bazı ara nöronların, omurilikten, bilginin diğer merkezlere iletildiği beyne geçen diğer ara nöronlar ile sinaps kurması mümkündür. Bu durumda, orada refleksin bir bölümünü bilinçli olarak inhibe etmek ya da ona ekleme yapmak mümkün olabilir.

Yine de diğer refleksler basit diz-kapağı reaksiyonundan çok daha karmaşık olabilir. Nefes almak ve kişinin kalp atışlarını kontrol etmesi bu gibi reflekslere örnek teşkil etmektedir. Büyük ölçüde istemsiz olmasına rağmen, bu davranışlar üzerinde oldukça büyük bir miktarda bilinçli kontrol uygulamak mümkündür.

Omuriliğe bağlanan tüm sinirler duyu ve motor nöronları içerir ve bunlara karışık sinirler denir. Bütün sinirler omurilikle kesişmez. İnsanlar beyne doğrudan bağlanan 12 çift sinire sahiptir. Bunlar **kranial sinirler** olarak bilinir; bazı kranial sinirleri sadece duyu veya sadece motor nöronlar, diğerleri ise karışık nöronlar içerir.

Sinir Sisteminin Organizasyonu

Beyin ve omurilik merkezî sinir sistemini oluşturur. **Somatik sinir sistemi** merkezî sinir sisteminde işlenmiş sinirsel uyarıları iskelet kası do-



Şekil 9.10. Otonomik sinirler, organlarda ve bezlerde bulunan düz kasları innerve eder. Çoğu organ sinir sisteminin sempatik ve parasempatik kısımlarından innervasyon alır.

kusuna iletir. Somatik sinir sistemi istemli kontrol altındadır. Beyin ve omurilik hariç olmak üzere sinir sisteminin tüm parçaları topluca **periferal sinir sistemi** olarak bilinir.

Otonom sinir sistemi, merkezî sinir sisteminden kalbe (kalp kasları), sindirim sistemindeki kaslara (düz kaslar) ve salgı bezlerine sinirsel uyarıları taşıyan sinirlerden oluşur (bk. Şekil 9.10). Tüm bu kaslar ve salgı bezleri istemsiz olarak kasılır ve işlev görürler. Otonom sinir sistemi **sempatik** ve **parasempatik sistemler** olmak üzere iki kısma ayrılır. Bunlar birbirlerine zıt çalışırlar; birincisi organları inhibe ederken, ikincisi genelde organları uyarır.

ANAHTAR TERİMLER

Aksiyon potansiyeli
Araknoid
Ara nöronlar
Otonom sinir sistemi
Akson
Bilateral simetri
Beyin
Hücre gövdesi
Merkezî Sinir Sistemi
Serebellum
Serebral korteks
Beyin omurilik sıvısı
Serebrum
Kranial sinirler
Kranium
Dendritler
Depolarizasyon
Yönlendirilmiş hareket
Dorsal-kök ganglionları
Duramater
Efektör hücreler
Ön beyin
Ganglionlar
Glia hücreleri
Gri madde
Arka beyin
Hipotalamus
Ara nöronlar
Medulla oblongata
Membran potansiyeli
Meningsler
Orta beyin
Motor nöronlar
Miyelin kılıf
Neokorteks
Sinir ağı
Sinirler
Sinirsel impuls
Nöral impuls
Nöroglia
Nöronlar
Nörotransmitterler

Ranvier boğumları
Koklama lobları
Optik loblar
Optik sinirler
Parasempatik sinir sistemi
Periferal sinir sistemi
Piamater
Hipofiz
Radyal simetri
Reseptor-iletken hücreler
Reseptor bölgeleri
Refleks arkı
Refrakter dönem
Schwann hücresi
Duyu siniri uçları
Duyu nöronları
Kafatası
Sodyum-potasyum pompası
Somatik sinir sistemi
Uyartı
Sempatik sinir sistemi
Sinaps
Talamus
Eşik
Ventriküller
Beyaz madde

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Beyin ve Membranları

1. Beyin _____ olarak bilinen bir membran sistemi ile korunmaktadır.
   a. Ventriküller
   b. Koklama kılıfları
   c. Oblongata
   d. Meningsler
   e. Medullalar

2. _____ yalnızca beyni koruyan kafatası bölümüdür.
   a. Dura mater
   b. Araknoid
   c. Piamater
   d. Beyin omuriliksıvısı
   e. Kranium

3. Omurilik, beynin içine uzanan ve içi beyin omurilik sıvısı ile dolu _____ olarak adlandırılan bir seri içi çukur bölmeler hâline gelen merkezî bir kanala sahiptir.
   a. Ventriküller
   b. Dura mater
   c. Piamater
   d. Meningsler
   e. Talamus

4. Kafatasının hemen altında bulunan, sert ve fibröz yapıdaki ilk menings _____ dır.
   a. Dura mater
   b. Piamater
   c. Ventrikül
   d. Talamus
   e. Gri madde

5. Piamater ve araknoid arasında bulunan ve bütün bölgeyi kaplayan _____, beyni mekanik hasardan korumak için bir destek görevi görür.
   a. Albumin
   b. Ovalbumin
   c. Lenf
   d. Beyin omurilik sıvısı
   e. Protoplazma

6. Beynin koklama soğanları, serebrum, talamus, hipotalamus ve hipofizi kapsayan kısmı _____ dır.
   a. Ön beyin
   b. Orta beyin
   c. Arka beyin
   d. Medullaoblongata
   e. Serebellum

7. Serebellum ve medulla oblongata _____'nn kısımlarıdır.
   a. Ön beyin
   b. Orta beyin
   c. Arka beyin
   d. Talamus
   e. Hipotalamus

8. İlkel omurgalılarda ön beyindeki en önemli duyusal birleştirici alan _____ dır.
   a. Koklama soğanları
   b. Medullaoblongata
   c. Serebellum
   d. Talamus
   e. Hipotalamus

9. _____ kan basıncı, vücut sıcaklığı, düşmanlık, açlık, ağrı, zevk, üreme davranışı, susuzluk ve su dengesi gibi visseral fonksiyonları kontrol eder.
   a. Talamus
   b. Hipotalamus
   c. Medullaoblongata
   d. Koklama soğanları
   e. Serebrum

10. _____ balans, denge ve kas koordinasyonunu kontrol eder.
    a. Talamus
    b. Hipotalamus
    c. Gri madde
    d. Koklama soğanları
    e. Serebellum

11. Hücre gövdeleri ve sinapslardan oluşan beyin bölgesi _____ olarak bilinir.

a. Optik sinirler
b. Optik loblar
c. Koklama soğanları
d. Beyaz madde
e. Gri madde

Sinir Sistemi, Sinir Sisteminin Evrimi, Nöronlar, İmpulslar, Sinaps, Nörotransmitterler ve Refleks Arkları

12. Bütün nöronlar ve destekleyici hücreleri birlikte _____'yı oluşturur.

a. Glia hücreleri
b. Miyelin kılıf
c. Sinir ağı
d. Sinir sistemi
e. Merkezî sinir sistemi

13. Cnidaria şubesinin üyeleri arasında merkezî bir kontrolden yoksun olan sinir sistemini oluşturan birbirine bağlı nöron ağı _____ olarak bilinir.

a. Merkezî sinir sistemi
b. Ganglion
c. Beyin
d. Akson
e. Sinir ağı

14. Yassısolucanların bir üst ve alt, bir ön ve arka, bir baş ve kuyrukları vardır; bu tip vücut yapısı _____ olarak bilinir.

a. Radyal simetri
b. Lateral simetri
c. Bilateral simetri
d. Trilateral simetri
e. Asimetri

15. Evrimsel olarak süngerlerden daha üstte yer alan bütün hayvanların _____'ları vardır.

a. Radyal simetrik düzenlenme
b. Bilateral simetrik düzenlenme
c. Sinir ağı
d. Tentakül
e. Sinir sistemi

16. Reseptör hücreler uyartı _____.

a. Alırlar
b. İletirler
c. Hızlandırırlar
d. Yavaşlatırlar
e. Dolaştırırlar

17. İletken hücreler uyartıları _____ için özelleşmişlerdir.

a. İletmek
b. Durdurmak
c. Yavaşlatmak
d. Hızlandırmak
e. Birleştirmek

18. Efektör hücreler genellikle _____ ya da _____'dırlar.
a. Kas, kemik
b. Kemik, salgı bezi
c. Salgı bezi, kas
d. Yukarıdakilerin hiçbiri
e. Yukarıdakilerin hepsi

19. Bütün sinir sistemi artan tepki esnekliği açısından daha karmaşık hâle geldiğinde _____'ya yönelik bir eğilim vardı.
a. Özelleşme
b. Sefalizasyon
c. En aza indirme
d. En yükseğe çıkarma
e. a ve b

20. Nöronun hücre çekirdeğini içeren kısmına _____ denir.
a. Akson
b. Dendrit
c. Hücre gövdesi
d. Glia hücresi
e. Miyelin kılıf

21. _____ ler genellikle hücre gövdesinden uzanan, kısa, dallanmış çıkıntılardır.
a. Perikaryonlar
b. Dendritler
c. Hücre gövdeleri
d. Schwann hücreleri
e. Aksonlar

22. Toplam hacim açısından bütün glia hücreleri sinir sisteminin yaklaşık _____ kadar kısmını oluşturur.
a. Yüzde 10
b. Yüzde 25
c. Yüzde 50
d. Yüzde 75
e. Yüzde 100

23. _____ ların tamamı nöroglia olarak bilinir.
a. Glia hücreleri
b. Nöronlar
c. Aksonlar
d. Hücre gövdeleri
e. Dendritler

24. Aksonların bazıları onlara besin ve belki de başka bir şekilde destek sağlayan _____ tarafından çevrelenmiştir.
a. Schwann hücreleri
b. Hücre gövdeleri
c. Perikaryonlar
d. Sinirler
e. Ranvier boğumları

25. _____ belirli aksonların etrafında sarılı, yağlı izolasyona benzer.
a. Miyelin kılıf
b. Ranvier boğumları
c. Ganglionlar
d. Duyu nöronları
e. Ara nöronlar

26. Miyelinli aksonlar görünüşte _____ dırlar.
a. Yeşilimsi
b. Kırmızımsı
c. Mavimsi
d. Grimsi
e. Beyazımsı

27. İki veya daha fazla nöron arasındaki bağlantıya _____ denir.
a. Nöralimpuls
b. Nörotransmitter
c. Sinaps
d. Dorsal-kök ganglionu
e. Sinir kavşağı

28. Elektriksel impulsunsinaps boyunca hareketi _____ olarak bilinen özel kimyasallar gerektirmektedir.
a. Nöralimpulslar
b. Nörotransmitterler
c. Sinaps atlayıcıları
d. Dorsal-kök ganglionu
e. Sinir kavşağı

29. Bireysel akson kümelerine _____ adı verilir.
a. Sinapslar
b. Duyu nöronları
c. Sinirler
d. Gri madde
e. Ara nöronlar

30. Her bir refleks yayında, hücre gövdelerinin omuriliğin hemen dışındaki _____ bölgesinde bir adet duyu nöronu bulunur.
a. Motor nöron
b. Ara nöron
c. Omurilik
d. Dorsal-kök ganglionu
e. Gri madde

31. Beyin ve omurilik dışındaki sinir sisteminin bütün kısımları bütün olarak _____ olarak bilinir.
a. Afferent sistem
b. Efferent sistem
c. Periferal sinir sistemi
d. Somatik sinir sistem
e. Otonom sinir sistemi

32. _____, sinirsel impulsları merkezî sinir sisteminden düz kaslara, kalp kasına ve salgı bezlerine taşıyan sinirlerden oluşur.
a. Afferent sistem
b. Efferent sistem
c. Periferal sinir sistemi
d. Somatik sinir sistem
e. otonom sinir sistemi

33. Parasempatik sistem genellikle bir _____.
a. Organı inhibe eder
b. Organı uyarır
c. Organa lenf taşır
d. Organdan lenf taşır
e. a ve b

34. Parasempatik sistem genellikle belirli bir _____.
    a) Organı inhibe eder
    b) Organı uyarır
    c) Organa lenf taşır
    d) Organdan lenf taşır
    e) a ve b

Cevaplar

1. d	10. e	19. e	28. b
2. e	11. e	20. c	29. c
3. a	12. d	21. b	30. d
4. a	13. e	22. c	31. c
5. d	14. c	23. a	32. e
6. a	15. e	24. a	33. a
7. c	16. a	25. a	34. b
8. d	17. a	26. e	
9. b	18. c	27. c	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Omurgalı beynini hangi koruyucu tabakalar sarar?
2. Omurgalı beyinleri temel yapı olarak nasıl benzerlik gösterir?
3. "Ön beyin", "orta beyin" ve "arka beyin" terimleri neye atfedilir?
4. Gri ve beyaz madde arasındaki fark nedir?
5. Üç temel tip nöron hangileridir?
6. Miyelin kılıfı tanımlayıp fonksiyonunu açıklayınız.
7. Ya hep ya hiç prensibi nedir?
8. Salındıktan hemen sonra nörotransmitterlere ne olur?
9. Bir sinirsel impuls bir nöronu nasıl geçer?

10 Kemikler ve Kaslar

Kemikler

Kaslar ve **kemikler** birlikte çalışır. Kemikler, yapısal destek sağlayan, kasların bağlanma bölgelerini oluşturan ve organları koruyan **iskelet sistemini** oluşturur. **Kemik doku** veya daha sık kullanılan tabir ile kemik, sertlik sağlayan **kalsiyum fosfat** ve **kalsiyum karbonat** içeren hücrelerarası alana yayılmış bir matriks içeren **kolajen fibrilleri** ve hücrelerden oluşmuştur. Hep birlikte, bu yapılar kemiğin ağırlığının üçte ikisini oluştururken, bu yapıyı sağlamlaştıran kolajen fibrilleri üçte birini oluşturur.

Kemiklere ek olarak, diğer önemli bağ doku elemanı ise birçok iskelet sisteminde bulunan **kıkırdaktır**, kemiklerden farklı olarak hem dayanıklı hem de esnektir. Kemik ise oldukça sert ve daha kırılgandır. Pek çok köpekbalığı ve vatozlar tamamen kıkırdaktan oluşmuş kemik içermeyen bir iskelete sahiptirler. Diğer bazı ilkel balıklar ise iskeletlerinde kıkırdaktan daha az miktarda kemik içerirler. Diğer birçok omurgalıda ise, kıkırdak sadece sıkılığın ve esnekliğin gerek olduğu eklemler, burun, kulaklar, gırtlak ve trake gibi yerlerde bulunur. Bu omurgalılarda iskelet sisteminin gelişimi sırasında, embriyo ilk önce kıkırdağımsı iskelete sahiptir. Dereceli olarak bu kıkırdak yerini gerçek kemiğe bırakır.

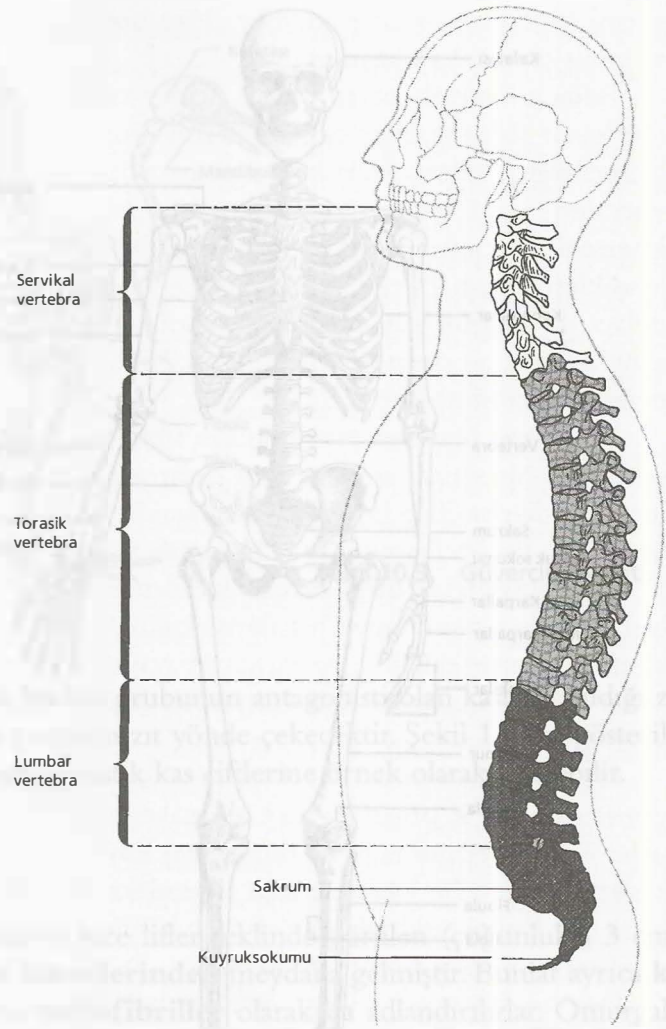
Belirli bir kemiksi dokunun yapısına bağlı olarak, dokunun yoğunluğu tamamen süngerimsi kemikten daha kompakt kemiğe kadar değişiklik gösterir. Süngerimsi, **kemik iliği** (yağ yapısında olabilir veya kan hücrelerinin üretilmesinde rol oynayabilir) ile dolu olan pek çok boşluk içerir. Kuşlar gibi göreceli olarak hafif hayvanlarda olduğu gibi, bu boşluklar hava kesecikleri ile dolu olabilir. Sıkı kemik dokusu daha kalındır ve genellikle destek görevi yapar. Bazı kemikler hatırı sayılır ağırlığa ve strese dayanabilir.

Sıkı kemikler içerisine küçük ve dar açıklıklar oluşturacak şekilde ki bunlar **Havers kanalları** olarak bilinir, kan damarları ve sinirler nüfuz etmiştir, havers kanalları kendilerini çevreleyen kemik dokusunda karakteristik eş merkezli halkalar şeklinde tanımlanan mikroskobik açıklıklardır. Bu halkalar kemik dokusunun oluşmasında görev alan hücrelerden oluşmuştur. Süngerimsi kemik doku ise ne havers kanalları ne de kıkırdak içerir. Madde değişimleri havers kanalları içerisinde bulunan kan damarları ve kemik hücreleri yoluyla gerçekleşir. Bu kemik dokusunda yaşayan hücrelere doğru veya onlardan madde taşınmasının tek yoludur.

İnsan vücudunda baştan ayağa kadar olan kemikler aşağıdaki gibidir. Kaynaşmış kemiklerin oluşturduğu **kranium** kafatasını oluşturur; aşağıda **mandibula** veya çeneye yerleşmiş **dişler** bulunur. Köprücük kemiği **klavikula**dır. Yukarı arka kısımda ise kanat şeklinde **kürek kemikleri** bulunur. Göğüsün orta kısmında bulunan ve tüm **kaburgaların** bağlandığı kemik ise **sternum** adını alır. Kaburgalar arka kısımda **omur**lardan oluşan **omurgaya** bağlanmıştır. Boyundaki omurlar **servikal omurlar** adını alır, **torasik omurlar** kaburgalar ile bağlanmıştır; **lumbar omurlar** torasik omurlardan pelvise kadar giden omurlardır; hep birlikte, **pelviste**ki kaynaşmış kemikler **sakrum**u oluşturur. Kuyruk ise **kaudal** omurlardan oluşmuştur. İnsanlarda kuyruk, **koksiks** veya kuyruk sokumu olarak adlandırılır (bk. Şekil 10.1).

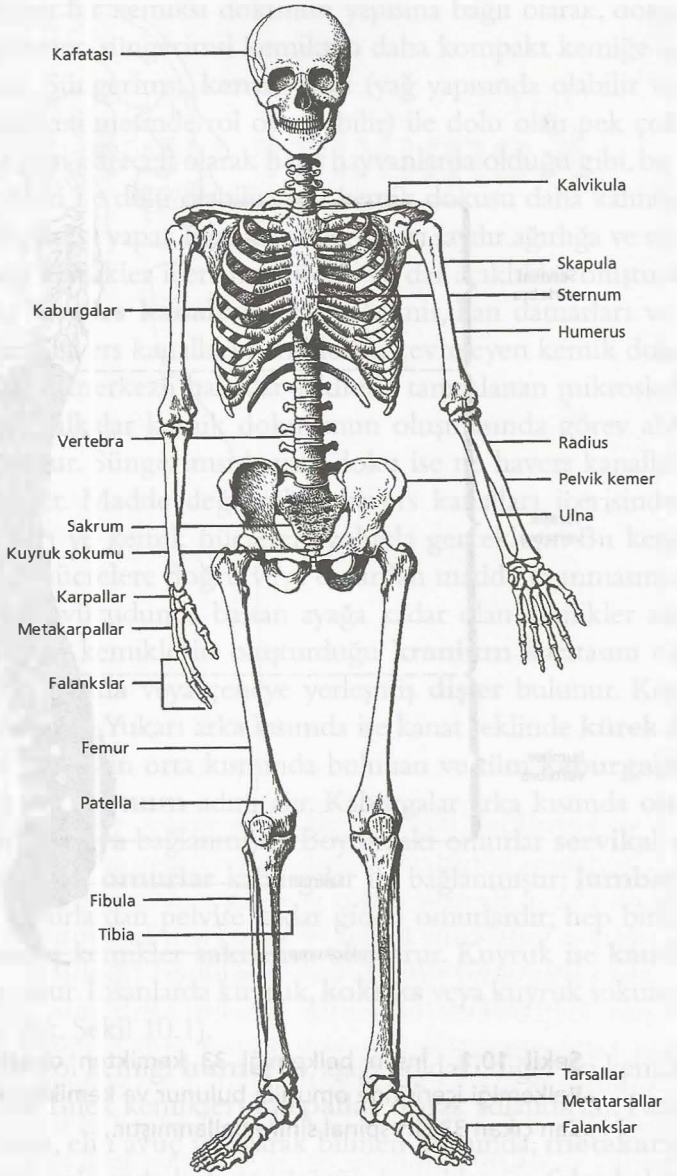
Üst kol kemiği **humerus**, aşağı koldaki diğer iki kemik ise **radius** ve **ulna**dır. Bilek kemikleri **karpallar** olarak adlandırılır. Parmakların kaide kısmında, elin avuç içi olarak bilinen kısmında, **metakarpallar** bulunur, parmak uçlarında bulunan küçük kemikler ise **falankslar** olarak adlandırılır.

Vücutta bulunan en büyük kemikler **femurlardır**, bacağın üst kısmını pelvise bağlayan uyluk kemikleridir. Her bir femurun distal ucu alt bacağa bağlanır. Üst bacak ve alt bacak, **dizkapağı** veya **patella** ile çevrelenmiş olan **diz ekleminde** birleşir. Her iki alt bacak iki uzun kemik içerir, **tibia** ve **fibula**. Ayak bileğinde bulunan küçük kemikler, **tarsallardır** daha sonra da **metatarsallar** gelir. Ayak parmaklarının ucuna doğru uzayan kemiklerin geri kalanı ise **falankslardır** (bk. Şekil 10.2). İnsan ve güvercin iskeleti arasındaki benzerliklere dikkat edin (Şekil 10.3).



Şekil 10.1. İnsan belkemiği 33 kemikten oluşmuştur. Belkemiği içerisinde omurilik bulunur ve kemikler arasından çıkan 33 çift spinal sinire dallanmıştır..

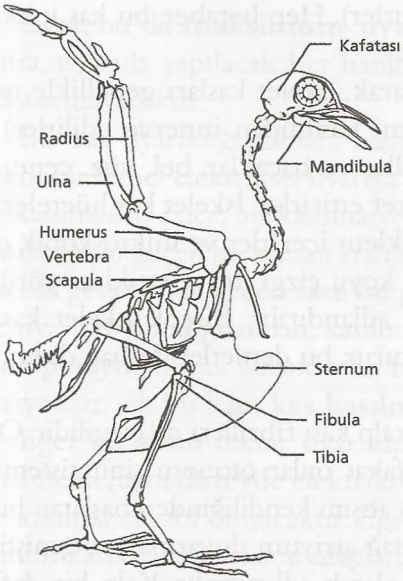
Bazı kemikler kaynaşmış olarak bir arada dururlar, oynamaz eklemler, örneğin, bazı kafatası kemiklerinde bulunan **suturlar** gibi. Diğer eklemler oynar eklemlerdir, kemikleri ve kıkırdağı birleştiren esnek dokular olan **ligamentlerle** bir arada tutulurlar. Benzer şekilde, **tendonlarda** kasları ve kemikleri birleştiren esnek dokulardır. Bir kasın sonu, **orijin** olarak bilinen vücut eksenine en yakın yerde (proksimal) kemiğe bağlanmıştır. Daha uzakta bulunan kemiğe (distal) bağlanan, el veya ayakta ol-



Şekil 10.2. İnsan iskeleti.

duğu gibi, kasın son kısmı ise **insersiyon** olarak adlandırılır. Şekil 10.4'te gösterildiği gibi, bisepsler humerus ve skapuladan başlar ve radius üzerine bağlanır.

Vücudun farklı parçalarının hareketi tamamen kasların kasılmasına yani başladıkları yere ve sonlandıkları yere ve taşıdıkları eklem çeşidine bağlıdır. Kaslar genellikle antagonistik olarak çalışırlar. Yani, bir grup kas kasıldığı zaman, vücudun bir kısmını bir yöne doğru çekecektir. Alter-

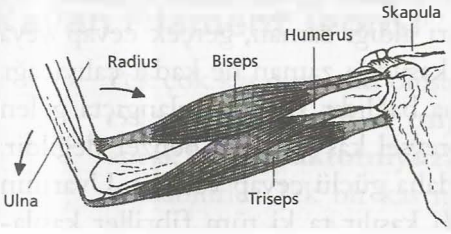


Şekil 10.3. Güvercin iskeleti.

natif olarak, bu kas grubunun antagonisti olan kaslar kasıldığı zaman ise, aynı vücut parçasını zıt yönde çekecektir. Şekil 10.4'te gösterilen biseps ve triseps antagonistik kas çiftlerine örnek olarak verilebilir.

Kaslar

Kaslar, uzun ve ince lifler şeklinde görülen (çoğunlukla 3 cm uzunluğunda) **kas hücrelerinden** meydana gelmiştir. Bunlar ayrıca **kas iplikçikleri** veya **miyofibriller** olarak da adlandırılırlar. Omurgalılarda, üç tip kas tanımlanmıştır. Bunlar, **düz kaslar** veya **visseral kaslar**, **iskelet kası** ve **kardiak** veya **kalp kasıdır**. Düz kaslar bağırsak ve idrar kesesi gibi iç organları döşer. Bunlar ayrıca arter ve ven gibi kan damarlarının duvarlarını ve vücutta bulunan pek çok kanal ve tüpleri de döşerler. Birçok kısım için, düz kaslar istemsiz olarak kasılırlar (bu kaslar otonom sinir



Şekil 10.4. Kaslar ve tendonlarda bulunan denge sensörleri ile kas çiftlerinin antagonistik hareketi farklı kasların kasılmasını ve gevşemesini kontrol eder. Hep birlikte, bu antagonistik hareket, bir organizmanın vücut hareketlerini kontrol etmesine imkân tanır.

sitemi tarafından innerve edilirler). Hep beraber, bu kas iplikçikleri ince ve geniş bir tabaka oluştururlar.

Bilinçli kontrole cevap olarak, iskelet kasları genellikle istemli kaslar (bu kaslar somatik sinir sistemi tarafından innerve edilirler) olarak adlandırılırlar. İskelet kasları kollar ve bacaklar, bel, yüz, çene, gözler gibi vücudun birçok kısmını hareket ettirirler. İskelet kas hücreleri (fibrilleri) **koenositiktir** yani birçok nükleus içerirler ve mikroskobik olarak incelendikleri zaman, birçok ince koyu çizgi ihtiva ettikleri görülür bundan dolayı da **çizgili kas** olarak adlandırılır. Birçok iskelet kası fibrili bir araya gelerek bir **demet** oluşturur, bu demetler de bağ doku ile paketlenerek kasları oluşturur.

İskelet kası hücreleri gibi, kalp kası fibrilleri de çizgilidir. Onlar da çok çekirdekli bir yapıya sahiptir fakat onlar otonom sinir sistemi tarafından innerve edilirler. Kalp her kalp atışını kendiliğinden başlatan bir **pacemaker** içerir. Bu özelleşmiş alan sağ atriyum duvarına yerleşmiştir (bk. Şekil 12.4) ve **sinoatrial düğüm** olarak adlandırılır. Kalp bir defa kasılmaya başladığında, oluşan impuls her iki ventrikülün arasından kulakçıkların yakınında bulunan düğüme doğru yayılmaya başlar, bu düğüm **atrioventriküler düğüm** olarak adlandırılır ve bir kez uyarıldığında ventriküllerin kasılmasını başlatır.

Omurgalı kaslarından farklı olarak, tüm böceklerin kasları çizgili kas yapısındadır ve iç organları da kaplamaktadırlar. Pek çok diğer omurgasızlar ise hem çizgili hem de düz kaslara sahipken bazıları da sadece düz kasları içerirler. Bu kas tiplerinin arasındaki en temel farklılık ise çizgili kasın düz kastan farklı olarak çok hızlı kasılmasıdır ancak bu kasılma durumunu uzun süre devam ettiremez.

Düz kas hücreleri iki sinir ipliğine bağlanmıştır (bu şekilde innerve edilirler). İpliğin biri uyarıldığı zaman kas kasılır, diğer iplik uyarıldığı zaman ise kas gevşer. Bazı durumlarda, yutma sırasında gırtlakta olduğu gibi istemsiz kas kasılmasında, bu kasılmalar direk sinir uyarısına ihtiyaç duymayan bir **peristalsis** dalgası meydana getirir.

Kas Kasılması

Sinir hücrelerinde olduğu gibi, kas hücreleri ya tamamen kasılır ya da hiç kasılmaz. Bir kas sinirsel bir uyarı aldığı zaman, gerçek cevap veya kasın ne kadar güçlü kasılacağı veya kasıldığı zaman ne kadar çalışacağı, tamamen uyarılan kas hücresi sayısına bağlıdır. Bu da başlangıçta gelen uyarının gücüne bağlıdır. Her bir bireysel kas iplikçiği benzer değildir; bazıları gelen uyarıya diğerlerinden daha güçlü cevap verirler. Uyarının arttırılmasıyla, daha fazla kas iplikçiği kasılır ta ki tüm fibriller kasıla-

na kadar, bu da **maksimum uyarıdır**. Maksimum uyarıya ulaşıldıktan sonra, uyarıda yapılacak her hangi bir artış daha güçlü bir kas kasılması oluşturmayacaktır.

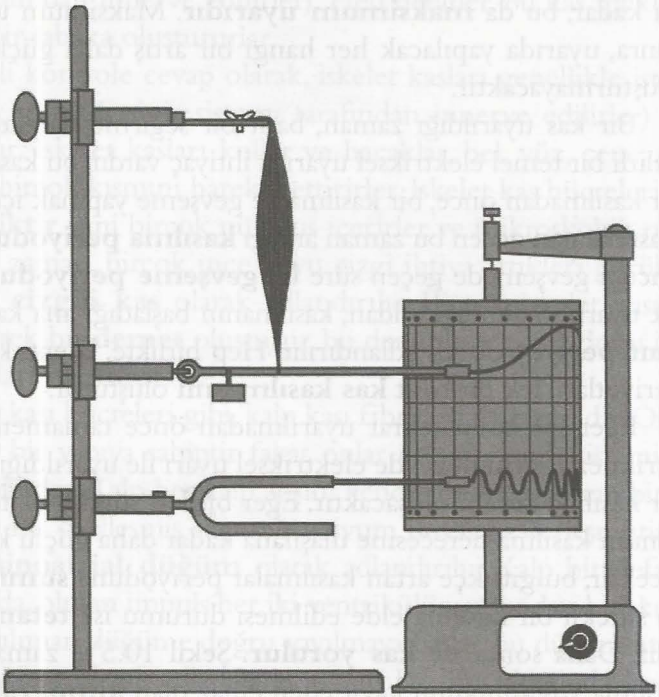
Bir kas uyarıldığı zaman, basit bir seğirme hareketi oluşturmak için belirli bir temel elektriksel uyarıya ihtiyaç vardır, bu kasılmadan sonra, tekrar kasılmadan önce, bir kasılma ve gevşeme yapmak için kısa bir ara verir. Kasılma için geçen bu zaman aralığı **kasılma periyodu**, tekrar kasılmadan önceki gevşemede geçen süre ise **gevşeme periyodu** olarak adlandırılır. İlk uyarının alındığı andan, kasılmanın başladığı ana kadar geçen süre **latent periyot** olarak adlandırılır. Hep birlikte, latent, kasılma ve gevşeme periyotları, tek bir basit **kas kasılmasını** oluşturur.

Eğer bir kasın tekrar uyarılmadan önce tamamen gevşemesine izin verilmezse, aynı düzeyde elektriksel uyarı ile uyarıldığı zaman daha güçlü bir kasılma cevabı oluşacaktır. Eğer bir kas sürekli olarak uyarılırsa, maksimum kasılma derecesine ulaşılana kadar daha güçlü kasılmalar elde edilecektir, bu gittikçe artan kasılmalar periyoduna **summasyon** adı verilir ve sürekli bir kasılma elde edilmesi durumu ise **tetanus** olarak adlandırılır. Daha sonra ise **kas yorulur**. Şekil 10.5'te zaman içerisindeki kas kasılma yoğunluğunu kayıt eden cihaz olan **kimograf** gösterilmektedir.

Kas kasılması için gerekli olan enerji ihtiyaç duyulana kadar kaslarda depolanan adenozin trifosfatlardan (ATP) karşılanmaktadır. ATP üç kez fosforile edilmiş bir organik bileşiktir ve birçok organizmada enerji birimi olarak görev yapar. Kaslarda bulunan oksijen hemoglobine oldukça benzer yapıda olan **miyoglobin**de depolanır. Daha sert çalışan kasların oksijen tüketimi de daha fazla olacaktır.Yeterli düzeyde oksijene ulaşılamadığı durumda, çalışan kaslar kasılmaya devam eder ve farklı bir biyokimyasal yolak üzerinden enerji sağlarlar. Bu alternatif yol **anaerobik solunum** olarak bilinir ve **fermentasyon** yolu ile zehirli olabilen **laktik asit** birikimine sebep olur. Anaerobik solunum **oksijen açığı** doğurur ve buda potansiyel olarak tehlikeli olan laktik asitin kullanılabilir bir karbonhidrat olan **glikojene** dönüştürülmesi için gerekli olan oksijeni elde etmek için kişinin çok daha derin nefes alması anlamına gelmektedir (bu paragrafta bahsi geçen konu Bölüm 5'te açıklanmıştır).

Kayan Filament Teorisi

Pek çok kas demetini oluşturan kontraktil elementler iki tip protein içerirler. Bunlar **aktin** ve **miyozindir.** Tek başına bu proteinler kasılamaz ancak birlikte, **aktomiyozin** kompleksini oluştururlar ve ATP varlığında kasılabilirler. Tek bir kas ipliği, birçok uzun ve ince **miyofibrillerden** oluşmuştur ve açık ve koyu değişken bantlarla uzun bir şerit görünümü-

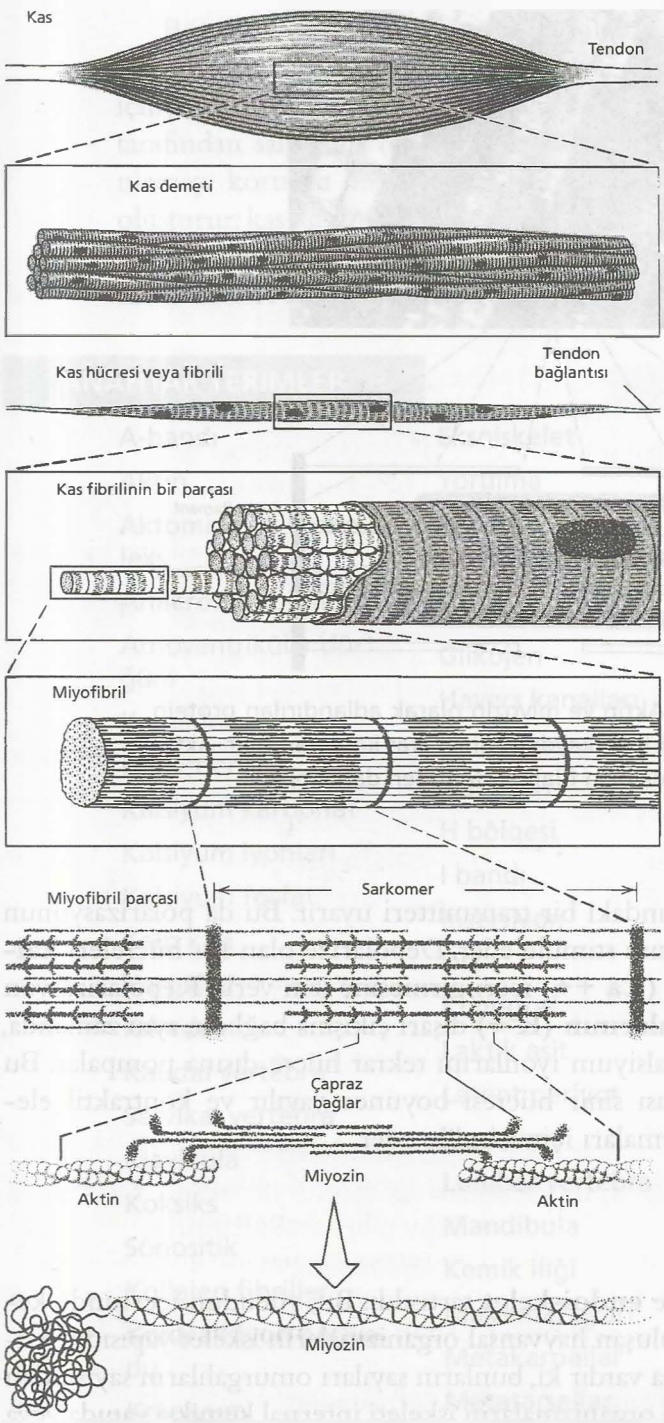


Şekil 10.5. Laboratuvar deneylerinde kas kasılmalarının ölçülmesinde kullanılan kimograf. Bir kaldıraç sistemine tutturulmuş bir kalem kas kasılmalarını kayıt eder. Kas bilinen bir süre boyunca belirli bir elektrik akımı ile uyarılır. Her bir kas kasılması döner bir tambur üzerine kaydedilir. Kas ayrıca kimyasal uyarıcı veya baskılayıcılar ile muamele edilebilir ve kasların tepkisi kayıt edilir. Bir zamanlayıcı cihaz veya ayarlama çatalı karşılaştırma ve kalibrasyon için değer serisi oluşturur.

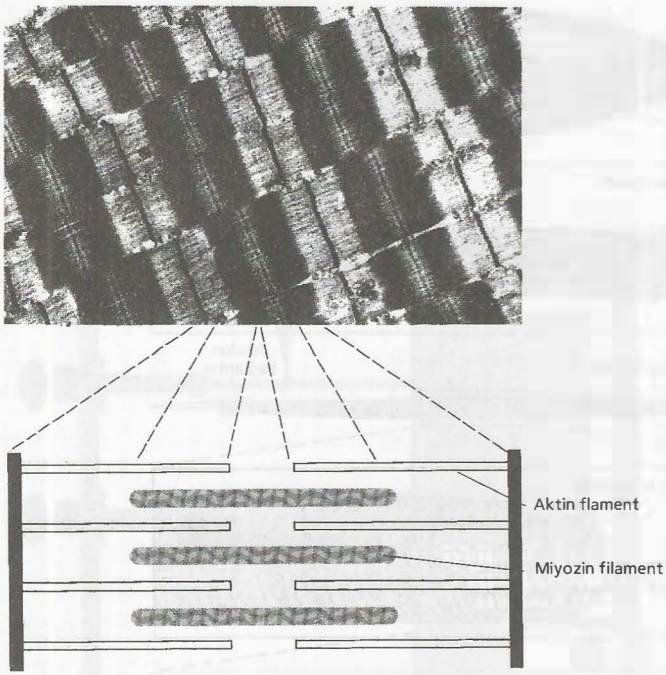
ne sahiptir. Geniş ve açık renkli olan bantlar **I bantlarıdır** ve aktinden meydana gelmiştir. Her bir I bandının ortasında **Z çizgisi** olarak adlandırılan koyu bir çizgi vardır. Geniş koyu bantlar **A-bantları** olarak bilinir ve miyosinden meydana gelmiştir. Her birisi orta hat boyunca açık renkli **H zone** içerir. Bir Z çizgisinden diğer Z çizgisine kadar olan ünite, tek bir miyofibril boyunca, **sarkomer** olarak adlandırılır (bk. Şekil 10.6).

Kas kasıldığı zaman, açık ve koyu renkli bölgelerin üst üste binmesiyle aktin ve miyozin birlikte kayarlar. Kas gevşediği zaman ise, proteinler tekrar kayarak ayrılırlar (bk. Şekil 10.7).

Bir kas ipliğinin kasılması polarize veya dinlenme hâlindeki bir hücrenin depolarizasyonuna bağlıdır. Elektriksel sinyal taşıyan bir sinir hüc-



Şekil 10.6. Kitapta ifade edilen kas elementlerinin ve bir kasın organizasyonunun kısımlara ayrılması şematize edilmiştir.



Şekil 10.7. Aktin ve miyozin olarak adlandırılan protein polimerleri birlikte kaydığı zaman kas kasılması olur. Aktin filamentleri miyozin filamentlerinden daha incedir.

resi, sinir-kas kavşağındaki bir transmitteri uyarır. Bu da polarizasyonun geçici olarak azalmasını stimüle eder. Depolarize olan kas hücreleri **kalsiyum iyonlarının (Ca ++)** içeri girmesine izin verir. Repolarizasyon fazı **potasyum iyonlarının (K +)** dışarı çıkışına bağlıdır, aynı zamanda, kalsiyum pompası kalsiyum iyonlarını tekrar hücre dışına pompalar. Bu depolarizasyon dalgası sinir hücresi boyunca yayılır ve kontraktil elementleri birlikte kaymaları için stimüle eder.

Ekzoiskelet

Şimdiye kadar sadece **endoiskelet** tartışıldı. Bu, vücudun içerisinde kemik ve kıkırdaktan oluşan hayvansal organizmaların iskelet yapısıdır. Ancak birçok organizma vardır ki, bunların sayıları omurgalıların sayısından çok daha fazladır (bu organizmaların iskeleti internal kemiksi yapıda veya kıkırdak olabilir), dayanıklı ve sert bazen de eklemli yapıda dış iskelet veya **ekzoiskelet** bulundururlar.

Böceklerin de dâhil olduğu eklembacaklılar bir dış iskelete sahiptirler, vücudu dışarıdan sert bir şekilde kavrar, tüm iç organlar ve kaslar bunun içinde yerleşmiştir. Dış sert örtücü tabaka hücre ihtiva etmez. Epidermis tarafından salgılanır (derinin dış katmanı), su kaybına engel olur, organizmayı koruyan bir zırh gibi görev yapar, kaslar için bağlanma bölgesi oluşturur, kas kasılmasının ağırlığına ve basıncına karşı dayanıklılık sağlar. Bu organizmalar hareket edebilen eklemlere sahiptirler ki bunlar antagonistik kasları kasıldığı zaman bükülebilirler.

ANAHTAR TERİMLER

A-bandı
Aktin
Aktomiyozin kompleks
Anaerobik solunum
Atrioventriküler düğüm
Kemikler
Demetler
Kalsiyum karbonat
Kalsiyum iyonları
Kalsiyum fosfat
Kalp kası
Karpallar
Kıkırdak
Kaudal vertebra
Servikal vertebra
Klavikula
Koksiks
Sönositik
Kollajen fibriller
Kontraksiyon periyodu
Kraniyum
Endoiskelet
Eksoiskelet
Yorulma
Femur
Fermentasyon
Fibula
Glikojen
Havers kanalları
Kalp kası
Humerus
H bölgesi
I bandı
İnsersiyon
Diz
Kimograf
Laktik asit
Latent periyot
Ligament
Lumbar vertebra
Mandibula
Kemik iliği
Maksimal uyarı
Metakarpallar
Metatarsallar
Kas hücresi
Kas iplikçiği
Kas seğirmesi
Kaslar
Miyofiber
Miyofibril
Miyoglobin
Miyosin
Orijin
Kemik doku
Oksijen açığı
Pacemaker
Patella
Pelvis
Peristalsis
Falankslar
Potasyum iyonları
Radius
Gevşeme periyodu
Kaburgalar
Sakrum
Sarkomer
Skapulalar
Sinoatrial düğüm
İskelet kası
İskelet sistemi
Kafatası

Düz kas	Diş	Vertebra
Sternum	Tendonlar	Omurga
Çizgili kas	Tetanus	Visseral kas
Summasyon	Torasik vertebra	Z çizgisi
Suturlar	Tibia	
Tarsallar	Ulna	

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Kemikler ve Kaslar

1. Aşağıdakilerden hangisi organların korunmasında, kasların bağlanacağı yerin sağlanmasında ve yapısal destek olarak görev yapar?

   a. İskelet sistemi
   b. Tendonlar
   c. Ligamentler
   d. Kalp kası
   e. Kemik iliği

2. Kemiğe ek olarak, kemik gibi sert ve kırılgan olmamakla birlikte sert olan birçok iskelet sistemini içeren başka bir bağ dokusu türü _____ dır.

   a. Kalsiyum fosfat
   b. Kalsiyum karbonat
   c. Kıkırdak
   d. Kemik iliği
   e. Havers kanalları

3. Sıkı kemiklerin içerisine kan damarları ve sinirler küçük açıklıklar vasıtasıyla penetre olurlar, bu açıklar _____ olarak bilinirler.

   a. Ligamentler
   b. Tendonlar
   c. Haversian kanalları
   d. Tarsallar
   e. Falankslar

4. Bazı kemikler kaynaşmış eklemler vasıtası ile bir arada dururlar ve kafatasında _____ olduğu gibi hareketsizdirler.

   a. Tendonlar
   b. Ligamentler
   c. Suturlar
   d. Kıkırdak
   e. Kaburgalar

Kas Kasılması, Kayan Filament Teorisi, Eksoiskelet

5. Bazı tek kas fibrilleri güçlü bir uyarana diğerlerinden daha fazla cevap verirler, böylece tüm kas ipliklerinin kasılmasını sağlayan uyarana _____ denir.

a. Peristalsis
b. Summasyon
c. Kasılma periyodu
d. Maksimal uyaran
e. Başlangıç uyaranı

6. Bazı durumlarda, yutma sırasında gırtlakta olduğu gibi istemsiz kas kasılmasında, bu kasılmalar direk sinir uyarısına ihtiyaç duymayan bir _____ dalgası meydana getirir.
a. Sinoatrial kasılma
b. Maksimal uyaran
c. Peristalsis
d. Latent kasılma
e. Kasılma periyodu

7. Kasın tekrar kasılmasından önce kasın gevşemesine kadar olan zaman _____ olarak adlandırılır.
a. Latent periyot
b. Kasılma periyodu
c. Fermentasyon periyodu
d. Laktik asit periyodu
e. Gevşeme periyodu

8. Kasın kasılması için geçen süre _____ olarak adlandırılır.
a. Kasılma periyodu
b. Latent periyod
c. Fermentasyon periyodu
d. Laktik asit periyodu
e. Gevşeme periyodu

9. Belirli bir zaman içerisinde kas kasılmasının yoğunluğunu kayıt eden cihaza _____ denir.
a. Elektrokardiogram
b. Elektroensefalogram
c. Kimograf
d. X-ray cihazı
e. Ultrasound cihazı

10. Oksijen kaslarda hemoglobine çok benzeyen _____ içerisinde depolanır.
a. Plazma
b. Beyaz kan hücreleri
c. Kimoglobin
d. Miyoglobin
e. Kıkırdak

11. Yeterli oksijen olmadığı durumlarda kaslar kasılmaya devam edebilmek için farklı bir biyokimyasal yolak olan _____ enerji elde ederler.
a. Anaerobik solunum
b. Aerobik solunum
c. Fotosentez
d. Summasyon
e. Gevşeme

12. Anaerobik solunum fermentasyondan dolayı _____ sebep olur.
a. Summasyon
b. Latent faz
c. Kimograf
d. Laktik asit birikimine
e. Tetanus

13. Yoğun bir kas aktivitesinden sonra, kişi potansiyel olarak tehlikeli olan laktik asiti _____ dönüştürmek için gerekli olan oksijeni almak için daha derin nefes alır.
    a. Aktin
    b. Miyosin
    c. Aktomiyosin
    d. Miyofibriller
    e. Glikojen

14. Birçok kas demetini oluşturan kontraktil elementler, iki tip proteinden oluşmuşlardır. Bu proteinler tek başlarına kayamazlar ancak bir araya geldiklerinde _____ oluştururlar ve ATP varlığında kasılabilirler.
    a. Aktin
    b. Miyosin
    c. Aktomiyosin kompleksi
    d. Miyoglobin
    e. Hemoglobin

15. Tek bir kas ipliği birçok uzun _____ meydana gelmiştir.
    a. Kastan
    b. Tendonlardan
    c. Ligamentlerden
    d. Kemiklerden
    e. Miyofibrillerden

16. Tek bir miyofibril boyunca bir Z çizgisinden diğerine kadar olan üniteye _____ adı verilir.
    a. Sarkomer
    b. A-bandı
    c. H-bölgesi
    d. I-bandı
    e. Aktin

17. Depolarize olmuş bir kas hücresi _____ içeri alır.
    a. Kalsiyum iyonlarını
    b. Potasyum iyonlarını
    c. Magnesyum iyonlarını
    d. Sodyum iyonlarını
    e. Klorid iyonlarını

18. Dayanıklı ve sert dış iskelet _____ olarak adlandırılır.
    a. Endoiskelet
    b. Eksoiskelet
    c. Eklembacaklılar
    d. Kitin
    e. Kıkırdağımsı iskelet

Cevaplar

1. a	6. c	11. a	16. a
2. c	7. e	12. d	17. a
3. c	8. a	13. e	18. b
4. c	9. c	14. c	
5. d	10. d	15. e	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. İskelet sisteminde ne gibi yapılar bulunur? Görevlerini açıklayınız.
2. Kaslar antagonistik olarak nasıl çalışırlar?
3. Omurga (belkemiği) ne tür omurlardan meydana gelmiştir? Nerede bulunurlar?
4. Omurgalılarda bulunan üç tip kas hangileridir? Her birisine birer örnek veriniz.
5. Pacemakerın görevi nedir?
6. Kasların kasılmasını ve gevşemesini tanımlayınız.
7. Kayan filament teorisinin temellerini açıklayınız.

11 İç Taşıma: Bitkiler ve Omurgasız Hayvanlar

Metabolik olarak aktif hücrelerin içindeki materyallerin su içinde süspanse edilmesi veya çözünmesi, tüm canlı hücrelerdeki kimyasal reaksiyonların sulu bir ortamda gerçekleşmesinin nedenini açıklar. Sulu ortamın yanı sıra, birçok bitki ve hayvan hücreleri, besleyici olan hücre dışı bir ortamda yaşar ve bu hücrelerden maddeleri taşımak için özel sistemlere ihtiyaçları yoktur. Bununla birlikte, daha büyük organizmaların gereksinimleri önemli ölçüde farklılık gösterebilir. Çoğu büyük bitki ve hayvanların kendilerine has yaşam tarzlarına uyan iç taşıma sistemi vardır. Genel olarak, hayvan ne kadar büyük ve ne kadar fazla hareket ediyorsa iç taşıma kapasitesi de o kadar karmaşık ve daha hızlıdır.

Hem bitkiler hem de hayvanlar, organlarına madde taşınımı için tüpsü taşıma sistemlerine sahiptir. Çoğu bitkinin iç taşıma sisteminde iki temel yol vardır: Karbonhidrat taşıyan **floem**, su ve iyonları taşıyan **ksilem**. Birçok hayvan, atardamarlar, toplardamarlar ve kan kılcallarından gelen kan ve protein içeren lenf sıvısını taşıyan lenf damarlar sistemine sahiptir. Bu taşıma sistemleri, bu tür özel taşıma sistemleri olmayan bazı organizmalar tartışıldıktan sonra aşağıda daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

İç Taşıma Sistemleri Bulunmayan Organizmalar

İç yapısı çok küçük, oldukça basit organizmalar, borular, damarlar ve daha yüksek organizmalarda gözlenen özel mekanizmalar gibi karmaşık iç yapıları olmaksızın hareket ettirilebilir. Bakteriler ve protistler gibi tek hücreli organizmalar, başlıca taşıma sistemlerinden biri olan **difüzyon**a dayanır. Hızlı olabilir veya olmayabilir ancak bu tür kısa mesafelerde, mevcut iç boşluk boyunca çoğu mikroskopik olan maddelerin difüzyonundan kaynaklanan rastgele dağılım, temel bir taşıma mekanizması değilse de önemli gibi görünmektedir. Çok hücreli organizmalarda, difüzyon hücresel seviyede önemli bir rol oynamaktadır.

Difüzyon, hücrelerdeki sıvıların ve çözünenlerin hareketinin büyük kısmını oluştururken, **hücreler arası difüzyon,** hücreler arasındaki hareketi oluşturur. Bu önemli mekanizma, çok hücreli organizmalarda maddelerin bir hücreden diğerine taşınmasına yardımcı olur. Bitkilerde, hücreler arası difüzyon, hücre duvarlarına nüfuz eden ve bitişik hücrelerin sitoplazmasını birbirine bağlayan protoplazma şeritleri olan **plazmodezmatalar** vasıtasıyla gerçekleştirilir (bk. Bölüm 2).

Genellikle, difüzyon, diğer mekanizmalar tarafından desteklenen çok yavaş bir işlemdir. **Sitoplazmik akım** olarak bilinen bu işlem birçok hücrede gözlenmiştir; sitoplazma taşınan maddeleri mümkün olandan daha hızlı bir şekilde hareket ettirerek hücre boyunca belirli bir yönde akar. **Besin vakuolleri** çoğunlukla sitoplazmanın farklı kısımlarındaki sindirilmiş maddeleri dağıtan ve hücre boyunca hareket eden bir organeldir.

Ciğerotları, boynuz otları ve yosunları içeren karayosunları gibi bazı bitkiler, yüksek bitkilerde bulunan, sıvıların taşınmasından sorumlu uzun mesafelerde etkili taşıma yapabilen vasküler dokulardan (iletim dokusundan) yoksundurlar. Böyle dokuların yokluğu büyük olasılıkla iki nedenden dolayı bu bitkilerin çoğunun ulaştığı büyüklüğü sınırlandırmıştır. Birincisi, ksilem mevcut olduğunda, vasküler (damarlı) bitkilerde önemli bir destekleyici doku olarak işlev görebilir. İkincisi, etkili bir taşıma sistemi olmaksızın, bitkiler maddeleri uzak mesafelere hızlıca hareket ettirememekte, böylece toplam büyüklükleri sınırlı kalmaktadır.

Çok hücreli organizmaların sahip olduğu başka iç taşıma mekanizmaları vardır. Bunlar daha büyük, daha baskın bitki ve hayvan grupları arasında görülen başlıca alternatifleri ifade eder. Denizanası, hidra ve planarya gerçek dolaşım sistemlerinden yoksundur ancak difüzyon ve hücre içi taşımadan bağımsız başka mekanizmalara sahiptirler. Örneğin, hidranın **gastrovasküler boşluğuna** her bir tentakül hücresi nüfuz edilir. Her bir tentakül hücresi tarafından besin parçalarının emilimi sağlanır. Planaria vücutları boyunca uzanan dallanmış gastrovasküler boşluklara sahiptir; bu sistem dolaşım sisteminin yardımı olmaksızın tüm hücrelerine besin parçacıklarını taşır.

Bitkilerde Taşıma

Belirli dokulardan bahsederken "vasküler" terimi, bitkilerde bulunan ksilem ve floem gibi tübüler iç taşıma sistemleri ile ilgili dokuları ifade eder. Bu dokuların evrimi, bitkilerde daha fazla boy atma, daha özelleşmiş kısımlar ve daha çok ilave fonksiyonların gelişmesini mümkün kıldı. Bitkilerin karasal ortamlara başarılı bir şekilde yayılmasının, bu karmaşık iç taşıma sistemlerinin evrimini izlediğine inanılmaktadır.

Kökler, gövdeler, dallar, yapraklar ve organizmanın diğer kısımları boyunca uzanan, vasküler doku, bitki boyunca sürekli devam eder. Burada konunun daha iyi anlaşılması için, bu sistemin ana bileşenleri ayrı ayrı ele alınacaktır.

Gövdeler

Otsu bitkilerin gövdesinin en dış doku katmanına, **odunsu** kısımları olmayan bitkilere, epidermis denir. Epidermisin altında bazen iki tabaka ya da ayrılan **korteks** tabakası bulunur. Epidermisin hemen altında **kollenkima** ve en içte de **parankima** bulunur. Sadece korteksin içi iletim dokusudur.

Bazı bitkilerde iletim dokusu, demetler şeklinde düzenlenmiştir. Diğerlerinde ise gövdenin en iç kısmını dolduran **öz** ile korteksin içinde uzanan, silindir şeklinde, süreklilik arz eden bir tabaka olarak görülür. Öz bir depolama alanıdır. Demetler şeklinde düzenlenmiş iletim dokusuna sahip bitkilerde, korteks ile öz arasında net bir ayrım yoktur. Aksine, gövdenin iç kısmını kaplayan doku oldukça homojen görünmektedir.

Diğer bitki türlerinde, floem, ksilemin dışında, mitotik hücre bölünmesiyle yeni hücrelerin oluşmasını sağlayan ve ikisi arasında bulunan bir doku tabakası ile birlikte bulunur. Floem ve ksilem arasındaki bu doku tabakası **lateral (yanal) meristem doku** ya da **kambiyum** olarak adlandırılır. Birçok bitkinin ilk büyüme safhasından sonra, otsu türlerin kambiyumu daha fazla floem ve ksilem hücresi üretmeyi bırakır. Bununla birlikte, diğer türlerde, kambiyum, bir sonraki büyüme mevsiminin başında yeniden faaliyete geçer ve dış tarafa daha fazla floem hücresi ve iç tarafa daha fazla ksilem hücreleri üretmeye devam eder. Bazı bitkilerde (örneğin ağaçlarda), eski floem de pullanma görülebilir. **Kabuk, vasküler kambiyum (iletim kambiyumu)** dışındaki tüm dokuları içerir. İç kısımda ise eski ksilem sürekli olarak gövdenin veya ağaç gövdesinin çapına kademeli olarak eklenerek yeni doku halkaları oluşturur. Bu doku halkaları, bir ağaç kesildiğinde kesilen bölgede görünen büyüme halkalarıdır. Yıllar geçtikçe, daha fazla ksilem birikir, daha fazla floem sürekli olarak pul pul dökülür ve gövdenin ka-

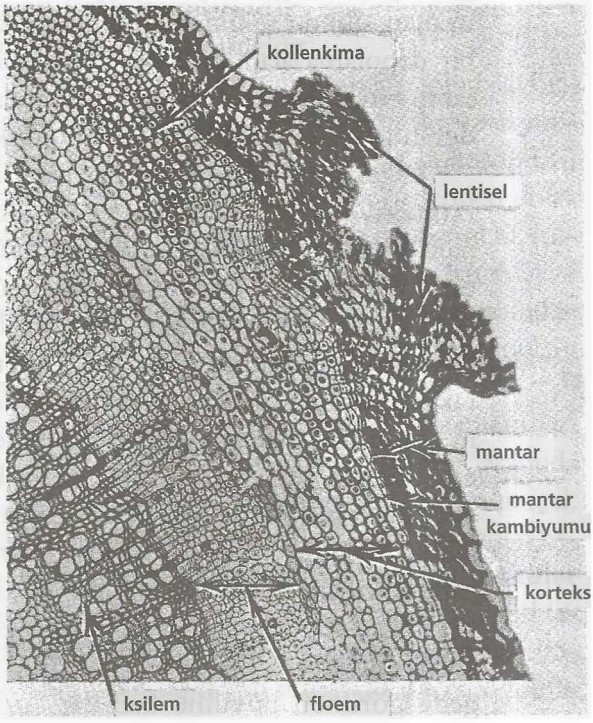
lınlığı artar; sonunda yaşlı bitkinin gövdesinin büyük kısmı ksilemden oluşmuştur. Bu doku genellikle **odun** olarak adlandırılır. Bazı bitkiler, **mantar** olarak bilinen, mitotik bölünmelerle en dıştaki dokuları oluşturan korteksin dışında bulunan, **mantar kambiyumu**na sahiptir (bk. Şekil 11.1)

Bitkilerde İletim Dokuları

Floem

Daha önce de belirtildiği gibi, floem, yapraklardan bitkinin fotosentez yapmayan kısımlarına genellikle sükroz formundaki fotosentez ürünü olan karbonhidratları, taşır. Floem'in iletim işini yapan hücreleri, dikey sütunlar hâlinde birbiriyle birleşerek **kalburlu elemanları**, **kalburlu plakların** her birinin uç uca eklenmesiyle **kalburlu boruları** oluşturur. Kalbur plakalar kalburlu elemanlarının birleştiği yerde, hücre içi içeriğin hücreden hücreye geçmesini kolaylaştıran deliklere sahiptir.

Kalburlu elemanların yanında, kalbur elemanlarının korunmasında rol oynayan arkadaş hücreleri bulunur. Arkadaş hücreleri, olgunlaştıkla-



Şekil 11.1. Mürver gövdesinin enine kesitinde içten dışa doğru ksilem, floem, korteks, mantar kambiyumu ve mantar. Vasküler kambium, ksilemin floem tarafındaki ilk iki ince çeperli hücre tabakalarından oluşur.

rında parçalanan çekirdeği de içeren organellerinin çoğunu kaybetmesine rağmen canlıdırlar. Kalburlu elemanların görevlerini yapabilmeleri için, sağlam bir hücre zarının yanı sıra sıvı sitoplazmalarınıda muhafaza etmelidirler. Floem hücrelerindeki organellerin çoğunun yokluğu, kalburlu borular boyunca su ve çözünenlerin kitlesel hareketini kolaylaştırır.

Kalburlu borulardaki içeriğin hareketinin çoğu, bitki besinlerinin üretildiği yerlerden, besin depo edilen bölgelere ya da kalburlu borulardan çözünenlerin ve suyun kullanıldığı kómşu hücrelere ve ksileme gerçekleşir. Karbonhidratlara ek olarak, organik azot bileşikleride floem boyunca hareket eder, sadece aşağıya doğru değil, aynı zamanda besinlerin ihtiyaç duyulduğu yere bağlı olarak, yanal ve yukarı doğru da olur.

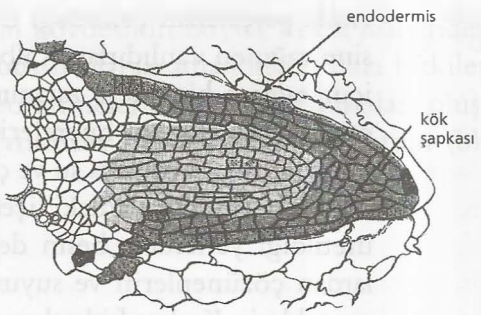
Ksilem

Ksilem, suyu ve iyonları köklerinden bitkinin diğer kısımlarına taşıyan bitki dokusudur. Kambiyumun iç kısmı boyunca uzanır (yanal meristematik doku). Floemden farklı olarak, ksilemin iletken hücreleri, **trakeidler ve trakeler** kalınlaşmış hücre duvarlarına sahip su iletken hücrelerdir. Olgunlaştıklarında canlılıklarını yitirirler ve hücre zarı, sitoplazma, çekirdek veya herhangi bir organeli olmayan, primer ve sekonder hücre duvarlarından oluşan içi boş boru şeklini alırlar (ksilem hücrelerinin diğer türlerine, çoğu giriş metinlerinde nadiren bahsedilir).

Trakeidler, temas ettikleri uçlarda daralan ve üst üste gelen, uzun ve dar hücrelerdir. Bitki tarafından oluşturulacak ilk trakeidler, halka benzeri veya **halka şeklinde ikincil hücre duvarı** kalınlaşmaları ve/veya sarmal şeklinde ya da gövde büyümesi sırasında gerilebilme yeteneğine sahip olan **spiral** şeklinde **ikincil hücre duvarı** kalınlaşmaları ile karakterize edilir.Vasküler kambiyum (damar kambiyumu) floem ve ksilem hücrelerine dönüşecek olan **meristematik** hücrelere (bölünebilme yeteneğine sahip hücre ve özel dokulara farklılaşma yeteneğine sahip) sahip olmanın yanı sıra, gövde eksenine dik açıyla yerleşmiş hücrelere dönüşen meristematik hücrelere de sahiptir. **Vasküler** ışınlar (damar ışını) olarak bilinen bu yapılar, besinleri kalburlu borulardan radyal olarak kambiyum ve ksileme taşırlar. Bazen ışınlar büyük miktarlarda karbonhidratları depolarlar.

Kökler

Köklerin çoğu, gelecekte kullanılmak üzere mineralleri ve karbonhidratları tutan depo organlarıdır, aynı zamanda bitkiyi kanca gibi sabitleyerek



Şekil 11.2. Başlangıçta, genç bir buğday kökü korteks hücrelerini dışarı doğru iterek büyümeye başlar.

dengede tutma görevleride vardır (bk. Şekil 11.2). Elbette, vasküler dokular, ksilem ve floeme sahiptirler. Su ve minerallerin emiliminin büyük kısmı, epidermal hücrelerin dışa doğru ince çıkıntıları olan **kök tüyleri** vasıtasıyla olur. Yapraklar gibi diğer ince yapıları koruyan mumsu kutikuladan yoksundurlar. Çoğu türde, bitkinin kök tüyleri ile **miselyum** (hif kitlesi) oluşturan belirli mantarların ipliksi yapısı arasında simbiyotik bir ilişki vardır. Böyle yakın birlikteliğin ürünü **mikoriza** olarak bilinir.

Kök Basıncı

Sıvıların ve çözünmüş maddelerin bir hücreden diğerine yukarı doğru hareket etmesini sağlayan birkaç mekanizma vardır. **Kök basıncı**, kök dokuları boyunca suyun hareketinden sorumludur. Kısmen, yoğunluk farkından dolayı basit difüzyonla gerçekleşen bir işlemdir. Ancak bundan daha fazlası vardır. Ksilemdeki su, **endodermal dokunun** (vasküler silindiri çevreleyen doku) protoplazmasından daha yoğun olduğu için, basit difüzyonun yanı sıra bir başka basınç mevcuttur. Başka bir deyişle, tek başına basit difüzyon söz konusuysa, su muhtemelen ksileme ve ksilemin dışına hareket etmeyecektir. Buna ek olarak, ksilemdeki su sütunu tarafından uygulanan aşağı doğru hidrostatik basınç suyu vasküler dokunun dışına ve çevreleyen kök dokularına doğru itmesi beklenir. Bunun yerine, gerçekte olan, su, ksileme girer ve ksilemde yükselir.

Kökler tarafından uygulanan kuvvet, kökler canlılığını yitirdiğinde veya oksijensiz kaldığında ortadan kalkar. Solunum sonunda elde edilen ATP'nin, kök boyunca suyun hareketinden en azından kısmen sorumlu olan çözünen gradiyenti yaratmak için gerekli enerjiyi sağladığı bulunmuştur. Ek olarak Osmotik basınç ve yarı geçirgen zarlardan kolaylaştırılmış difüzyon ve aktif taşımada söz konusudur.

Kohezyon Teorisi

Bir diğer hipotez, bazen **transpirasyon (terleme) teorisi** olarak da adlandırılan **kohezyon (su molekülleri arasındaki çekim) teorisi**, suyun yukarıdan çekildiğini ifade eder. Bu kavrama göre, su, bitkinin topraküstü organlarından buharlaşarak **transpirasyon (terleme)** yoluyla kaybedilir ve kaybedilen bu su komşu hücrelerdeki sıvılarla yer değişir, oluşan osmotik değişimle yaprak damarlarındaki ksilemden su komşu hücrelere çekilir. Fotosentez, büyüme veya diğer metabolik olaylarda kullanılacak suyun ksilemden çekilmesi, ksileme daha fazla suyun getirilmesine katkıda bulunacaktır. Bu teori, bireysel su molekülleri arasında var olan mükemmel koheziv kuvvetler bilgisi ile desteklendi.

Bununla birlikte, bu sistem, basitçe, genellikle de havanın tahliye edilmesinden kaynaklanan ancak suyun tahliye edilmesiyle, altındaki tüm suyu etkileyen bir çekme işlemi yaratacak bir emme ile çalıştırılamaz. Tek başına emme bu yüksekliklere çok fazla su çekemez.

İnce boruların içi, su moleküllerinin tutunabildiği (adhesiv) bir malzemeden yapılmış olabilir. Bu, halka şeklindeki ve spiral ikincil hücre duvarı kalınlaşmalarıyla birlikte, muhtemelen, yüzlerce fit yüksekliğe, suyun yükselmesine izin veren, bu zorunlu mimarinin bir bölümü sorumlu. Aksi takdirde ne mümkün olabilirdi. Buna ek olarak iç yapı, suyun aşağı doğru hidrostatik basıncını da azaltabilir.

Bir diğer faktör ise, tabandaki atmosferin ağırlığıdır. Atmosfer ksilemdeki suyu yaklaşık 32 fit (yaklaşık 10 metre) yükseltecek kadar itecek yeterli basınç yaratır. Atmosferik basınç ile birlikte, transpirasyonun etkisi, su sütununun yerçekimi baskısı altında kırılmasını önleyen adeziv güçler, su moleküllerinin ksilem içindeki adezyonundan kaynaklanan ince borulardaki suyu yukarı çeken kılcal güç, su moleküllerinin kohezyonu ve damarların iç kısmının karmaşık tasarımı, birleştirildiğinde ksilemde gözlemlenen suyun yukarı doğru hareketinin önemli bir kısmını oluşturduğu görünmektedir. Suyun koheziv gücünün deneysel olarak 25 ila 30 atmosfer basıncına eşdeğer olduğu gösterilmiştir.

İnorganik Maddelerin Taşınması

Ksilem tarafından, kalsiyum, fosfor ve sülfür gibi **inorganik iyonlar** köklerden yapraklara kadar taşınır. Fosfor iyonları ksilem tarafından yu-

karı doğru ve floem tarafından aşağı doğru taşınmasına rağmen, kalsiyum iyonları floem içerisinde bu kadar yer değiştirmez ve ölmekte olan yapraklardan yenilerine taşınamaz. Bu nedenle bitkiler topraktan sürekli olarak yeni kalsiyum iyonları almak zorundadırlar.

Farklı maddeler, kalburlu borularda farklı hızlarda hareket eder; şeker bir sıvı yardımıyla difüze edildiğinde floemde 40.000 kat daha hızlı hareket eder. Herhangi bir kalburlu boru boyunca hareket yönü belli aralıklarla tersine döner, bazen komşu kalburlu boruların içeriği ters yönde hareket eder. Açıkçası, canlı floem hücrelerinden gerçekleşen taşıma ile canlılığını kaybetmiş ksilem hücrelerinde gerçekleşen taşıma farklıdır.

Maddelerin sitoplazmik akım yolu ile floem hücreleri boyunca taşındığı önerilmiştir. Maddeler, difüzyon yardımı ile kalburlu plakalar boyunca floem hücrelerinden floem hücrelerine hareket eder; Aktif taşıma da söz konusu olabilir. Daha sonra, sitoplazmik akım ile hücrenin diğer ucuna taşınırlar ve tekrar difüzyon gerçekleşir. Sitoplazmik akım, her iki yönde gerçekleşir. Bu, bazı maddelerin bir yönde hareket ederken, diğerlerinin henüz kanıtlanmış olmasına rağmen, herhangi bir hücre aracılığı ile ters yönde hareket ettiği önerisini açıklayabilir. Kolaylaştırılmış difüzyon da söz konusu olabilir.

Bir diğer hipotez, **turgor-basınç değişimi** boyunca kalburlu borularda su ve çözünen maddelerin **basınç akımı** ile ilgilidir. Kütle akış hipotezi olarak bilinen, yapraklardaki hücreler gibi, hücrelerin şeker gibi osmotik olarak aktif maddelerin yüksek konsantrasyonlarını içerdiğini ifade eder. Böylece su, bunlara ve bitişik hücrelere yayılır, iç basıncı ya da turgoru yükseltir. Bu basınç maddeleri bir hücreden diğerine doğru iter, bu da bitkide çözünen maddeleri yukarı iter. Şekerler, metabolik olarak aktif bölgelere sahip olan, aktif büyüyen hücrelerde tüketildiği gibi, depo organlarındaki şekere el koyan hücrelerde de tüketildiğinden, yakınındaki kalburlu borularda osmotik konsantrasyonları azalır. Bu nedenle su ve turgor basıncını kaybederler. Bu, yüksek basınç altındaki bölgelerden kalburlu boruların içeriğinde bir kütle akışına yol açar. Bu bölgeler, şekerlerin yapıldığı yaprakları ve baharda şekerlerin ihtiyaç duyuldukları yere geçerken, salındıkları kökler gibi depolama organlarını içerir. İçerikler daha sonra, rezervlerin hızlı bir şekilde tüketildiği, hücrelerin büyüdüğü veya materyallerin depolandığı yerlerde olduğu gibi düşük basınçlı bölgelere gider. Anlatıldığı gibi, bu sistem, bir ucunda yüksek osmotik konsantrasyonlar nedeniyle suyun büyük miktarlarda alınmasına ve diğer ucunda şekerin ve diğer çözünen maddelerin sürekli tüketilmesiden kaynaklanan düşük osmotik konsantrasyonlar nedeniyle büyük miktarda olan su kaybına bağlıdır.

ANAHTAR TERİMLER

Halka şeklinde sekonder hücre duvarları
Kabuk
Kambiyum
Kohezyon (tutunma) teorisi
Kollenkima
Mantar
Mantar kambiyumu
Korteks
Sitoplazmik akım
Difüzyon
Endodermal doku
Epidermis
Besin kofulları
Gastrovasküler boşluk
Otlar
İnorganik iyonlar
Hücreler arası difüzyon
Yanal meristematik doku
Kütle-akış hipotezi
Meristematik hücreler
Miselyum
Mikoriza
Parankima
Floem
Öz
Plazmodezmata
Basınç akışı
Kök tüyleri
Kök basıncı
Kökler
Kalburlu elemanlar
Kalburlu plaklar
Kalburlu borular
Sarmal sekonder hücre duvarları
Trakeidler
Transpirasyon (terleme)
Transpirasyon (terleme) teorisi
Vasküler kambiyum
Vasküler ışınlar
Trake (damar elemanları)
Odun
Ksilem

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

İç Taşıma Sistemleri

1. Bitkilerin çoğu iç taşıma için aşağıdaki temel yollara sahiptir.
   a. Atar damarlar (arter) ve toplar damarlar (ven)
   b. Atar damarlar, toplar damarlar ve lenf damarları
   c. Ksilem, floem, atar damarlar ve toplar damarlar
   d. Trake, sırtta boyuna damarlar, ksilem ve floem
   e. Ksilem ve floem

2. Hayvanların çoğu, iç taşıma için aşağıdaki temel yollara sahiptir:
   a. Ksilem ve floem
   b. Atar damarlar, toplar damarlar, Ksilem ve floem
   c. Atar damarlar, ksilem ve floem
   d. Atar damarlar, toplar damarlar ve lenf damarları
   e. Lenf damarları, ksilem ve floem

3. Bakteriler ve protistler gibi tek hücreli organizmalar, temel taşıma sistemi (ler) olarak _____'a dayanır.
   a. Difüzyon
   b. Ksilem ve floem
   c. Atar damarlar ve toplar damarlar,
   d. Sil ve kamçı
   e. Yukarıdakilerin hepsi

4. Bitkilerde, hücreler arası difüzyon _____ tarafından kolaylaştırılabilir.
   a. Besin kofulları
   b. Mikrotübüller
   c. Sitoplazmik akış
   d. Plazmodezmata
   e. Yukarıdakilerin hepsi

5. Aşağıdakiler çoğunlukla bir hücre içinde taşınan sindirilmiş maddeyi sitoplazmanın farklı bölümlerine dağıtırlar:
   a. Endoplazmik retikulum
   b. Mikrotübüller
   c. Besin kofulları
   d. Sitoplazmik akım
   e. Yukarıdakilerin hepsi

Bitkilerde Taşıma

6. Ciğerotları, boynuzotları ve yosunları içeren karayosunları gibi bazı bitkiler _____.
   a. Vasküler (iletim) dokusuna sahiptirler.
   b. Vasküler (iletim) demetlerden yoksundurlar
   c. Gastrovasküler boşluklara sahiptirler
   d. Dolaşım sistemine sahiptirler
   e. Ksilem ve floeme sahiptirler

7. Özelleşmiş bitki dokularından bahsedildiğinde, aşağıdaki terim iç taşıma sistemiyle ilgili olandır.
   a. Korteks
   b. Kollenkima
   c. Parankima
   d. Epidermis
   e. Vasküler

8. _____ iletim dokusunun evriminin bitkilerin _____ gelişmesine olanak sağladığı düşünülmektedir.
   a. Büyük yükseklik
   b. Daha özelleşmiş kısımlar
   c. Daha yüksek oranda birleşmiş fonksiyonlar
   d. Karada daha başarılı
   e. Yukarıdakilerin hepsi

9. Bitkilerin vasküler dokusu, genellikle _____ de/da bulunur.
   a. Kökler
   b. Gövdeler
   c. Sürgünler
   d. Yapraklar
   e. Yukarıdakilerin hepsi

10. Otsu bir bitki gövdesinin en dışındaki doku tabakası, _____ dır/dir.
   a. Epidermis
   b. Korteks
   c. Kollenkima
   d. Parankima
   e. Öz

11. _____, doğrudan vasküler kambiyumun içindedir.
   a. Korteks
   b. Öz
   c. Ksilem
   d. Kollenkima
   e. Parankima

12. _____, mantar kambiyumunun hemen dışında yer alır.
   a. Mantar
   b. Kollenkima
   c. Parankima
   d. Vasküler doku
   e. Öz

13. Ksilem ve floem gibi boru şeklinde, iç taşıma ile ilgili olan dokular, _____ olarak adlandırılır
   a. Epidermis
   b. Kollenkima
   c. Parankima
   d. Öz
   e. İletim

14. Floem ve ksilem arasında _____ bulunur.
   a. Lateral (yanal) meristematik doku
   b. Vasküler kambiyum
   c. Uç meristematik doku
   d. a ve b
   e. a,b ve c

15. Bazı bitkilerde, özellikle ağaçlarda, yaşlı _____ yaşlı kabuğu olarak dökülmekte olduğu görülebilir.
   a. Ksilem ve floem
   b. Floem, korteks ve mantar
   c. Ksilem
   d. a ve b
   e. Yukarıdakilerin hepsi

16. Kalbur elemanlarının yanında, kalbur elemanlarının muhafaza edilmesine katılan, _____ bulunmaktadır.
   a. Kalburlu borular
   b. Kalburlu plaklar
   c. Arkadaş hücreleri
   d. Yukarıdakilerin hepsi
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

17. _____ genellikle sükroz şeklinde karbonhidratları, yapraklardan bitkinin fotosentez yapılmayan kısımlarına taşır.
a. Ksilem
b. Floem
c. Arterler
d. Damarlar
e. Lenf damarları

18. _____ su ve iyonları köklerden bitkinin diğer kısımlarına taşıyan bitki dokusudur.
a. Ksilem
b. Floem
c. Kalburlu boru
d. Kalburlu plak
e. Arkadaş hücresi

19. _____ kambiyum'un (yanal meristematik doku) içine yerleştirilen vasküler dokusudur.
a. Ksilem
b. Floem
c. Kalburlu boru
d. Kalburlu plak
e. Arkadaş hücreleri

20. Floemden farklı olarak, ksilemin iletim işini yapan hücreleri, _____ ve _____ _____; hücre zarı, sitoplazma, çekirdek veya herhangi bir organeli olmayan primer ve sekonder hücre duvarlarından oluşan, olgunlaşınca ölen ve boş kabuk hâline gelirler.
a. Kalburlu borular, kalburlu elemanlar
b. Kalburlu plaklar, laburlu borular
c. Arkadaş hücreleri, kalburlu elemanlar
d. Damar elemanları, kalburlu borular
e. Trakeidler, trakeler

21. _____, birbirleriyle temas ettikleri yerde uç uca eklenmiş uzun dar hücrelerdir. İlk oluşması, sıvıların ksilem dokusu boyunca yukarıya doğru hareket ettirmeye yarayan halka ve/veya spiral şeklinde sekonder hücre duvarlarıyla karakterizedir.
a. Trakeidler
b. Trakeler
c. Arkadaş hücreleri
d. Kalburlu borular
e. Kalburlu elemanlar

22. Bitki yaşamının ilerleyen dönemlerinde gelişen _____ su ve çözünmüş maddelerin hücreden hücreye taşınmasına izin veren çok sayıda deliğe sahiptir.
a. Trakeidler
b. Trakeler
c. Arkadaş hücreleri
d. Kalburlu borular
e. Kalburlu elemanlar

23. _____ muhtemelen trakeidlerden evrimleşmiş, trakeidlerden daha özelleşmiş ve en çok daha gelişmiş, çiçekli bitkilerde bulunurlar.
a. Trakeidler
b. Trakeler
c. Arkadaş hücreleri
d. Kalburlu borular
e. Kalburlu elemanlar

24. Ksilem, _____ oluşturan parankim hücre kümeleri olup, diğer iç taşıma hücrelerinde olduğu gibi yanal olarak yukarı ve aşağı doğru ilerlemek yerine radyal olarak ilerlemekte ve maddelerin yanal hareketini kolaylaştırmaktadır.
a. Trakeidler
b. Trakeler
c. Vasküler ışınlar
d. Kalburlu elemanlar
e. Arkadaş hücreleri

Kökler, Sıvıların Taşınımı ve Kohezyon (Tutunma) Teorisi

25. Su ve minerallerin emiliminin büyük kısmı, epidermal hücrelerin dışa doğru gelişerek oluşturduğu ince _____ tarafından gerçekleştirilir.
a. Vasküler ışınlar
b. Trakeler
c. Arkadaş hücreleri
d. Kalburlu borular
e. Kök tüyleri

26. Kökler öldüğünde veya oksijensiz kaldıklarında, _____ olarak bilinen, sıvıları yukarı iten güç artık mevcut değildir.
a. Kök basıncı
b. Kohezyon (Tutunma) basıncı
c. Transpirasyon (terleme) basıncı
d. Endodermal basınç
e. Atmosferik basınç

27. _____ teorisi, suyun yukarıdan çekildiğini ifade etmektedir..
a. Kohezyon (tutunma)
b. Kök
c. Transpirasyon (terleme)
d. a ve b
e. a ve c

28. Kohezyon (tutunma) teorisine göre, su _____ yoluyla kaybedilir ve kaybolan bu suyun yerine komşu hücrelerden sıvı alınır, oluşan osmotik değişim yaprak damarlarındaki ksilemden komşu dokulara su çekilir.
a. Kohezyon (tutunma) basıncı
b. Transpirasyon (terleme) basıncı
c. Endodermal basınç
d. Kök basıncı
e. Atmosferik basınç

29. _____ sadece ksilemdeki suyu yaklaşık 32 fit yükseğe itebilir.

a. Kohezyon (tutunma) basıncı
b. Transpirasyon (terleme) basıncı
c. Endodermal basınç
d. Kök basıncı
e. Atmosferik basınç

Cevaplar

1. e	9. e	17. b	25. e
2. d	10. a	18. a	26. b
3. a	11. a	19. a	27. e
4. d	12. a	20. e	28. b
5. c	13. d	21. a	29. e
6. b	14. d	22. a	
7. e	15. a	23. b	
8. e	16. c	24. c	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Bitkilerin iletim dokularını tanımlayınız.
2. Maddelerin bitkilerde nasıl iletildiğine ilişkin teoriler nelerdir?
3. Köklerin görevi nedir ve nasıl çalışır?

12 Dolaşım Sistemi

Çoğu bitki ve omurgasız hayvan gibi, omurgalıların da besin maddeleri, mineraller ve çözünmüş gazları hücrelere ileten ve daha sonra karbondioksit ve azotlu atıklar gibi metabolitleri hücrelerden taşıyan bir sistemi vardır. Bitkiler ve bazı omurgasız hayvanların kullandığı iç değişim yöntemleri bir önceki bölümde tartışılmıştır. Bu bölüm, esas olarak böceklerin ve omurgalıların dolaşım sistemi ile ilgilidir.

Yüksek organizasyonlu hayvanlar genellikle **kapalı dolaşım sistemine** sahiptirler, yani kan vücudun her tarafından tekrar tekrar dolaştırılır. Kan damarlardan akan (atardamarlar, toplardamarlar ve kılcal damarlar) özel hücreleri, proteinleri, besin maddelerini, çözünmüş gazları ve metabolitleri vücuda taşıyan bir ortamdır. Akışı sağlayan kuvvet genellikle içi boş kaslı bir organın pompalama hareketi tarafından sağlanır, bazen bu organlardan birden fazlası, ki bu **kalp** olarak bilinir, kanı bir taraftan alır ve diğer taraftan dışarı pompalar.

Tek yönlü pompalama eylemine genellikle belirlenmiş bir rota boyunca kan hareketinin düzenlenmesine yardımcı olan bir seri tek yönlü **kapakçık** eşlik eder. **Açık bir kan dolaşım sistemi**, kan akan geniş açık sinüslerle karakterizedir. Açık dolaşım sistemine sahip iki büyük

hayvan grubu, yumuşakçalar (salyangoz, istiridye, kalamar ve ahtapot) ve eklembacaklılardır (örümcek, kene, akar, çiyan, kırkayak, böcek, yengeç ve ıstakoz). Ayrıca açık dolaşım sistemlerinde de büyük bir açık sinüsün yanı sıra, kalp ve damarlar vardır.

Halkalı solucanlar (toprak solucanları dâhil) ve omurgalılar (balıklar, amfibiler, sürüngenler, kuşlar ve memeliler) kadar çeşitlilik gösteren hayvanlar açık sinüs içermeyen damarlara sahiptir, bu tür dolaşım sistemleri kapalı olarak adlandırılır. Kapalı dolaşım sistemlerini tartışmadan önce, ana örnek olarak böcekleri kullanarak açık dolaşım sistemleri açıklanacaktır.

Böcekler: Açık Dolaşım Sistemi

Tanım olarak, böcekler için hemen hemen her fizyolojik sistem evrimsel olarak başarılıdır çünkü böcekler, yaşayan tüm canlı türlerinin yüzde 80'inden fazlasını oluşturmaktadır. Böcekler birçok bakımdan omurgasız hayvanların en önemli grupları olduklarından ve dolaşım sistemi bizimkinden çok farklı olduğu için sistemlerinin nasıl bu kadar etkili olduğunu değerlendirmek önemlidir.

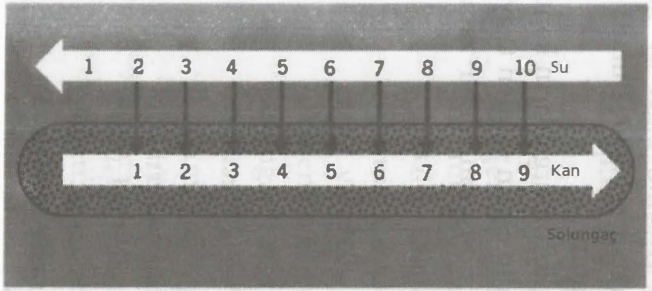
Kapalı dolaşım sisteminin ana işlevlerinden biri de tüm dokulara oksijen sağlamaktır ancak bu açık dolaşım sisteminin başlıca rolü değildir. Diğer organizmalardan farklı olarak böceklerde **trake sistemi** vardır, içi boş boru ağı şeklinde olan bu sistem vücut duvarındaki gözenekler veya dış iskelet yoluyla havayı böceklerin içindeki hücrelere iletir. Bu nedenle, böceklerin dolaşım sistemi oksijen değişimi ile uğraşmaz (bk. Şekil 12.1).

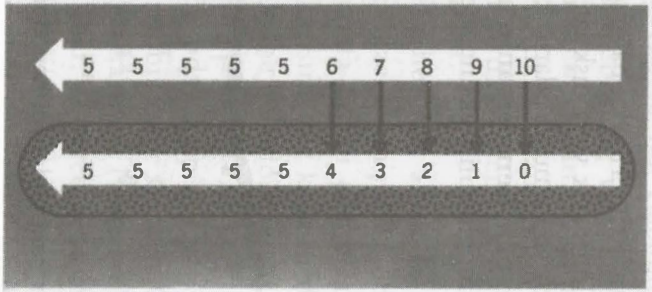
Akciğerler ve trakeler olmaksızın, böceklerin dolaşım sistemi, muhtemelen kapalı olan atasal sistemden, **hemosöl** adı verilen açık bir iç vücut boşluğunu kullanan yeni bir sisteme gelişti.

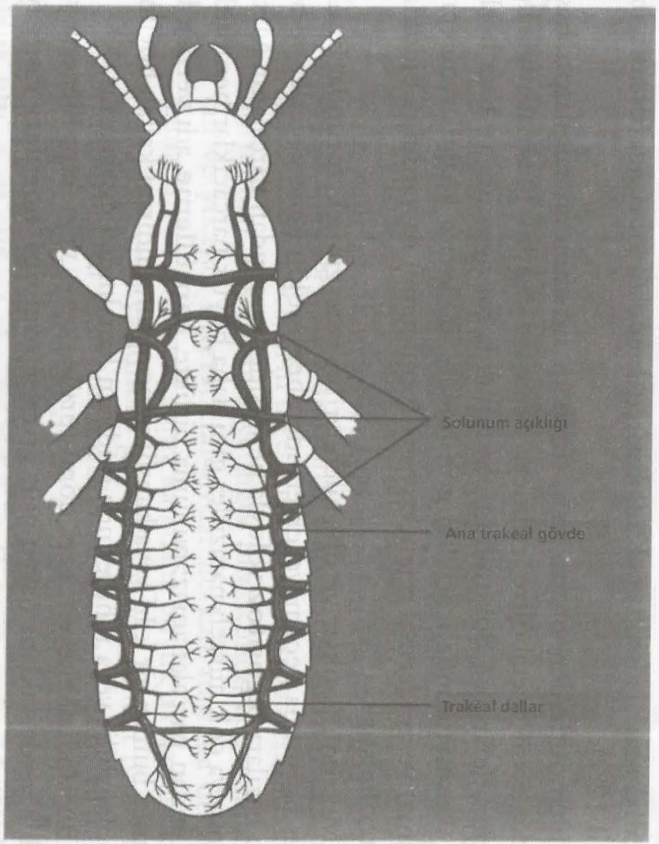
Böcek Kanları

Böcek kanı, **hemolimf**, su, plazma mineralleri, besin maddeleri, atık ürünler ve kan hücreleri ya da **hemosit**lerden oluşur. Oksijen, dış iskelet içindeki küçük gözenekler vasıtasıyla dokulara getirildiğinden, böceklerin dolaşım sisteminin akciğerli hayvanlarınkinden önemli ölçüde farklı olduğu açıktır. Bu sistemler çok farklı olduğu için, böceklerin dolaşım sisteminin nasıl çalıştığını ve tasarımının neden omurgalıların kapalı dolaşım sisteminden çok farklı olduğunu açıklamak gerekir.

Damarlar gevşediğinde kan, **ostia** adı verilen açıklıklar vasıtasıyla, bazen kalp adı verilen **dorsaldeki boyuna damara** girer. Kalp ka-







Şekil 12.1. Sol tarafta, balık solungaçlarında görüldüğü gibi çalışan ters akıntı değişim mekanizması var. Solungaçlara karşıt yönlü su ve oksijen akışı geldiğinde (üstteki), oksijen kana doğru hareket edecektir. Eğer her ikisi de aynı yönde aksaydı (alttaki), bu değiş tokuş çok daha az etkili olurdu. Sağ taraftaki böcek solunum sistemi. Böcekler ağızlarından nefes alıp vermezler; hava, spirallere girer ve trakeler yoluyla dokulara doğru hareket eder.

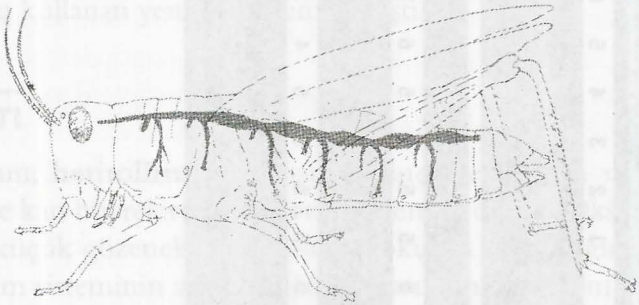
sıldığında, kan ön açıklıktan baş bölgesine doğru çıkar. Dorsal longitüdinal damar haricînde, böceklerin atardamarları, toplardamarı veya kılcal damarları yoktur. Kan, basitçe hemosöl boyunca dolaşır (bk. Şekil 12.2).

Hemositlerden oluşan kan, sindirim sisteminden salgılanan besin maddelerini metabolize ettikleri dokulara taşıyan plazmada yıkanır. Hemositlerin bağ dokusunun oluşumunda rol oynadığı ve bazı bezlerin aktivasyonunda içerildiği görülmektedir. Ayrıca koagülasyon (pıhtılaşma) ve epidermal rejenerasyona (yenilenme) da yardımcı oldukları gösterilmiştir.

Metabolik atıklar ve ölü hücreler bir yere gitmek zorunda. Bunlar nefes borusuna geçemeyeceklerinden hemosölün içine geçerler ve burada bazıları **fagositoz** yoluyla hemositler tarafından parçalanır. Metozoan veya çok hücreli parazitler gibi daha büyük parçacıklar hemositler tarafından parçalanamaz; bununla birlikte, **kapsülleme** adı verilen bir işlemle, bunlar bir kılıf veya kapsül içine alınır, sindirim kanalı boyunca depolanabilir veya nihayetinde sindirim kanalından dışarı atılır.

Bu sindirilemeyen, geri dönüştürülemeyen veya kapsüllenemeyen ve bir yerde saklanamayan atık ürünler **malpigi boruları** vasıtasıyla sindirim kanalına girer. Bunlar bir ucunda su, tuz ve azotlu atıkları emen, kan içinde yıkandıkları kör keselerdir. Kesenin diğer ucunda, içerikler rektuma devam ettikleri arka bağırsaktan geçirilir. Burada su tekrar emilir ve kurutulmuş atık veya dışkılar atılır.

Birçok eklem bacaklı ve yumuşakçaların kanı, omurgalıların kanında bulunan hemoglobin gibi, **hemosiyanin** adı verilen oksijen taşıyan bir pigment içerir. Hemoglobinin aksine, hemosiyanin hiçbir zaman



Şekil 12.2. Bir çekirgede görülen dorsalde uzanan bir damar içerisinden kan akışını gösteren açık dolaşım sistemi.

hücrelerde oluşmaz ancak bu hayvanların plazmasında çözülür. Bu iki benzer oksijen taşıyan madde arasındaki bir diğer fark, hemosiyaninin bakır içermesine karşın, hemoglobinin demir içermesidir.

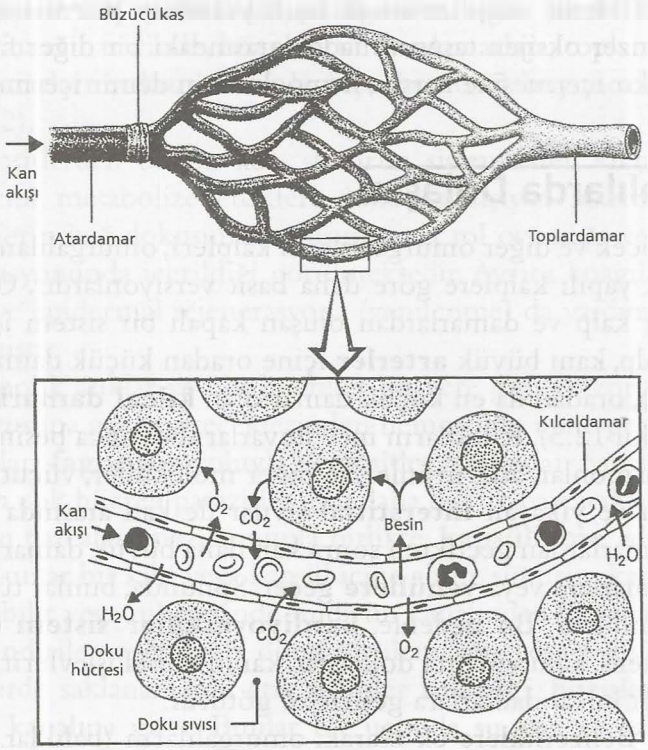
Omurgalılarda Dolaşım

Böcek ve diğer omurgasızların kalpleri, omurgalılarda görülen karmaşık yapılı kalplere göre daha basit versiyonlardır. Omurgalılarda kan, bir kalp ve damarlardan oluşan kapalı bir sistem içerisinde bulunur. Kalp, kanı büyük **arterler** içine oradan küçük damarlara **(arteriollere)**, oradan da en küçük damar olan **kılcal damarlara** pompalar (bk. Şekil 12.3). Kılcalların ince duvarları boyunca besin maddeleri, gazlar, hormonlar, atık ürünler ve diğer moleküller, vücut hücrelerini kuşatan ve yıkayan **interstitial** sıvılar ile kan arasında değiştirilir. Kılcal damarlardan geçtikten sonra kan daha büyük damarlara karışan küçük damarlara veya **venüllere** geçer. Sonunda, bunlar tüm kanı kalbe geri döndürür. Bu nedenle, **kardiyovasküler sistem** olarak bilinen bu sistem, kanı vücutta dolaştırır, kanın temel işlevlerini yerine getirebildiği kılcal damarlara getirir ve götürür.

Benzerliklere ek olarak, omurgalıların (balıklar, amfibiler, sürüngenler, kuşlar ve memeliler) ana grupları arasında farklılıklar vardır. Gruptan gruba, kalbin sağ ve sol tarafları arasında artan bir ayrım vardır. Bu ayrım solungaçlardan ya da akciğerlerden dönen **oksijenli kan** veya oksijen bakımından zengin **kan** ve dokulardan kalbe dönen **oksijensiz kan** ya da oksijen bakımından fakir **kan** arasındaki karışma miktarını azaltır.

Balık kalpleri, her oda arasında tek yönlü kapakçıklar bulunan, doğrusal olarak düzenlenmiş dört **odacığa** sahiptir. Kan bir taraftan gelir ve diğer tarafa doğru pompalanır. Balık kalbinde oksijenli ve oksijensiz kan karışımı söz konusu değildir çünkü oksijenlenen kan solungaçlardan kalbe geri dönmeden doğrudan vücudun geri kalanına akar (bk. Şekil 12.1, sayfa 221).

Amfibiler, üç odalı kalp olarak bilinen üç bölmeden veya **kalp odasından** oluşan bir kalbe sahiptir. Odalardan ikisine kulakçık (atriyum), bir odaya da karıncık (ventrikül) denir. Oksijenini bırakmış kan vücuttan kalbe akar, ilk önce depolama odası olarak işlev gören **sağ atriyum** olarak bilinen bir odaya girer. Kan girdiğinde ince duvarlı kulakçık (atriyum) genişler. Daha sonra kapaklar açılır, duvarları kaslı, daha kalın odası olan **vetrikül** içine kanın akmasına izin verir. Kas



Şekil 12.3. Kılcal damarlarla kan akışı oranı, atardamara ait büzücü kasın daralması veya gevşemesi ile düzenlenir (üstteki). Su, besin maddeleri, gazlar, atıklar ve diğer kimyasalların değişimi ise kılcal damarlarda dolaşan kan ile doku hücrelerini çevreleyen doku sıvısı arasında gerçekleşir (alttaki).

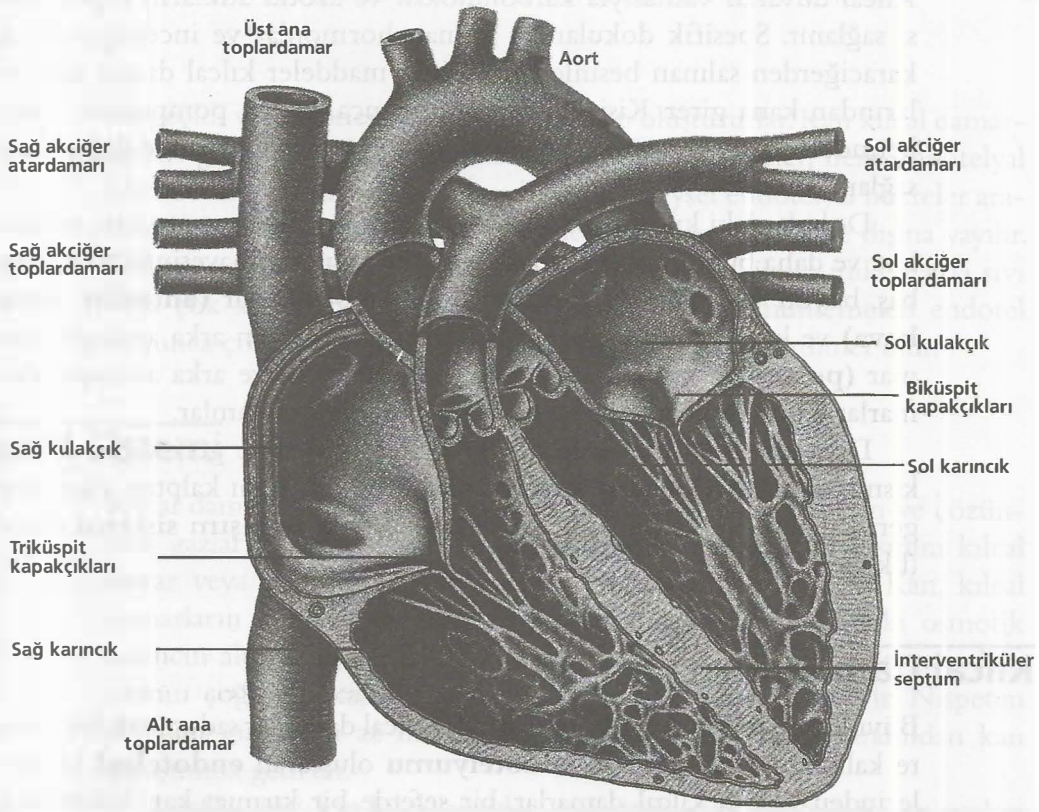
lifleri kasıldığı zaman, kan **pulmoner arterden akciğerlere** zorlanır. Buradan oksijenlenmiş kan kalbe doğru geri akar, diğer tarafta **sol atriyum** denilen depo odasına girer. Kan, kaslı ventriküle geri akar ve sonra kasılır, oksijenlendirilen kanı vücudun kalanına pompalar.

Bu kalp yapısının tek problemi, ventrikülde oksijenli ve oksijensiz kanın bir miktar karışmasıdır. Kan akışını yönlendiren ve karışımı en aza indirgeyen kurbağanın kalbindeki sarmal oluk bazı telafi edici yapılara rağmen, karıncıkta (ventrikül) oksijenli ve oksijensiz kanın bir miktar karışmasıdır.

Amfibiler gibi, sürüngenlerin de iki kulakçığı (atria) vardır. Fakat sadece bir ventrikül yerine iki tane vardır. Ventrüküllerde bölünme tüm kuş ve memeli kalplerinde tamamlanmış olmasına rağmen, çoğu sürün-

gende ventriküller tamamen bölünmemiştir. Bu nedenle kuş ve memeli kalplerinin dört odacıklı olduğu söylenir (iki atriyum, iki ventrikül). Sadece kuşlarda ve memelilerde arteriyel ve venöz kan için tamamen ayrı dolaşım yollarına sahip olan, dört bölmeli kalp etkindir.

Sağ atriyum ve **sağ ventrikül** ile sol atriyum ve sol ventrikül bulunan bir insan kalbinde, aslında iç içe iki ayrı kalp bulunur (bk. Şekil 12.4). Her ikisi de aynı anda atar. Bir insanın kanı aşağıdaki şekilde dolaşır. Akciğerler haricinde vücudun tüm bölümlerinde dolaşan oksijensiz kan kalbe sağ atriyumdan girer. Sağ atriyumdan kan **triküspid kapak** vasıtası ile sağ ventriküle zorlanır. Sağ ventrikül oksijensiz kanı, **pulmoner semiluner kapak** yoluyla, her biri bir akciğere giren, iki ana dala ayrılmış akciğer atardamarına pompalar. Akciğerlerdeki pulmoner atardamarlar, akciğerler boyunca küçük hava keseleri olan **alveollerin** duvarlarındaki **kılcaldamar yatağı** ile bağlantılı olan arteriyollere dallanırlar. Burası gaz değişiminin olduğu yerdir. Soluma esnasında oksijen



Şekil 12.4. Bir insan kalbinin dört bölümünü gösteren enine kesiti (iki kulakçık ve iki karıncık). Sol karıncık en kalın, en kaslı duvara sahip olandır ve aort yoluyla kanı vücuda pompalamaktan sorumlu kısımdır.

akciğerlerin içinden, ince sıvı tabakasıyla sarılı olan alveollere geçer ve sonra kırmızı kan hücrelerinin içinde bulunan hemoglobin tarafından toplanır. Ayrıca alveollerde, karbondioksit kandan akciğerler içindeki nefesle verilen havaya salınır.

Akciğerlerdeki kılcal damarlardan kan, küçük toplardamarlara damarlara geçer ve daha sonra büyük **pulmoner (akciğer) toplardamarlarına** geçer, bunlardan ikisi de her bir akciğerdeki kanı kalbe geri götürür ve sol atriyuma boşaltırlar. Kan daha sonra **biküspid kapakçıktan** (aynı zamanda **mitral kapak** olarak adlandırılır) geçer ve **sol ventriküle** girer. Sol ventrikül kasılır ve kanı **aortik semilunar kapağın** içinden **aorta** doğru pompalar, arter oksijenlenmiş kanı kalbin dışına ve akciğerler hariç vücudun bütün bölgelerine taşır (bk. Şekil 12.4).

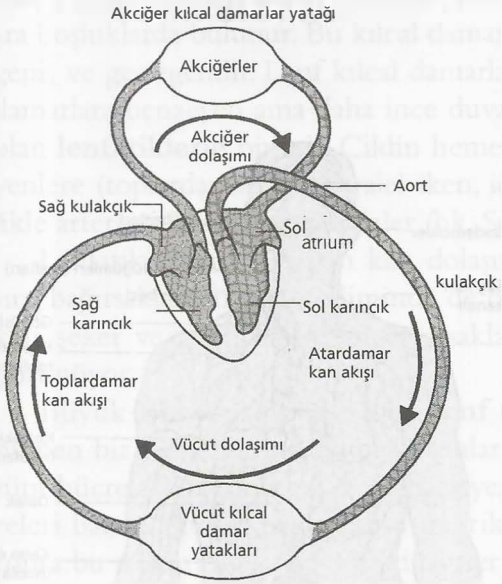
Oksijenli kan, daha küçük atardamarlara yönlendiren arterlere geçer, sonra, arteriyollere, ondan sonra oksijenin, besinlerin, hormonların ve diğer maddelerin kandan hücrelere geçtiği kılcal damarlara geçer. Kılcal duvarlar vasıtasıyla karbondioksit ve azotlu atıkların toplanması sağlanır. Spesifik dokulardan salınan hormonlar ve incebağırsak ve karaciğerden salınan besinler gibi diğer maddeler kılcal damar duvarlarından kana girer. Kişinin yaşamı boyunca, kalbin pompalama hareketinden dolayı kan sürekli vücudu dolaşır ve sürekli madde değişimini sağlar.

Dokulardaki kılcal damar yataklarından geçtikten sonra kan, venüllere ve daha büyük toplardamarlara geçer. Bunlar nihayetinde tüm kanı baş, boyun ve kollardan toplayan ön anatoplardamar **(anterior vena kava)** ve kanı vücudun geri kalan kısmından çeken arka anatoplardamar **(posterior vena kava)** içine boşaltılır. Ön ve arka anatoplardamarlar kanı sağ kulakçığa boşaltıp bir döngüyü tamamlar.

Dolaşım sisteminin kalpten akciğerlere giden ve geri kalbe dönen kısmı, **akciğer dolaşım sistemi** olarak bilinir. Kanı kalpten vücudun geri kalanına ve sırta taşıyan kısmına **sistemik dolaşım sistemi** denir (bk. Şekil 12.5).

Kılcal Damarlar

Büyük damarların duvarlarının aksine, kılcal damarlar sadece tek bir hücre kalınlığındadır. Birlikte **endotelyumu** oluşturan **endotelyal** hücrelerinden oluşan kılcal damarlar, bir seferde bir kırmızı kan hücresinin geçmesine izin verecek kadar geniş, yaklaşık altı mikrometre çapındaki



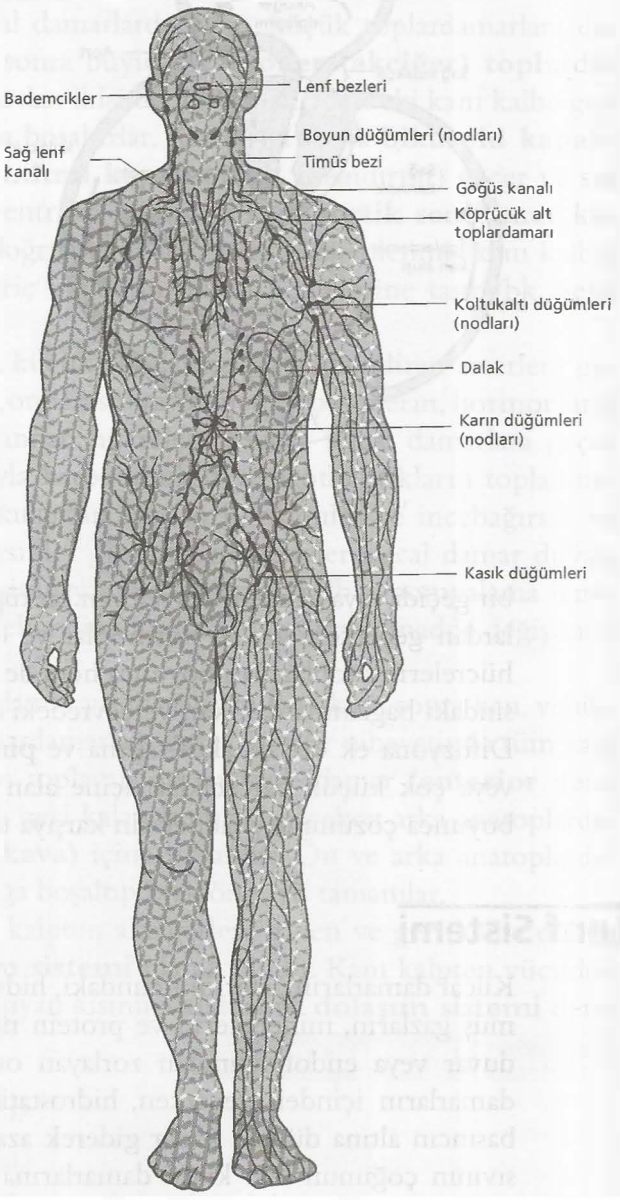
Şekil 12.5. İnsan dolaşım sisteminin sadeleştirilmiş bir gösterimi.

bir geçidi veya **lümeni** çevreleyen bir tüp oluştururlar. Kan kılcal damarlardan geçerken, gazlar, hormonlar ve diğer maddeler, hem endotelyal hücrelerin sitoplazması boyunca hem de bireysel endotelyal hücreler arasındaki bağlantılardan kan ve çevredeki dokuların içine ve dışına yayılır. Difüzyona ek olarak, aktif taşıma ve **pinositoz** (küçük miktarlarda sıvı veya çok küçük parçacıkları içine alan hücreler) muhtemelen endotel boyunca çözünmüş maddelerin karşıya taşınmasına yardımcı olur.

Lenf Sistemi

Kılcal damarların arteriol ucundaki, hidrostatik basınç, suyun ve çözünmüş gazların, minerallerin ve protein moleküllerinin bir kısmını kılcal duvar veya endotelyumdan zorlayan osmotik basıncı aşar. Kan, kılcal damarların içinden geçerken, hidrostatik basınç, çevresindeki osmotik basıncın altına düşene kadar giderek azalır. Bu, daha önce çevresindeki sıvının çoğunun kan kılcal damarlarına girmesine izin verir. Nispeten yeniden girmeyen az miktardaki sıvı, **lenfatik sistem** tarafından kan dolaşımına getirilir.

Lenf sistemi, kan kılcallarından geri emilmeyen protein içeren sıvıları boşaltır. Bu kaçan sıvılar, lenf kılcalları tarafından emildikten sonra **lenf**



Şekil 12.6. Dokulardan sızan kan plazmasının yüzde doksanı toplardamarlara geri döner. Geriye kalan yüzde 10'luk bölüm, lenfatik sisteme geçer ve burada venöz sisteme geri dönmeden önce biraz gelişigüzel dolaşır.

hâline gelir. Lenfatik kılcal damarlar, sıvıların biriktiği hücreler arasındaki ara boşluklarda bulunur. Bu kılcal damarlar kan kılcallarından biraz daha geniş ve geçirgendir. Lenf kılcal damarları daha büyük lenf damarlarına, damarlara benzeyen ama daha ince duvarlara ve daha fazla valflere sahip olan **lenfatiklerle** birleşir. Cildin hemen altındaki lenfatikler genellikle venlere (toplardamarlara) paralel iken, iç organlardaki lenfatikler genellikle arterleri (atardamarları) izler (bk. Şekil 12.6).

Lenfatik sistem, sıvıların kan dolaşımına geri gönderilmesinin yanı sıra, bağırsaklardan yağ emiliminde de önemli bir faktördür. Öte yandan kan, şeker ve amino asitlerin bağırsaklardan emilmesinde çok daha iyi görünüyor.

Büyük lenf damaları boyunca **lenf nodları** veya lenf bezleri olarak bilinen bir seri düğüm bulunur. Bunlar bakterileri, hücre parçalarını ve tüm hücreleri yutarak lenfleri filtreleyen ve temizleyen fagositotik hücreleri barındıran bir bağ dokusu matriksinden oluşur. Lenf bezleri daha sonra bu atıkları kana geri döndürürler ve buradan akciğerlere, böbreklere ve ter bezlerine götürülerek vücuttan atılırlar. Buna ek olarak, bu atıklar karaciğerden geçtikten sonra detoksifiye edilir.Vücut enfeksiyonla savaştığı zaman, lenf düğümleri şişer ve daha duyarlı hâle gelir.

Lenflerin filtrelenmesi ve işlenmesine ilaveten, lenf düğümleri, **dalak**, **timüs** ve **bademcik** gibi diğer lenfoid dokularla birlikte, **lenfositler** olarak bilinen belirli **beyaz kan hücrelerinin** oluştuğu yerlerdir.

Lenf, kanın damarlardan geçmesine benzer bir işlemle hareket ettirilir. Tek yönlü bir valf serisi, lenfleri tek yönlü olarak sürekli sıkıştırarak yakın iskelet kaslarının kasılması ile uygulanan basınç ile birlikte çalışır. Bazı hayvanlarda, hiçbir memelide bulunmamasına rağmen, lenf boyunca hareket etmek için ana lenfatik damarlar boyunca yerleşmiş özel pompalama cihazları veya lenfatik kalpler vardır. En sonunda, lenf sol ve sağda köprücük kemiğinin altındaki (subclavian) damarlara boşaltır, her ikisi de boynun tabanında bulunur.

ANAHTAR TERİMLER

Alveol
Üst ana toplardamar
Aort
Aort semilunar kapak
Atardamarlar
Küçük atar damarlar
Biküspid kapak
Kılcallar

Kılcal yataklar
Kardiyovasküler sistem (dolaşım sistemi)
Bölmeler, odacıklar
Kapalı dolaşım sistemi
Deoksijenize edilmiş kan
Sırttaki uzunlamasına damarlar
Kapsüllenme
Endotelyal hücreler
Endotelyum
Hemosöl
Hemosit
Hemolenf
Kalp odacıkları
Kalpler
Hemosiyanin
Dokular arası sıvı
Sol kulakçık
Sol karıncık
Lümen, boşluk
Akciğerler
Lenf
Lenf düğümleri
Lenfatik sistem
Lenfatikler
Lenfositler
Malpighi borucukları, tüpleri
Kalp kapakçığı
Açık dolaşım sistemi
Delikler, boşluklar
Oksijenlenmiş kan
Fagositoz
Pinositoz
Arka ana toplardamar
Akciğer atardamarı
Akciğer dolaşım sistemi
Akciğer semilunar kapak
Akciğer toplardamar
Sağ karıncık
Sağ kulakçık
Dalak
Sistematik dolaşım sistemi
Timüsler
Bademcikler
Trakel sistem
Triküspid kapak
Kapakçıklar
Damarlar
Karıncıklar
Venüller
Beyaz kan hücreleri

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Açık Dolaşım Sistemi ve Böcek Kanları

1. Açık dolaşım sistemi olan hayvanlar şunlardır:
   a. Örümcekler ve böcekler
   b. Yengeçler ve ıstakozlar
   c. Salyangozlar ve istiridyeler
   d. a ve b
   e. a, b ve c

2. Kapalı dolaşım sistemi olan hayvanlar şunlardır:
   a. Halkalı solucanlar
   b. Balıklar, amfibiler ve sürüngenler
   c. Kuşlar ve memeliler
   d. b ve c
   e. a, b ve c

3. Çoğu organizmadan farklı olarak böcekler, vücut duvarından içeri doğru uzanan ve havayı baştan başa taşıyan içi boş ve delikli borular ağına sahiptir; bu tüpler _____ olarak adlandırılır.
   a. Dış iskelet
   b. Trakeler
   c. Nefes borusu
   d. Ostia (por, delik)
   e. Osteidler

4. Böceklerin vücut içi boşluğunda açık bir şekilde dolaşan kanları vardır ve bu _____ olarak bilinir.
   a. Hemolenf
   b. Perikord
   c. Kalbin iç zarı
   d. Endometrium
   e. Hemosöl

5. Böcek kanı _____ su, plazma, mineraller, besinler, atık ürünler ve kan hücreleri veya _____ dan oluşur.
   a. Lenf, nemotosist
   b. Lenfositler, eritrositler
   c. Hemolenf, hemositler
   d. Tromboplasma, trombosit
   e. Lenf, eritrositler

6. Böceklerde kan, sıklıkla kalp olarak adlandırılan bir _____ veya _____ açıklıklar yoluyla girer.
   a. Ventral tüp, gözenekler
   b. Ventral boyuna damar, kovucuklar
   c. Sırt boyuna damar, ostia
   d. Kulakçık, kanallar
   e. Karıncık, malphigi tüpleri

7. Atık ürünler, böceklerin sindirim kanalına, kör keseler vasıtasıyla girerler ve bunlar _____ olarak bilinir.
   a. Ostia
   b. Malphigi tüpleri
   c. Gözenekler
   d. Kovucuklar
   e. Sırt boyuna damarlar

8. Birçok eklembacaklı kanı, omurgalı kanında bulunan oksijen taşıyıcı pigmente benzeyen _____ içerir.
   a. Hemoglobin
   b. Hemosiyanin
   c. Gamaglobülin
   d. Albümin
   e. Antosiyanin

Omurgalılarda Dolaşım

9. Balık kalpleri doğrusal olarak düzenlenmiş _____ iç haznelere sahiptir.
   a. Bir
   b. İki
   c. Üç
   d. Dört
   e. Altı

10. Amfibilerin _____ bölmeli kalbi ve _____ kulakçığı ve _____ karıncıkları vardır.
   a. İki, bir, bir
   b. Üç, bir, iki
   c. Üç, iki, bir
   d. Dört, iki, iki
   e. Dört, bir, üç

11. Sürüngenlerin _____ kulakçığı ve _____ karıncığı vardır.
   a. Bir, bir
   b. İki, bir
   c. Bir, iki
   d. İki, iki
   e. İki, üç

12. Aşağıdaki kalplerde ventriküler bölünme tamamlanmıştır.
   a. Kuşlar
   b. Memeliler
   c. Sürüngenler
   d. Amfibiler
   e. a ve b

13. İnsan kalbinde kuvvetlice pompalanan kan, sağ kulakçıkdan sağ karıncığa _____'dan geçer.
   a. Triküspid (üçlü) kapakçıklar
   b. Akciğer semilunar (yarımay) kapakçıkları
   c. Biküspid (ikili) kapakçık
   d. Mitral kapakçık
   e. Aortik semilunar (yarımay) kapakçığı

14. Kan sağ karıncıktan akciğer atardamarına doğru hareket ettiğinde _____ içinden geçer.
   a. Triküspid (üçlü) kapak
   b. Akciğer semilunar (yarımay) kapak
   c. Biküspid (ikili) kapakçık
   d. Mitral kapak
   e. Aortik semilunar (yarımay) kapak

15. Sol karıncık kasıldığında kanı _____ olarak adlandırılan bir başka kapakçığa pompalar ve kan _____ denilen atardamara doğru geçer.
   a. Mitral kapak, sağ ana toplardamar
   b. Biküspid (ikili) kapakçık, alt ana toplardamar
   c. Mitral kapak, üst ana toplardamar
   d. Aortik semilunar kapak, aort
   e. Aortik semilunar kapak, alt ana toplardamar

16. Dokulardaki kılcal yataklardan geçtikten sonra kan, çok küçük toplardamarlara ve daha büyük toplar damarlara geçerek neticede _____ içine boşalır.
a. Ön ana toplardamar
b. Üst ana toplardamar
c. Aort
d. a ve b
e. a, b ve c

17. Dolaşım sisteminin kanı kalpten akciğerlere taşıyan ve tekrar geri döndüren kısmı _____ olarak bilinir ve dolaşım sisteminin kalpten vücudun geri kalanına kadar kan taşıyan diğer kısmı da _____ olarak adlandırılır.
a. Sistemik dolaşım, akciğer dolaşımı
b. Akciğer dolaşımı, sistemik dolaşım
c. Kardiyak (kalp) dolaşım, bedensel dolaşım
d. Kardiyo (kalp) -pulmoner dolaşım, bedensel dolaşım
e. Kardiyo (kalp) -pulmoner dolaşım, kardiyo (kalp) -sistemik dolaşım

Kılcal Damarlar ve Lenfatikler

18. İnsanlarda ve diğer omurgalılarda kan, kalp ve damarlardan oluşan kapalı bir sistem içerisinde bulunur; buradaki kalp kanları büyük _____ pompalar ve küçük _____ akan _____ kadar uzanır.
a. Atardamarlar, küçük atardamarlar, kılcal damarlar
b. Toplardamarlar, küçük toplardamarlar, kılcal damarlar
c. Kılcal damarlar, küçük atardamarlar, atardamarlar
d. Kılcal damarlar, küçük toplardamarlar, toplardamarlar
e. a ve c

19. Kılcal duvarlar aşağıdaki hücre sayısı kadar kalınlıktadır:
a. Bir
b. İki
c. Üç
d. Dört
e. Beş

20. Kılcal damarların duvarları _____ oluşur.
a. Endotel hücreler
b. Endemetrial hücreler
c. Endomisyum hücreleri
d. Endonöriyum hücreler
e. Endokrin hücreler

21. Kan kılcallarından kaçan sıvılar, _____ hâline gelmesi için önce _____ tarafından emilir.
a. Lenf, lenf kılcal damarları
b. Kan, kan kılcal damarları
c. Plazma, plazma kılcal damarları
d. Plazma, lenfatikler
e. Plazma, lenf (nodları) düğümleri

22. Büyük lenf damarları boyunca uzanan _____ olarak bilinen bir seri lenf düğümleri (nod) bulur.
    a. Plazma düğümleri
    b. Lenf düğümleri
    c. Lenf bezleri
    d. a ve b
    e. b ve c

23. Lenf bezleri aşağıdakileri yapar:
    a. Filtreleyip lenfleri temizler
    b. Fagositoksik hücreler barındırır
    c. Bakteri yutan hücreler içerir
    d. Hücre parçalarını ve ölü hücreleri yutan hücreler içerir
    e. Yukarıdakilerin hepsi

Cevaplar

1. e	7. b	13. a	19. a
2. e	8. b	14. b	20. a
3. c	9. d	15. d	21. a
4. e	10. c	16. d	22. e
5. c	11. d	17. b	23. e
6. c	12. e	18. a	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Kapalı ve açık dolaşım sistemleri arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları tanımlayın.
2. Böceklerdeki trakeli sistem onların dolaşım sistemine ne kadar etkilidir?
3. Malpighia tübüllerinin rolü nedir ve hangi tür hayvanların dolaşım sistemi ile etkileşime giriyorlar.
4. Birkaç farklı tipteki kalbi karşılaştırıp kıyaslayın.
5. Bir omurgalı dolaşım sistemi aracılığıyla tüm kan akışını takip edin.
6. Lenfatik sistemin fonksiyonları nelerdir.

13 Kan

Kas, kemik, kıkırdak ve sinirler gibi, **kan** da benzer tipteki hücrelerin bir araya gelmesi ve bunları çevreleyen hücreler arası maddeleriyle bir **doku** tipidir. Dokular dört ana grupta sınıflandırılır: (1) Epitel, (2) kas, (3) sinir ve (4) bağ doku. Bağ dokusu kan, lenf, kemik ve kıkırdak içerir. Kan ve lenfte temel madde ya da **matriks**, bir sıvıdır. Bu ikisini diğer doku tiplerinden ayıran şey, sabit olmamalarıdır. Kan, vücut boyunca kan damarlarından akan bir sıvıdır (lenf, lenf damarlarından akar.)

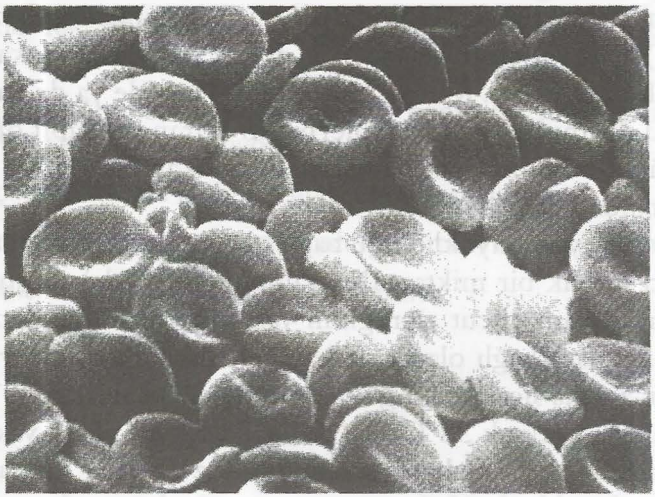
Bireysel büyüklüğüne bağlı olarak, yetişkin başına ortalama dört ile altı litrelik bir miktarı (bir galonun üzerinde) oluşturan kan, bir insanın toplam vücut ağırlığının yaklaşık yüzde 8'inden sorumludur. Organizmaya bağlı olarak da kan genellikle hayvanın vücut sıcaklığından biraz daha sıcaktır. Çoğu insanın öz vücut sıcaklığı 37°C iken (98,6°F), kanları yaklaşık 38°C'dir (100,4°F). Kanın pH'sı, yaklaşık 7,35 ila 7,45 arasında değişen hafif alkalindir. Tuz (NaCl) konsantrasyonu normal olarak yaklaşık 85 ile 90 ppt arasında değişir (bin parça başına) ya da genellikle yaklaşık 34 ppt olan deniz suyunun iki veya üç katı konsantrasyonu.

Plazma, hem kanın hem de lenfin sıvı kısmıdır. Kan hacminin yüzde 50 ila 60'ı plazmadan oluşur. Pıhtılaşmaya katılan proteinler

kan plazmasından çıkarıldığında, kalan sıvıya **serum** denir. Yüzde 90'ın üzerinde su olan plazma, çeşitli iyonları ve molekülleri taşır. Tuzlara ve proteinlere ek olarak, amino asitler, yağlar ve glukoz gibi birçok besin maddeleri vardır. Karbondioksit gibi çözünmüş gazların yanısıra, antikorlar, hormonlar, enzimler ve üre ve ürik asit gibi bazı atık ürünler de vardır. Kanda plazmanın nispi miktarı, türlere, cinsiyete, incelendiğinde organizmanın sağlığına ve diğer değişkenlerine bağlıdır. Kan hacminin kalan yüzde 40 ile 50'si, üç ana kategoriye bölünebilen hücre ve hücre parçalarından oluşur: **kırmızı kan hücreleri** ya da **eritrositler**; **beyaz kan hücreleri** ya da **lökositler** ve **kan pulcukları** ya da hücre parçacıkları olan **trombositler**.

Eritrositler (Kırmızı Kan Hücreleri)

İnsan kanındaki hücreler genellikle korpüsküller olarak adlandırılır. Bunların yüzde 99'u, vücut boyunca oksijenin taşınmasına katılan kırmızı kan hücreleridir. Görünüşte oldukça farklı, iki yandan basık, yassı şekilli



Şekil 13.1. Bir insan kırmızı kan hücresi kümesi. Yassılaşmış çökük şekli esnekliğini ve yüzey alanı/hacim oranını arttırır, oksijen ve karbondioksitin taşınmasının ve değişiminin verimliliğini arttırır.

(bikonkav disk) disklerdir (bk. Şekil 13.1). Kuşlar ve sürüngenler ömürleri boyunca her bir hücrede çekirdeğini koruyan kırmızı kan hücrelerine sahiptir ama memelilerin olgun eritrositlerinde çekirdekleri parçalanır.

Çekirdeğin kaybıyla hücrelerin oksijen değişim kapasitesine katkıda bulunduğu anlaşılmıştır. Kırmızı kan hücrelerinin bikonkav disk şekli yüzey alanını arttırır, böylece oksijenin taşınmasında görev alan ve demir içeren bir protein olan **hemoglobin**, memelilerin kırmızı kan hücrelerinin neredeyse tüm hacmini doldurabilir, oksijensiz ortamda daha etkili bir şekilde etkileşim kurmalarını sağlar. Yaklaşık üç ila dört aylık ortalama bir ömre sahip olan kırmızı kan hücreleri daha sonra karaciğer tarafından parçalanır. Yeni kırmızı kan hücreleri sürekli olarak kırmızı kemik iliği tarafından yapılır.

Hematokrit değeri olarak bilinen, kan plazmasındaki hücreler ve partiküler madde konsantrasyonu genellikle, yaklaşık yüzde 40 ila 45'tir. Eğer konsantrasyon bu değerin altına düşerse, birey hücresel solunumu korumak için yeterli miktarda oksijen sağlayacak kırmızı kan hücresi veya hemoglobin miktarına sahip değilse tehlike altındadır. Kandaki kırmızı kan hücresi konsantrasyonu ya da kırmızı kan hücrelerinin hemoglobin konsantrasyonu, normalin altına düşerse, birey **anemik** olur; bu durum **anemi** olarak bilinir. Belirtileri çoğu kez genel solgunluk (soluk görünüm) ve enerji eksikliğini içerir.

Kan Grupları

Herkes, hem kırmızı kan hücrelerinin yüzeylerinde, hem de kırmızı kan hücrelerini yıkayan plazma üzerinde bulunan proteinler ve diğer genetik olarak belirlenmiş faktörlere doğrudan yüklenen, son derece bireyselleşmiş bir kana sahiptir. Tüm kan gruplarından (300'ün üzerinde), en yaygın olarak ABO grubu bilinmektedir. Doktorlar kan nakli yapmaya başladığında (bir kişiden diğerine kan aktararak), birçok hastanın hayatları kurtarılırken, diğer birçok hasta hemen öldü. Diğer birçok hasta neredeyse anında öldü. Uyumsuz olan bazı farklı **kan tiplerinin** varlığını öğrenmek yıllar aldı.

Uyumsuz kan tipleri karıştırıldığında, nakledilen kanı alan hastanın kanı kümeleşir, pıhtılaşır, kılcal damarları tıkar, organları tıkar ve felce neden olur. Artık bazı eritrosit yüzeylerinin **aglutinojenik proteinler** olarak bilinen, **antijenler** olarak görev yapan, ona karşı vücudu uyararak antikor üretimini sağlayan, genetik olarak belirlenmiş protein tiplerini içerdiğini biliyoruz. **Antikorlar**, antijenleri inaktive eden ya da yok eden proteinlerdir. Kırmızı kan hücresinin yüzeyinde bulunan protein formundaki antijenler ve plazma antikorlarının her ikisi de farklı kan türlerini oluşturur.

ABO grubu, bir kromozomal lokusta AA, AB, BB, AO, BO veya OO olarak bulunabilen iki allelin kombinasyonuna dayanır. Bunlar, A ve B olmak üzere iki farklı antijenin sonucudur ve bu antijenler eksik olduğunda da O olarak adlandırılır. İki AA ya da bir A diğer antijen olmadığında A grubu kanı olşturur. BB ve BO, B grubu kanı oluşturur. A ve B bir arada bulunduğunda, kan AB grubu olarak adlandırılır ve her ikisi de olmadığında, kan O grubudur.

A kan grubu B antikoru içerir (anti-B); B kan grubu anti-A içerir; O kan grubu anti A ve anti-B içerir ve AB kan grubu ne anti-A ne de anti-B içerir. Bir kan grubunun plazmasında bulunan antikorlar, başka bir kan grubunun eritrositlerinde bulunan antijenlerle, pıhtılaşma ile sonuçlanan bir reaksiyona girecektir. Böylece, bir kan nakli yapılırken, sizin sahip olduğunuz bir kan grubunu almak bu yüzden daima en iyisidir. O kan grubu, bütün kan gruplarına verebildiği için **genel verici** olarak adlandırılır. Eğer kan nakli yekpare yapılmayacaksa, genellikle A grubu ya da B grubu, AB grubuna sahip bir bireye verilebilir. Aynı şekilde A grubu ya da B grubuna sahip olan insanlar, AB kan grubuna sahip olan insanlardan kan alabilir. Tablo 13.1'de her bir kan grubunda bulunan antijen ve antikorlar ile hangi kan grubunun, kan nakli esnasında verici olarak rol oynadığı gösteriliyor.

Rh

Rh sistemi, adını ilk çalışıldığı rhesus maymunlarından alır. ABO sistemi gibi **Rh sistemi** de eritrosit yüzeyinde bulunan aglütinojenlere dayanır.

Tablo 13.1. Kan Gruplarının Uyumu

Antijenler ve Antikorlar		
Kan Grubu	Eritrositlerdeki Antijenler	Plazmadaki Antikorlar
A	A	anti-B
B	B	anti-A
AB	A ve B	Hiçbiri
O	Hiçbiri	anti-A ve anti-B
Verici/Alıcı İlişkileri		
Kan Grubu	Kan Alınabilir	Donör Olarak Hareket Edebilir
A	A, O	A, AB
B	B, O	B, AB
AB	A, B, AB, O	AB
O	O	A, B, AB, O

Rh aglütinojenlere sahip eritrositli insanlar Rh^+, olmayanlar Rh^- olarak adlandırılır. Kan naklinde hem ABO kan grupları ve hem de Rh tipi kontrol edilmeli çünkü Rh uyumsuzluğu bazen ölümcül olan şiddetli bir reaksiyon üretebilir.

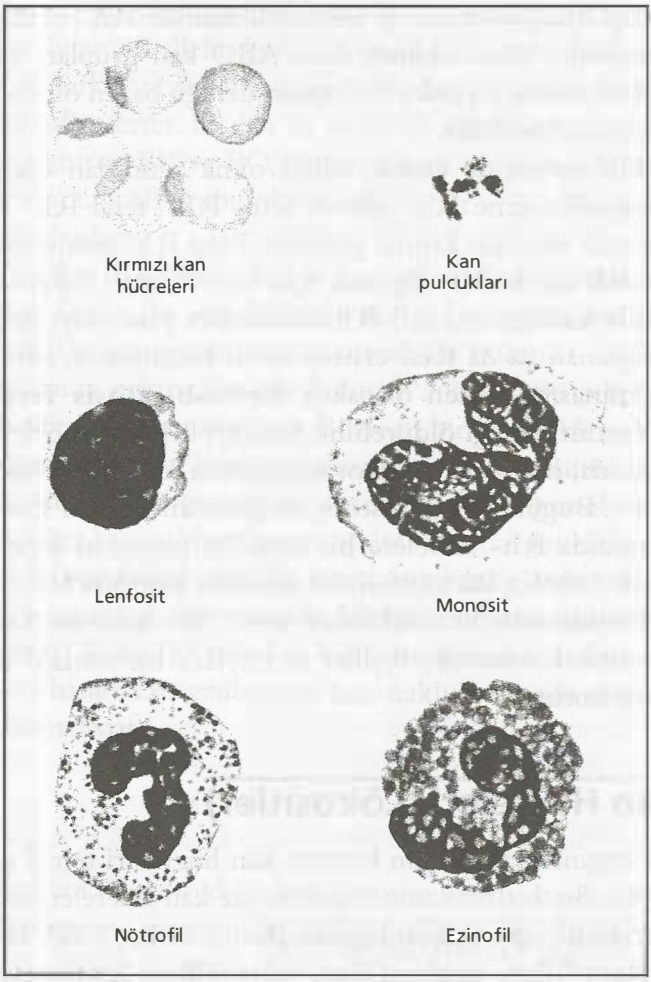
Rh tipleri de çocuk sahibi olma açısından önemlidir. Baba Rh^+ olduğunda, anne Rh^- dir ve fetus Rh^+, fetal Rh^+ antijenleri doğum sırasında annenin kanına girebilir. Fetal Rh^+ antijenleri, annenin kanını anti-Rh antikorları yapmak için uyaracaktır. Daha sonra, kadın tekrar hamile kaldığında, anti-Rh antikorları plasentayı geçecek, **hemolizle** sonuçlanan ya da fetal eritrositlerin kırılmasına, hemoglobinin serbest bırakılmasına neden olacaktır. **Eritroblastosis fetalis** olarak bilinen bu durum bebeği öldürebilir. Sonra, bir bebek böyle bir durumla doğduğunda, doktorlar antikor içermeyen kan ile yavaşça kanını uzaklaştırırlar. Bugün, eritroblastosis, doğumdan hemen sonra ya da bir kürtaj sonrasında Rh- annelere bir anti-Rh preparatı enjekte edilerek rutin olarak önlenir. Bu enjeksiyon annenin kanında bulunan fetal aglütinojenleri temizleyen antikorları içerir. Bu annenin kanının kendi antikorlarını üretmesini engeller ve böylece bir sonraki hamilelik sırasında fetüsü korur.

Beyaz Kan Hücreleri (Lökositler)

Her organizmada olgun kırmızı kan hücreleri temel olarak birbirleriyle aynıdır. Bu, bir hayvanın olgun beyaz kan hücreleri (lökositler olarak da adlandırılır) için doğru değildir. Bunlar birkaç farklı kategoriye ayrılmıştır. **Bazofiller, eozinofiller, nötrofiller, lenfositler** ve **monositler** vardır (bk. Şekil 13.2). Hepsi çekirdeğe sahip ve hiçbiri hemoglobin içermez. Yukarıda listelenen beş tipten, ilk üçü kırmızı kemik iliğinde üretilir. Diğer ikisi lenfoid ve miyeloid dokulardan gelişir.

Genel olarak lökositler ya fagositoz yoluyla bakterileri ve ölü maddeleri yutarak ya da yabancı cisimleri etkisiz hâle getiren kimyasallar üreterek inflamasyon ve enfeksiyonla savaşırlar. **Bağışıklık sistemindeki** önemli faktörler, lenfositler antijenleri inaktive etmek için antikorların üretilmesinde rol oynar. Antijenlerin çoğu vücut tarafından üretilmez ancak bakteri veya diğer yabancı mikroorganizmalar tarafından salınır. Bununla birlikte, bir kişiden diğerine kan nakli yapıldığı zaman, bir eritrosit yüzeyindeki spesifik proteinler bir antijen olabilir.

Lenfositlerin iki temel tipi vardır. Bunlar görevlerine göre farklılaşırlar. Kemik iliğinden meydana gelmelerine rağmen, bazı lenfositler gelişimleri esnasında timus bezine geçerler. Bundan dolayı **T hücreleri**



Şekil 13.2. Kan hücresi tipleri hücrenin şekline ve boyutuna göre sınıflandırılır; çekirdeğin yokluğu, varlığı, şekli ve büyüklüğü ve sitoplazmanın granüler olup olmadığı. Kan hücrelerinin bu farklılıkları iş bölümlerini yansıtır.

olarak adlandırılırlar. Bakteriler, mantarlar ve nakledilen organlardaki hücreler gibi vücuda giren yabancı hücrelerle veya dokularla mücadele etmede uzmanlaşmışlardır. Ayrıca kanser hücrelerine karşı savaşta ve hücreleri virüslerden korumayı da kapsarlar. T hücreleri hem hücre öldürücü kimyasalların oluşturulmasında ve hem de karşılaşılan yabancı cisimleri fagosite eden diğer beyaz kan hücrelerinin toplanmasında da rol oynarlar. Antikor oluşturmazlar.

Gelişimleri esnasında timus bezine geçmeyen, diğer lenfositler **B hücreler** olarak adlandırılırlar. Uyarıldıklarında, bölünürler ve antikorları üreten plazma hücrelerini oluştururlar. Antikorlar antijenlerle karşılaştığında onları yok etmeye çalışırlar. Bu **antijen-antikor reaksiyonu** olarak bilinir. Kan dolaşımının içinde görev yapmaya ek olarak, lökositlerin çoğu kılcal damarların duvarlarında ve yakınındaki dokularda ufacık boşlukları geçme özelliğine sahiptir.

Kan Testi

Bir **kan testi** genellikle her bir beyaz kan hücresi sayısının toplam hesabına dayanan bir diferansiyel sayımı içerir. Normal bir **diferansiyel sayım**, diğer beyaz kan hücreleri tiplerinden önemli ölçüde daha az olan, yüzde 60 ila 70 oranında nötrofil içerir. Normalden önemli ölçüde farklılaşan beyaz kan hücresi sayımları çoğunlukla bir yaralanma veya enfeksiyonun varlığını gösterir. Böyle bilgiler, bir bozukluğun nedenini veya doğasını bulgulardan teşhis etmeye çalışan bir doktor için değerlidir.

Lökositler çoğunlukla kanserle birlikte, vücuda ağız, burun ve cilt yoluyla giren bakteri ve diğer yabancı maddeler gibi sağlıksız hücrelerle mücadele ettiği için, genellikle çok kısa ömürlüdür. Normal yaşam süreleri, genellikle sadece birkaç gün süren kırmızı kan hücresinden çok daha kısadır. Bir enfeksiyon döneminde, sadece birkaç saat hayatta kalabilirler.

Kan Pulcukları (Trombositler)

Kan pulcukları pıhtılaşma işlemi için çok önemli olan küçük, disk şeklinde, çekirdeksiz (çekirdeği olmayan), pıhtılaşma sürecinde çok önemli olan hücreler veya hücre parçalarıdır. Bir kan damarı kesildiğinde veya hasar gördüğünde pıhtılaşma ile sonuçlanan adımları başlatarak kanama miktarının en aza inmesine yardım ederler. Hasarlı dokular ve yırtılan trombositlerin her ikisi birden **tromboplastinler** olarak bilinen maddeleri salgılarlar. Bunların, kalsiyum iyonlarının varlığında kanın pıhtılaşmasını başlattığı düşünülmektedir.

Önce salınan tromboblastinler plazma proteini olan **protrombini trombine**, o da **fibrinojeni** diğer bir plazma proteini olan **fibrine** dönüştürür. Fibrin liflidir ve bir kan pıhtılaşması oluşturmak için sıvıları sıkarak büzülmeye başlayan bir ağ yapısı oluşturur. Bu adımlar aşağıdaki sayfada özetlenmiştir.

1. $\text{prothrombin} \xrightarrow[Ca^{++}]{\text{thromboplastin}} \text{thrombin}$

2. $\text{fibrinogen} \xrightarrow{\text{thrombin}} \text{fibrin}$

Kanın pıhtılaşma süreci tam olarak yeni açıklanmıştır. Kanın, kan dolaşımı dışındaki hücrelerle temas ettiği zaman, **doku faktörü** (TF) olarak adlandırılan, kan akışının dışındaki çoğu hücrenin yüzeyinde bulunan, pıhtılaşmaya yol açan olaylar dizisini başlatan bir protein molekülünün ortaya çıktığı gösterilmiştir.

Bu doku faktörü proteini, kanda dolaşan bir proteinle (faktör 7) birleşir. Bu anında, doku faktörü 10 ile bağlanarak pıhtılaşma sürecini başlatan yeni bir doku faktörü 7a (TF/7a) oluşur ve onu faktör 10a'ya dönüştürür. Bu protein faktör 5a'ya bağlanır. Sonra, bunlar dolaşım proteini protrombine bağlanır, yukarıda açıklandığı gibi, fibrin moleküllerini oluşturan trombin moleküllerini oluşturur.

Pıhtılaşma sürecine yardımcı olmak için hasarlı dokular **histamin** salgılar, kılcal damarların ve arteriollerin çapını genişleten bir kimyasal, böylece bölgeye kan akışını arttırır ve daha fazla pıhtılaşma proteinlerinin kan dolaşımından hasar görmüş dokuya sızmasını sağlar. Kanamayı durdurmanın yanı sıra, pıhtılaşma bakteri ve diğer yabancı maddelerin yaradan girmesini de engeller. İltihaplı yaranın etrafında biriken ölü beyaz kan hücreleri, **irin** adı verilen kalın, kremsi sarı sıvıyı oluşturur. Eğer yara yüzeye yakınsa, hasarlı alan nihayet açılarak, irinin boşalmasına izin verir. Aksi hâlde, vücut ölü hücreleri yavaşça emer.

Kandaki İyonlar, Tuzlar ve Proteinler

İnorganik iyonlar ve tuzlar, bir insanın kan plazmasının ağırlıkça yaklaşık yüzde 0,9'unu oluşturur. Bunun üçte ikisinden fazlası sodyum klorürdür (NaCl, sıradan sofra tuzu). Plazmada bulunan en çok pozitif yüklü inorganik iyonlar (katyonlar) sodyum (Na^+), kalsiyum (Ca^{2+}), potasyum (K^+) ve magnezyum (Mg^{2+})'dur. Temel negatif yüklü inorganik iyonlar klorür (Cl^-), bikarbonat (HCO_3^-), fosfat (HPO_4^{2-} ve $H_2PO_4^-$) ve sülfat (SO_4^{2-})'tır.

Plazma proteinleri, plazma ağırlığının diğer yüzde 8 ila 9'unu oluşturur. Bunların çoğu albüminler, globulinler ve fibrinojen gibi, karaciğer tarafından sentezlenir. Kılcal yataklarda özellikle önemli olan kanın osmotik basıncının korunmasında önemlidir. Aynı zamanda, normal bir kan basıncını korumak için kalpte hayati öneme sahip olan plazmanın viskozitesinin korunmasında da çok önemlidir.

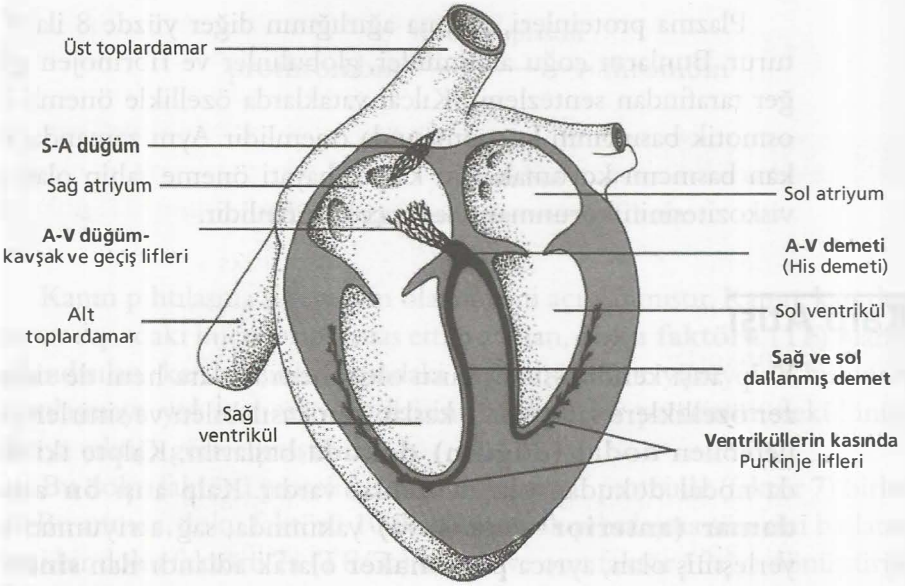
Kalp Atışı

Kalp atışı kendi eşsiz dokusu olup, hem kaslara hem de sinirlere benzer özelliklere sahip olan, kaslar gibi kasılabilen ve sinirler gibi impuls iletebilen **nodal (düğüm) dokuda** başlatılır. Kalpte iki **düğüm** ya da nodal dokudan oluşan alanlar vardır. Kalp atışı **ön ana toplardamar (anterior vena cava)** yakınında, sağ atriyumun duvarında yerleşmiş olan, ayrıca **pacemaker** olarak adlandırılan **sinoatrial düğümde** (ya da **S-A nod**) başlar. Düzenli aralıklarla S-A düğümden atriyum duvarları boyunca, her iki atriyum arasındaki bölümün alt kısmına yerleşmiş olan **atrio-ventriküler düğüme (A-V nod)** bir kasılma dalgası yayılır. Kasılma dalgası A-V düğüme ulaştığında, bu düğüm, impulsları, **his demeti** olarak bilinen dallanmış lif demetleri vasıtasıyla ventriküllere iletir. İmpuls His demetlerinde yavaşlar. Atriyal gevşeme esnasında, ventriküler kasılma meydana gelir (bk. Şekil 13.3).

Bu kasılmalar, zaman zaman organizmanın fizyolojisine göre değiştirilen düzenli aralıklarla meydana gelir. Bu kasılmaların meydana gelme hızı, dakika başına döngü sayısı hesaplanarak ölçülür; bu, yetişkin insanlarda dakika başına 70 atım ortalaması olan **nabız sayısı** olarak bilinir ancak bireyler arasında önemli ölçüde farklılık gösterir.

Kan Basıncı

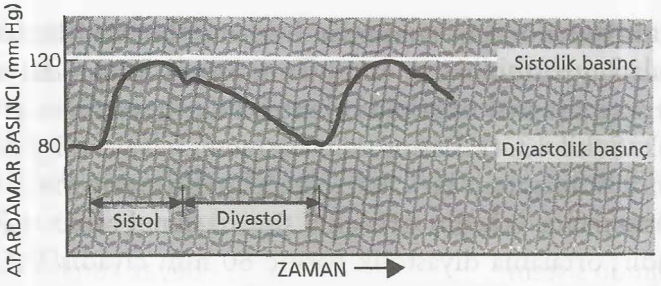
Kan basıncı, kan tarafından herhangi bir kan damarının duvarına uygulanan basınç olarak tanımlanır. **Sistol** esnasında, ventriküller kasılırken ve **diastol** esnasında, ventriküller gevşediğinde iki basınç ölçülür (bk. Şekil 13.4). Basınç, kan basıncını, civayı (Hg) bir boruya iten basınca dönüştüren bir cihaz olan **sfigmomanometre** ile ölçülür. Genç, yetişkin bir erkeğin ortalama sistolik kan basıncı yaklaşık 120 mm civadır; ortalama diyastolik basınç 80 mm civadır. Bu genellikle 120/80



Şekil 13.3. İnsan kalbindeki pacemaker dokular. Kalp atışı, atriyumu kasılmaya sevkeden S-A düğüm tarafından başlatılır. A-V düğüm bu kasılmaları ventriküllerinki ile koordine eder.

olarak gösterilir. Genç yetişkin dişiler hem sistolik hem de diyastolik basınçlar için genellikle yaklaşık 10 mm civa daha az olan kan basıncına sahiptir.

Kan basıncı yaşla birlikte artma eğilimi gösterir ancak bazı kalıtsal ve diyetsel değişkenler nedeniyle de artar. Elde edilen bulgular yüksek tansiyon ve kalp krizi riskinin artması arasında bir ilişki olduğunu gösterdiğinden, birçok doktor, potansiyel riskleri izlemek için rutin olarak hastanın kan basıncını ölçer. Risk kategorisine giren hastalara diyet ve



Şekil 13.4. Kalp atışını takip eden, sistolik ve diyastolik basıncı ölçen bir EKG (elektrokardiyogram).

egzersiz konusunda tavsiyeler verilebilir. Bazı ilaç tedavilerinin de yararlı olduğu gösterilmiştir.

ANAHTAR TERİMLER

Aglütinojenik proteinler
Anemi
Anemik
Antikorlar
Antijen-antikor reaksiyon
Antijenler
Atrio-ventriküler düğüm
A-V nod
Bazofil
B hücreler
Kan
Kan basıncı
Kan testi
Kan tipleri
His demeti
Diastol
Diferansiyel sayım
Ezinofiller
Eritroblastosis fetalis
Eritrositler
Fibrin
Fibrinojen
Hematokrit değeri
Hemoglobin
Hemoliz
Histamin
İmmün sistem
Lökositler
Lenfositler
Matriks
Monositler
Nötrofiller
Nodal doku
Nodlar
Pacemaker
Plazma
Kan pulcukları
Protrombin
Nabız sayısı
İrin
Kırmızı kan hücreleri
Rh sistem
S-A nod
Serum
Sino-atrial düğüm
Sfigmomanometre
Sistol
T hücreler
Trombin
Trombositler
Tromboplastinler
Doku
Doku faktörü
Genel verici
Beyaz kan hücreleri

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Kan, Eritrositler, Lökositler ve Kan Grupları

1. Lenf damarları hariç, vücudun tüm damarlarından akan sıvı _____ dır.
   a. Serum
   b. Lenf
   c. Kan
   d. Plazma
   e. Lümen

2. Bağ dokusu aşağıdaki doku tiplerini içerir:
   a. Sinir ve bağ
   b. Epitel ve kas
   c. Kas ve sinir
   d. Kemik ve epitel
   e. Lenf ve kıkırdak

3. _____ hem kanın hem de lenfin sıvı kısmıdır.
   a. Plazma
   b. Matriks
   c. Temel madde
   d. Su
   e. Üre

4. Pıhtılaşmaya katılan proteinler kan plazmasından çıkarıldığında, kalan sıvıya _____ denir.
   a. Su
   b. Üre
   c. Temel madde
   d. Serum
   e. Lümen

5. Plazmaya ek olarak, kan hacminin kalan yüzde 40 ila 50'si aşağıdakilerden oluşur:
   a. Trombositler ve kan pulcukları
   b. Eritrositler ve lökositler
   c. Beyaz kan hücreleri ve kırmızı kan hücreleri
   d. Lökositler
   e. Yukarıdakilerin hepsi

6. Kan plazmasındaki hücreler ve partiküler madde konsantrasyonu _____ olarak bilinir.
   a. Eritrosit sayısı
   b. Kan hücresi sayımı
   c. Hemoglobin seviyesi
   d. Anemi analizi
   e. Hematokrit değeri

7. Kırmızı kan hücrelerinin kandaki konsantrasyonu veya hemoglobinin kırmızı kan hücresi konsantrasyonu normalin altına düştüğünde, bir kişi _____ olur.

a. Anemik
b. Zayıf
c. Soluk
d. Yukarıdakilerin hepsi
e. Yukarıdakilerin hiçbiri

8. Eritrositlerin yüzeyleri, iki ana kan grubu sınıflandırmasından sorumlu olan genetik olarak belirlenmiş protein türlerini içerir, bunlar:
a. ABO ve Rh
b. A grubu ve B grubu
c. AB grubu ve O
d. Rh– ve Rh+
e. O grubu ve Rh–

9. O kan grubu, diğer kan gruplarından herhangi biriyle aglütinasyon yapmaz ve bu nedenle _____ olarak bilinir.
a. Genel verici
b. A Kan Grubu
c. B Kan Grubu
d. AB Kan Grubu
e. ABO Kan Grubu

10. Lenfositler, _____ olarak bilinen yabancı kimyasalları etkisiz hâle getiren _____ olarak bilinen belirli proteinlerin üretilmesinde rol oynamaktadır.
a. Antijenler, antikorlar
b. Antikorlar, antijenler
c. Bazofiller, ezinofiller
d. Nötrofiller, monositler
e. Yukardakilerin hiçbiri

Kandaki Trombositler, İyonlar, Tuzlar ve Proteinler

11. Parçalanmış trombositlerin yanı sıra hem kesilmiş hem de hasar görmüş dokular, _____ olarak bilinen pıhtılaşma ile ilgili maddeleri serbest bırakırlar.
a. Trombinler
b. Protrombinler
c. Fibrinojenler
d. Kalsiyum iyonları
e. Tromboplastinler

12. Tromboplastinlerin kan pıhtılaşma sürecini başlatması için _____ iyonlarının varlığı gereklidir.
a. Magnezyum
b. Kadmiyum
c. Kurşun
d. Kalsiyum
e. Klorid

13. Serbest bırakıldıktan sonra, tromboplastinler, plazma proteini _____'i _____ dönüştürür.
a. Fibrin, fibrinojen
b. Protrombin, trombin
c. Trombinojen, trombin
d. Trombin, protrombin
e. Profibrinojen, fibrinojen

14. Trombin başka bir plazma proteinini _____'da dönüştürür.
    a. Fibrin
    b. Histamin
    c. Kalsiyum iyonları
    d. Protrombin
    e. Tromboplastin

15. Pıhtılaşma sürecine yardımcı olmak için, hasarlı dokular kılcal damarların ve arteriollerin çapını genişleten bir kimyasal _____'da salar, böylece bölgeye kan akışını arttırır, daha fazla pıhtılaşma proteinlerinin kan dolaşımından hasar görmüş dokuya sızmasına izin verir.
    a. Histamin
    b. Fibrin
    c. Kalsiyum iyonları
    d. Trombin
    e. Tromboplastin

16. Plazmada bulunan en çok pozitif yüklü inorganik iyonlar:
    a. Sodyum
    b. Kalsiyum
    c. Potasyum
    d. Magnezyum
    e. Yukarıdakilerin hepsi

17. İnsan kan plazmasında bulunan temel negatif yüklü inorganik iyonlar aşağıdakileri içerir:
    a. Klorid
    b. Bikarbonat
    c. Fosfat
    d. Sülfat
    e. Yukarıdakilerin hepsi

18. Kalp atışı _____'da başlar.
    a. Sino-atrial düğüm
    b. S-A nod
    c. Pacemaker
    d. Yukarıdakilerin hepsi
    e. Yukarıdakilerin hiçbiri

19. Bir kasılma dalgası, atriyumların duvarları boyunca S-A düğümünden _____ yayılır, _____ aracılığıyla impulsları ventriküllere iletir.
    a. Atrio-ventriküler düğüm, dallanmış liflerden bir demet
    b. A-V nod, His demeti
    c. Atrio-ventriküler düğüm, His demeti
    d. A-V nod, dallanmış liflerden bir demet
    e. Yukarıdakilerin hepsi

20. Ventrikül kasıldığında herhangi bir kan damarının duvarına uygulanan kan basıncı _____ dır ve kalp gevşediğinde herhangi bir damarın duvarına uygulanan basınç _____ dır.

a. Sistolik basınç, diyastolik basınç
b. Diyastolik basınç, sistolik basınç
c. Sfigmomanometre basıncı, kan basıncı
d. Ventriküler basınç, aventriküler basınç
e. Ventriküler basınç, kulak basıncı

Cevaplar

1. c	6. e	11. e	16. e
2. e	7. d	12. d	17. e
3. a	8. a	13. b	18. d
4. d	9. a	14. b	19. e
5. e	10. b	15. a	20. a

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Bir omurgalı ve bir böceğin kanının içeriğini analiz edin, karşılaştırın ve kıyaslayın.
2. Kan nasıl pıhtılaşır?
3. Bir kalp atışı nasıl meydana gelir?
4. Kan basıncı nedir?

14 Virüsler ve Altvirüsler

Virüsler ve **altvirüsler** hücresel yapıya sahip değildirler. Bu nedenle, temel birimleri hücrelerden oluşmadığından tanım gereği bunlar yaşayan canlılar değildir. Buna rağmen, canlı organizmalarla birçok temel yoldan etkileşime girerek hücresel süreçleri etkilerler ve çok sayıda gerçek semptomlara neden olabilirler. Aslında, bu küçük, anlaşılmaz, canlı olmayan varlıklar AIDS de dâhil olmak üzere bir dizi başka büyük hastalık ve salgın hastalığın yanı sıra Amerika'da her yıl 60 milyondan fazla soğuk algınlığı vakasından sorumludur.

Virüsler

Aslında virüslerin canlı organizmalarla birçok ortak özelliğinin bulunması, onların kendi hücresel olmayan bir yaşam kategorisine dâhil edilmeleri için olumlu nedenler sunar. Eğer bu, bilim insanlarının çoğunluğu tarafından onay görürse, böyle bir durum genlere sahip hücresel olmayan varlıkların da canlılara dâhil edilmesi demek olur ki bu yaşamın tanımının genişletilmesini gerektirir. Böyle bir yeniden gözden geçirme gerçekleşirse, virüsler kendi âlemini oluşturabilir.

Virüsler ortalama olarak tipik bir bakteriden 10 ila 100 kat daha küçüktür, bu da onları çoğu optik mikroskopla görülemeyecek kadar küçük yapar.

1931'de elektron mikroskobunun icadı bu ışık bariyerini kırdı. Ve X-ışını kristalografisi, X-ışınlarının kristalize virüs parçacıklarının baştan başa tüm yüzeylerinde kırınımı sonucu onların moleküler yapısını ortaya çıkaran bir teknik, araştırmacıların bu formları incelemesine olanak sağladı.

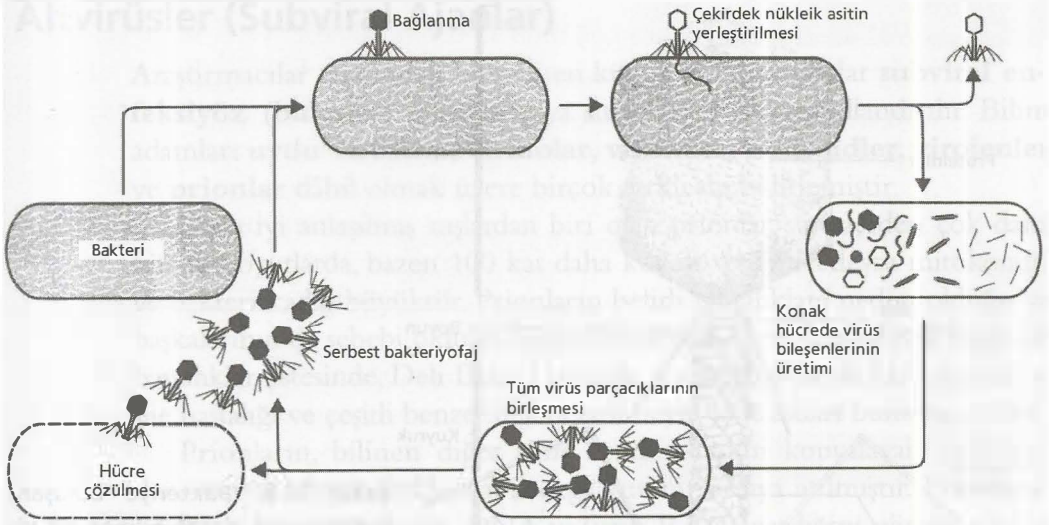
Bazı zorunlu hücre içi bakteriler gibi, virüsler de parazitiktir ve yerleşecekleri hücreler olmaksızın çoğalamazlar. Virüsler, canlı hücreler gibi, nükleik asitler içerirler ve bunlar, 20 ila 250 nanometre arasında değişen, bazen **viral kapsit** olarak adlandırılan, koruyucu bir protein katmanı ile çevrilidir (1 nanometre = 1 milimetrenin milyonda 1'i).

Hücrelerin dışında, virüsler çoğalamaz, beslenemez veya büyüyemez. Ve canlı hücrelerden farklı olarak virüsler metabolize edemezler; yani kendi enerjilerini üretmezler. Bunun yerine, kendi viral DNA veya RNA'sında bulunan bilgilerle, diğer hücrelere baskı yapar ve konakçının hücresel mekanizmasını kullanarak daha fazla virüsün üretimini yönlendirmek için nükleik asitlerini ev sahibi hücrelerine yerleştirirler. Diğer tüm organizmalar hem DNA hem de RNA içeriyor olsa da virüsler sadece birini veya diğerini içerir.

Konakçı hücrenin dışında, virüs inaktiftir, üreme yeteneğine sahip değildir ya da onu yaşayan bir canlı olarak tanımlayabilecek herhangi bir metabolik fonksiyona sahip değildir. Bununla birlikte, birçok farklı virüs türünün her biri potansiyel bir konakçının dış protein kılıfının üzerindeki reseptör bölgelerini "teşhis eder" ve böylece hangi hücrelere saldıracağını "bilir." Virüs, ya konakçının protein örtüsüne bağlanıp viral DNA veya RNA'yı içeriye enjekte ederek ya da doğrudan girerek, konakçı hücreyi enfekte edebilir. İçeri girdiğinde, viral kapsit çözülür ve viral DNA veya RNA, viral bileşenlerin üretimi için bir şablon görevi görür. Yani, virüs genetik materyalini ev sahibininkilere bağlar ve hücreyi normalde kendini kopyalamak için kullandığı aynı mekanizmalarla daha fazla virüs üretecek şekilde "oyuna getirir." Zamanla, virüs parçacıkları konakçı hücre içinde toplanır. Daha sonra, hücre zarını parçalayarak (çözerek), yeni virüsler konakçıdan ayrılır ve yeni, enfekte olmamış hücreleri enfekte ederler (bk. Şekil 14.1).

Virüslerin bir konakçının hücrelerine virüs genetik bilgisini karıştırması ve bunlara enjekte etme kapasitesi evrimde önemli ve hatta muhtemelen kritik bir rol oynayabilir. Kromozomlardaki DNA'yı yeniden düzenleyerek ve genleri bir türden diğerine transfer ederek, virüsler bitki ve hayvanlar arasında genetik materyali taşıyabilir, bazen de kayda değer uyarlanabilir yeni özellikler kazandırabilir. Aslında, bazı virüslerin zaman içinde evrimsel olarak yararlı bir etkiye sahip olması mümkündür.

Virüslerin konakları ile, birbirleriyle olandan daha yakın olduğu, belki de hücrelerden kaçan nükleik asitler oldukları ve kendi başlarına çoğalmaya başladıkları ancak gerekli kimyasallar ve yapılar için hücrelere dönmeleri gerektiği öne sürülmüştür.



Şekil 14.1. Bir virüsün proliferatif (çoğalma) döngüsü; burada konakçı hücre bir bakteridir ve virüs bir bakteriyofajdır.

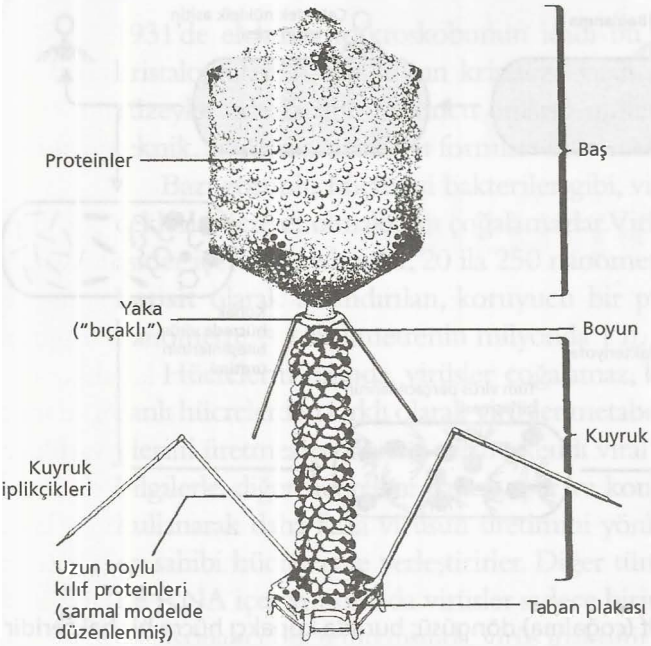
Bakteriyofajlar olarak bilinen bazı virüsler sadece bakterilere bulaşır (bk. Şekil 14.2 ve 14.3). Diğerleri sadece ökaryotik hücrelere bulaşır. Ve birçoğu saldıracakları hücre tipine göre son derece özelleşmiştir. İnsanlara bulaşan başlıca virüs türleri arasında, yaygın olarak soğuk algınlığına neden olan soğuk algınlığı virüsleri veya **rinovirüsler** bulunur.

İnfluenza **(grip) virüsü** bilinen en hızlı mutasyona uğrayan virüs olup, gribin sonraki kuşaklar boyunca devamını sağlayacak dış protein örtüsünü hızlı değiştirebilme kapasitesindedir. Bu yüzden insanlar yeni virüse karşı antikorları olmadığından griplere yılda bir defadan fazla yakalanabilirler. RNA virüsleri kızamık, kızamıkçık (Alman kızamığı) ve kabakulak gibi çocukluk çağı hastalıklarına neden olur. Beşinci hastalık olarak adlandırılan başka bir çocukluk hastalığına da **parvovirüs** neden olur.

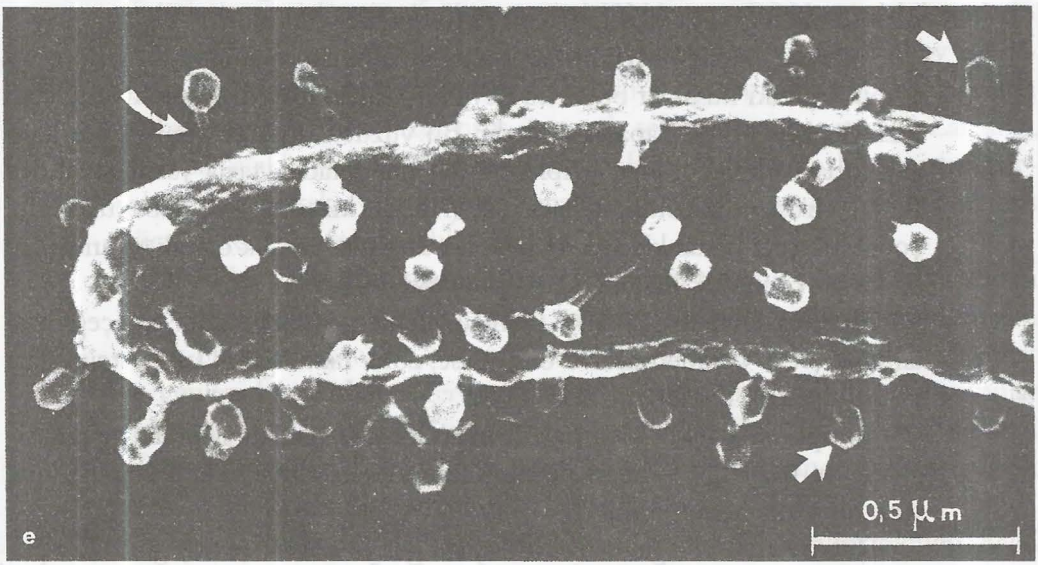
Herpes virüsünün farklı formları uçuk, genital yaralara, suçiçeği hastalığına (veya yeniden aktive olmuş ise, zona hastalığına) ve Epstein-Barr virüsü öpücük hastalığına neden olur.

46 tipi bilinmekte olan **papillomavirüsler**, plantar siğillere, genital siğillere ve bazı siğil benzeri döküntülere neden olmaktadır. **Hepatit**'e de yine bir virüs neden olur.

Retrovirüsler, diğer virüslere kıyasla geriye dönük (retro) genetik replikasyon sekansı için adlandırılan bir grup virüstür. **AIDS** virüsleri bu gruptadır. Viral bir enfeksiyonun neden olduğu iyi bilinen bir başka hastalık da kuduzdur.



Şekil 14.2. Bakteriye bulaşan, bakteriyofaj olarak bilinen bir virüs diyagramı (altı yaka bıçağının sadece ikisi ve altı kuyruk iplikçiğinin ikisi burada gösterilmiştir).



Şekil 14.3. Birçok bakteriyofaj tarafından enfekte edilen bir bakteri hücresinin (*Escherichia coli*) taramalı elektron mikroskobu (SEM) fotomikrografisi.

Altvirüsler (Subviral Ajanlar)

Araştırmacılar tarafından bilinen en küçük bulaşıcı ajanlar **subviral enfeksiyöz (bulaşıcı) ajanlar** veya subvirüsler olarak adlandırılır. Bilim adamları **uydu virüsleri, virinolar, viroidler, virüsoidler, virojenler** ve **prionlar** dâhil olmak üzere birçok farklı tip belirlemiştir.

Daha iyi anlaşılmış suşlardan biri olan prionlar, virüslerden çok daha küçük boyutlarda, bazen 100 kat daha küçük veya neredeyse mitokondri ve bakteri kadar büyüktür. Prionların belirli hastalıklara neden olduğu ve başkalarının da sebebi olduğu düşünülmektedir. Prionların teşvik ettiği bu hastalıklar listesinde, Deli Dana Hastalığı, Creutzfeld-Jacob Hastalığı, scrapie hastalığı ve çeşitli benzer dejeneratif beyin hastalıkları bulunmaktadır.

Prionların, bilinen diğer tüm kendi kendini kopyalayan varlıklardan radikal olarak farklı olabileceği kuramı ortaya atılmıştır. Prionların herhangi bir nükleik asit, DNA ve/veya RNA içerdiğini gösteren kanıt yoktur; bunun yerine, protein noktalarından biraz daha fazla görünürler. Nükleik asitleri ihtiva ettiği keşfedilse bile, prionlar o kadar küçüktür ki, 50 nükleotidden daha uzun bir nükleik asit içerme şansı çok azdır. Bu, yaklaşık 12 amino asitten daha fazlasını içeren bir proteini kodlayacak kadar büyük değildir.

Aksine bulgulara rağmen, prionların aslında geleneksel virüsler olabileceği öne sürülmüştür ancak bu çokda olası değildir. Canlı hücrelerde üreyen ve henüz aydınlatılamamış bir teknik kullanan yeni bir proto-organizmal malzeme kategorisini temsil edecekleri de aynı derecede olası görünmemektedir. Virüsler olmadan, virüslerin kullandığı benzer bir teknik kullanarak çoğalabilecekleri de ileri sürüldü.

Bazı araştırmacılar, prion çoğalımının kırılma ve devamlı büyümeyi kapsayabileceğini öne sürmüşlerdir. Bu durum, küçük ve belirsiz moleküler ağırlıklarını, çubuk şeklindeki görünümünü, değişken uzunluklarını ve hangi amino asidin terminal olarak meydana gelebileceğinin öngörülemezliğini açıklayabilecektir. En yeni çalışmalar, prionların bir şekilde enfekte olmuş genler tarafından anormal olarak üretilen proteinler olabileceğini göstermiştir.

Diğer altvirüsler arasında yer alan viroidler, belirli bitkileri enfekte eden minik RNA halkalarıdır. Virüsoidler, normal virüslerin içinde meydana gelen RNA ilmekleri gibi görünürler. Virinolar, virüsler gibi, kendi başlarına yapamayacakları fakat konakçı hücreleri üretimlerine uyardıkları bir dış protein kılıfına ihtiyaç duyarlar. Virojenler, belirli durumlarda enfeksiyöz parçacıklar üreten normal genlerdir. Uydu virüsleri, tam boyutlu virüslerin onlar için çalışmasını sağlayan küçük RNA parçalarıdır. Bu minik nükleik asitler, hücrelerin içindeki virüslerin içinde çoğalırlar.

ANAHTAR TERİMLER

AIDS
Bakteriyofajlar
Hepatit
Herpes virüsü
İnfluenza (grip) virüsü
Papillomavirüsler
Parvovirüs
Prionlar
Retrovirüsler
Rinovirüsler
Uydu virüsler
Subviral enfeksiyöz (bulaşıcı) ajanlar
Altvirüsler
Viral kapsit
Virinolar
Virogenler
Viroidler
Virüsler
Virüsoidler

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Virüsler

1. Virüsler _____ içerir.
   a. Nükleik asitler
   b. Protein kılıf
   c. DNA veya RNA
   d. Viral kapsit
   e. Yukarıdakilerin hepsi

2. Virüsler _____.
   a. Metabolize olmazlar
   b. Kendi enerjilerini üretmezler
   c. Hücreleri enfekte etmeden çoğalamazlar (tekrarlanamaz, kopyalanamaz veya çoğalamazlar)
   d. Yukarıdakilerin hepsi
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

3. Viral DNA veya RNA'da bulunan bilgiler _____.
   a. Konakçının hücresel mekanizmasına eklenir
   b. Konakçının DNA'sına yerleşen viral nükleik asitlerde bulunur
   c. Konakçıyı daha fazla virüs üretmeye yönlendirir
   d. Yukarıdakilerin hepsi
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

4. Birçok farklı virüs türünün her biri potansiyel bir konakçının dış _____ üzerindeki _____ "teşhis eder" ve böylece hangi hücrelere saldıracağını "bilir".

a. Protein kılıf, reseptör bölgeleri
b. Nükleik asitler, viral kapsit
c. Hazneler, bakteriyofajlar
d. Yukarıdakilerin hepsi
e. Yukarıdakilerin hiçbiri

5. Sadece bakterilere saldıran virüsler _____ olarak bilinir.
a. DNA virüsleri
b. RNA virüsleri
c. Retrovirüsler
d. Bakteriyofajlar
e. Yukarıdakilerin hepsi

6. Bazı virüsler konakçı bir hücreye _____ ile bulaşır.
a. Konakçının protein örtüsüne bağlanıp viral DNA veya RNA'yı enjekte ederek
b. Konakçının içine doğrudan girerek
c. Viral genetik bilgiyi konağın hücrelerine enjekte ederek
d. Yukarıdakilerin hepsi
e. Yukarıdakilerin hiçbiri

7. Virüslerin genetik materyalinin _____ taşınmaları olasıdır.
a. Bitkilerden hayvanlara
b. Hayvanlardan bitkilere
c. Bitkilerden bitkilere
d. Hayvanlardan hayvanlara
e. Yukarıdakilerin hepsi

8. Virüsler, bazı durumlarda, _____ en basiti olduğunu kanıtlayabilir.
a. Bütün simbiyontların (ortakyaşarların)
b. Bütün parazitlerin
c. Yaşayan bütün şeylerin
d. Yukarıdakilerin hepsi
e. Yukarıdakilerin hiçbiri

Altvirüsler

9. Prionlar için _____ olduğu söylenebilir.
a. Bilinen en küçük bulaşıcı ajanlar
b. Bilinen en büyük bulaşıcı ajanlar
c. Virüslerden 100 kat daha küçük veya neredeyse mitokondri ve bakteri kadar büyük
d. Belirli hastalıkların sebebi
e. a, c ve d şıkları

10. Prionlar _____.
a. Nükleik asitleri ihtiva ettiği bulunmuştur
b. Nükleik asitleri ihtiva etmediği bulunmuştur
c. Virüslerdir
d. Virüs değildirler
e. b ve d şıkları

11. Son çalışmalar prionların _____ olabileceğini göstermiştir.
a. Bir şekilde enfekte olmuş genler tarafından anormal olarak üretilen proteinler
b. Bakteriler
c. Virüsler
d. Protistler
e. Mitokondriler

Cevaplar

1. e	4. a	7. e	10. e
2. d	5. d	8. d	11. a
3. d	6. d	9. e	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

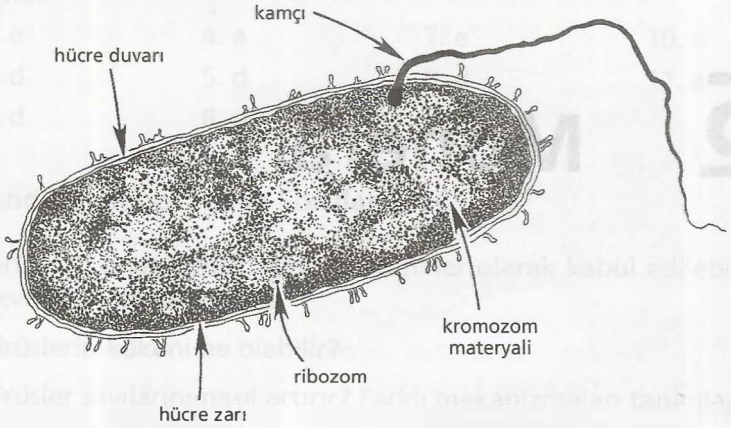
1. Virüsleri tanımlayınız. Yaşayan canlılar olarak kabul edilebilirler mi? Cevabınızı destekleyiniz.
2. Virüslerin kökeni ne olabilir?
3. Virüsler sayılarını nasıl artırır? Farklı mekanizmaları tanımlayınız.
4. Virüslerin neden olduğu insanları etkileyen beş hastalık nedir?
5. Virüsler ve altvirüsler arasındaki benzerlikler ve farklılıkları açıklayınız.

15 Monera

Hücresel olmayan virüslerden ve altvirüslerden (subvirus) farklı olarak, **bakterileri** ve **mavi-yeşil bakterileri** (bazen mavi-yesil algler veya siyanobakteriler olarak da adlandırılırlar) de kapsayan **Monera** âlemi üyeleri, gerçek hücrelerden oluşurlar. Monera âleminin hepsi **prokaryotiktir**; yani, hücreleri pek çok organelden yoksundur, zarla çevrili bir hücre çekirdeğine (nükleus) sahip değildirler ve çoğu tek hücreli organizmalardan oluşur (bk. Şekil 15.1 ve 15.2).

Tanımlanan 15.000 tür arasından, birçoğu, uzun filamentler veya daha kompleks koloniler hâlinde bir seri hücre olarak bulunur. Bilim insanları karmaşık topluluklar oluşturan, grup hâlinde avlanan ve birbirinden bağımsız binlerce bakteri hücresinin hareketi için salgı yapan bakteriler keşfetmektedir.

Birbirinden bağımsız bakteri hücreleri, hemen hemen tüm ekosistemin dikkate değer bileşenleridir ve çoğu tek hücreli ökaryotlarla kıyas edildiğinde daha küçüktürler ve çok sık görülürler. Bildiğimiz kadarıyla bakteriler olmadan Dünya'da yaşam sürdürülemez. Bakteriler, **çürükçülleri**n en önemli bazı gruplarını temsil etmekte ve onlar olmadan ölü organizmalar düzgün bir şekilde çürümeyecektir. Birçok besin, leşlerin içinde sonsuza kadar tutulacaktır. Dünya'nın azot, karbon ve kükürt gibi yaşam için kritik olan jeokimyasal döngüleri bakteriler olmadan gerçekleşemez. Bitkilerde protein sentezinde kullanılan nitrat gibi bazı kimyasallar bazı bakteri türleri tarafında üretilmektedir. Belirli bakteriler heterotrofiktir. Yani besinlerini



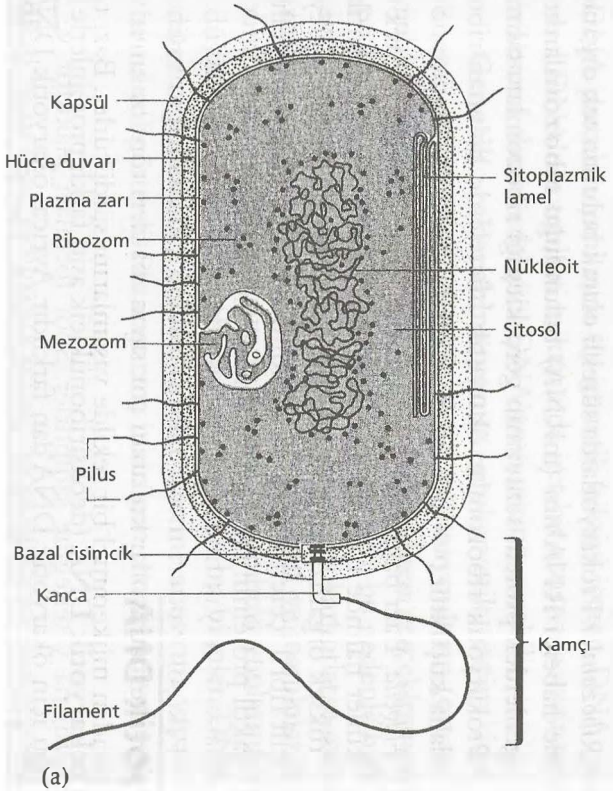
Şekil 15.1. Prokaryotik bir hücreyi gösteren bakteriyel hücre diyagramı. Çoğu prokaryotik hücre çok az miktarda zarlı organel içerir. Çekirdek zarı, mitokondri, endoplazmik retikulum bulunmaz. Genellikle, plazma zarının dışında bir hücre duvarı vardır. Kamçı, varsa, proteinden oluşur ve herhangi bir mikrotübül içermez.

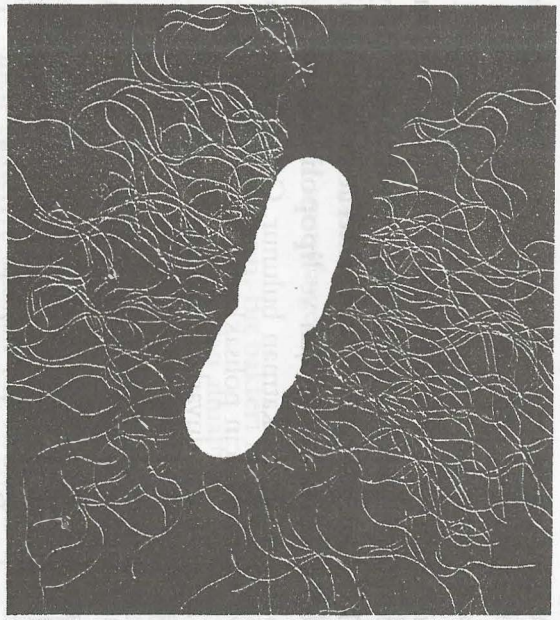
başka organizmalar tarafından üretilen organik malzemelerden elde ederler. Diğer bakteri türleri ise fotosentetik olup, Güneş enerjisini kullanarak kendi organik moleküllerini inorganik bileşenlerden sentezleme yeteneğine sahiptirler. Bir başka bakteri grubu olan **mikoplazmalar** ise yaşayan bir konağa ihtiyaç duymadan büyüyüp çoğalabilen en küçük hücrelerdir. Çapları 0,12 ile 0,25 mikrometre aralığındadır.

Muhtemelen, pek çok bakteri türünün küçük boyutta olması, çok hızlı hücre bölünmesine sahip olmaları, çarpıcı metabolik değişkenlilikleri ve kolayca her ortamda yaşabilmelerinden ötürü, dünya üzerinde en çok sayıda bulunan organizmalardır. Uygun koşullar altında bir popülasyon sayısını her 20 ya da 30 dakikada iki katına çıkarabilir. Buzullarda, sıcak sularda, okyanus tabanında, taze su kaynaklarında, yerlerde, toprakta ve hatta uçak yakıtında bile yaşayan bakteri türleri bulunur.

Pek çok bakteri metabolik faaliyetleri için oksijen kullanmasına rağmen, alternatif yollar kullanan çok sayıda bakteri türü bulunur ve oksijen olmadan mükemmel bir şekilde yaşamlarını sürdürürler. Bazı türler spor oluşturma yeteneğine sahiptirler. Spor formları inaktiftir ve etraflarını kalın bir kılıf sarar. Bu sayede uzun zaman boyunca su ve besin olmadan yaşamlarını sürdürürler. Aksi hâlde bu şartlar bakteri yaşamı için uygun olmazdı.

Bakteriler ilk olarak 1676 yılında keşfedildiler. 19. yüzyılda, Louis Pasteur daha sonra geliştirilen elektron mikroskopu veya gelişmiş biyo-





Şekil 15.2. a. Kompozit bakteri. b. Çokkamçılı bir bakterinin elektron mikrografı.

kimyasal tekniklerin yardımı olmadan elindeki imkânlar dâhilinde virüsler üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar daha sonra bilim adamlarına bu küçük organizmaları daha ayrıntılı olarak inceleme olanağı sağladı.

Prokaryot olarak bakteriler ökaryotlardan aşağıdaki özellikleriyle ayrılırlar:

1. *Hücre duvarı.* Prokaryotik **hücre duvarı** amino asitlere bağlanmış olan bir glukoz türevi polimer topluluğundan meydana gelir. Bu yapı **mukokompleks** olarak adlandırılır. Bazı bakterilerde buna ek olarak lipit ve şeker monomerlerinden oluşan ve **lipopolisakkarit** olarak addlandırılan polimer bir dış katman bulunur. Çoğu bakteri bir yerlere tutunmak ve yapışmak için polisakkarit salgılar. **Siyanobakterilerin** (mavi-yeşil algler) hücre duvarları jelatinimsi bir madde ile kaplı olma eğilimindedir.
2. *Plazma zarı.* Bazı bakterilerde hücre duvarının iç kısmında bulunan **plazma zarı**, kıvrılıp katlanarak **mezozom** adı verilen ve hücre bölünmesinde önemli olan oldukça özel bir yapıyı oluşturur.
3. *Diğer iç zar yapıları.* Bazı prokaryotlar fotosentetik pigmentler ve ilişkili enzimler içeren iç zar yapılarına sahiptir. Hücresel solunum için moleküler oksijen kullanan aerobik bakterilerden bazıları, solunum enzimleri içeren iç zar sistemlerine sahiptirler.
4. *Ribozomlar.* Prokaryotlarda sürekli olarak bulunan tek organel, üzerinde haberci RNA'nın (mRNA) bulunduğu **ribozom**lardır. mRNA, genlerden protein sentezinin gerçekleştiği ribozomlara talimatlar taşır. Prokaryotik ribozomlar ökaryotik hücrelerde bulunan ribozomlarda daha küçüktür.
5. *Flagella.* Bazı bakteriler kamçılıdırlar (flagella), yani tek tek veya püsküller hâlinde uzanan, hücreleri iten kamçı benzeri uzantıları vardır. Yüksek organizmaların **flagella**sı iki merkezî fibrili çevreleyen dokuz çift fibril içeren içi boş bir silindirden oluşur. Bakteri flagellumu konraktil proteinin tek bir fibrilinden meydana gelir.

Prokaryotik DNA

Prokaryotik DNA (deoksiribonükleik asit) farklı proteinlerle ilişkili olduğu için ökaryotik DNA'dan farklıdır. Ayrıca, ökaryotik DNA'dan çift sarmal olmaması ve dairesel olması özellikleriyle de ayrılır. Dairesel DNA molekülleri ökaryotik hücrelerde bulunan DNA'nın yalnızca binde birini oluştururlar.

Üreme

Çoğu bakteri hücresi **ikiye bölünme** (**binary fission**) dediğimiz basit hücre bölünmesiyle çoğalırlar. Ne mitoz ne de mayoz, prokaryotik hücrelerde meydana gelmez fakat bazı prokaryotların materyallerini hücreler arasında aktardığı bir eşeyli süreç vardır. Nadiren de olsa bu bakteri hücreleri DNA'larını başka bir hücreye aktarırlar ve daha sonra yeni DNA'nın bir kısmı alıcının DNA'sının yerini alır. Bugüne kadar hiçbir siyanobakteri içinde eşeyli sisteme benzeyen bir şey gözlemlenmemiştir.

Bakteriler arasında genetik materyalin aktarılacağı üç yöntem vardır:

1. **Transformasyon.** Bir bakteri hücresi parçalanır ve DNA'sı başka bir bakteri hücresi tarafından alınabilir.
2. **Konjugasyon.** İki bakteri hücresi bir araya gelir ve bir protein köprüsü olan **pilus** ile birleştirilir; bu piluslar aracılığıyla DNA parçaları hücreden hücreye geçer.
3. **Transdüksiyon.** Bir **bakteri virüsü** veya **bakteriyofaj** olarak bilinen bakteriye saldıran bir virüs, bir bakteri hücresinden diğerine bakteri DNA'sını taşır.

Üç yöntemin her biri DNA parçalarının bir bakteri hücresinden diğerine aktarılmasına neden olabilir. Aktarım sırasında bazen homolog DNA parçaları yani aynı tip genetik bilgiyi içeren DNA parçaları, dairesel DNA'nın toplam miktarında net bir artış veya azalmaya neden olmaksızın alıcının dairesel DNA'sının yerine geçebilir.

Genetik rekombinasyonun prokaryotik evrim için ne kadar önemli olduğu kesin değildir. Fakat **mutasyonlar**ın (organizmanın genetik materyalinde kalıtsal değişimler) nadiren gerçekleşmesine rağmen, prokaryotların genetik çeşitliliği yüksektir ve bu nedenle hızlı bir şekilde evrimleşirler. Bu durum gerçekleştiğinde, prokaryotların evrim oranlarının hızı genellikle yüksek orandaki sayılarına ve inanılmaz üreme hızlarına, ayrıca mutasyonlarına ve genetik rekombinasyonlarına bağlı olduğu düşünülür. DNA rekombinasyonu ile ilgili bu bilgiler, DNA parçalarını diğer organizmalara taşıyan virüsler üzerine araştırma yapan bilimadamlarına yol gösterdi. Bu araştırma insan gen terapisine yol açtı.

Sporlar

Birçok prokaryot, aynı zamanda, **spor** olarak bilinen uyku hâline geçebilir. Diğer organizmaların sporlarından farklı olarak, bu yapı üreme ile ilgili değildir. Bakteri sporları, aslında, tam olarak depolanmış gıda-

ları içeren bir birim olarak işlev görür. Sporlar kurumaya ve çok yüksek sıcaklık değişimlerine karşı oldukça dirençlidir. Bakteri sporlarının −252°C (−421°F) gibi oldukça düşük bir sıcaklıkta hayatta kaldığı ve bazılarının binlerce yıl yaşayabileceği gösterilmiştir. Koşullar elverişli hâle geldiğinde, bakteriyel spor yeniden bir hücreyi oluşturur.

Heterotrofik Bakteri

Çoğu bakteri bütün organik besin maddelerini hücre içinde üretmektense veya ototrofik olarak üretmektense hücre duvarıyla organik molekülleri seçici olarak absorbe eder. Bu **heterotrofik bakteri**ler, mantarlarla birlikte önemli ayrıştırıcılardır çünkü büyük organik molekülleri daha sonra absorbe edilebilen daha küçük moleküllere sindiren enzimler salgılarlar.

Bakteri türlerinin, hemen hemen her yaşam ortamında, buna tüm hayvanların iç ortamı da dâhil olmak üzere, yaşamlarını sürdürdükleri görülür. Bu bakteri türlerinin birçoğu zararsızdır ancak bazıları hastalığa neden olur. Diğer bir grup, bakteri **simbiyont**ları, konak organizma için hayati önem taşımaktadır; bunların bazıları konağın bağırsağında yaşar ve maddelerin sindiriminde rol oynar. Aksi takdirde konak sindirim güçlüğü çeker. Örneğin, termitlerde, simbiyotik bakteriler selülozu daha küçük moleküler yapı taşlarına parçalarlar ve bu sayede termitin bağırsağındaki hücreler kolaylıkla bu besinleri absorbe edebilir. Böyle bir ilişkiden hem bakteri hem de termit fayda sağlar.

Hücre içinde yaşayan bakteriler **endosimbiyont**lar olarak bilinirler. Bazı bilimadamları, birçok hücresel organelle bunların hücre içi simbiyontlarının arasındaki farkın, birliğin ilk gerçekleştiği zamana ve farklı unsurların birbirine bağımlı hâle gelme derecesine bağlı olabileceğini söylüyor.

Patojen, bir virüs, bir mikroorganizma veya başka bir madde gibi herhangi bir enfeksiyonu yaratan ajandır. Bazı bakteriler patojendir veya hastalığa neden olabilirler. Bazı patojenler hücreleri tahrip ederler ve bazıları ise **toksin** ve kimyasallar üreterek konağa zarar verebilirler. Bazı bakteri ve mantarlar tarafından üretilen **antibiyotik**ler, ona spesifik bulaşıcı hastalıkların ajanlarının büyümesini durdurur veya bu ajanları yok eder. Bazı antibiyotikler spesifik bakteri türlerinin neden olduğu hastalıkların kontrolünde özellikle etkili olmuştur. Bununla birlikte, antibiyotiklerin ikinci Dünya savaşı sırasında keşfedilmesinden bu yana, daha önceleri etkin olan antibiyotiklerle artık kontrol edilemeyen cinsel yollarla bulaşan hastalık suşlarındaki vakalarda olduğu gibi, hızlı bakteri evrimi ile dirençli suşlar ortaya çıkmıştır.

Bazı bakteriler dairesel DNA'ya bağlanmayan bir DNA parçası olan **epizoma** sahiptir. Epizom aynı türün bireyleri arasında olduğu gibi

farklı türün bireylerine de aktarılabilir. Bazen ilaç direnciyle ilgili genler epizom üzerinde bulunur ve yeni bir ilacın piyasaya sürülmesinden sonra nispeten kısa bir süre içinde bakteri popülasyonu boyunca hızlı bir şekilde yayılır. En yaygın olarak bilinen bakteriyel hastalıklardan bazıları sifiliz, belsoğukluğu, botulizm, hıyarcıklı veba, difteri ve tetanozdur.

Bütün farklı bakteri kategorilerine girmeden, birçok bakteriyoloğun bunları iki ana alt bölüme ayırdığı söylenmelidir: **Arkebakteriler** ve **Öbakteriler**. Arkebakterilerin, bazıları tarafından hâlen yaşayan en eski organizma grubunu temsil ettiği düşünülmektedir. Biyokimyasal özellikleri açısından ayırt edicidirler. Zarları alışılmadık bir lipid kompozisyonuna sahiptir, bunların transfer RNA'ları (tRNA) ve RNA polimerazları kendilerine özgüdür ve hücre duvarları, tüm Öbakterilerde bulunan peptidoglikanı içermez. Arkebakterilerin iki önemli grubu **Methanogen**'ler ve **Thermoasidofiller**'dir.

Öbakteriler, bir hücreden eşeysiz üreme ile iki yeni yavru hücre oluşturma süreci olan ikiye bölünme (binary füzyon) ile çoğalan ve oldukça büyük bir türler topluluğunu temsil eder. Öbakteriler sıklıkla şekillerine göre tanımlanırlar. Çubuk şeklinde olanlar **basili,** küresel Öbakteriler **kokus** ve spiral (kıvrımlı) Öbakteriler ise **spirilla** olarak adlandırılırlar. Bazı bakteriler gram-negatif, geriye kalanlar ise gram-pozitiftir. Bu terimler bakterinin Gram boyama tekniğinde kullanılan viyolet boyayı tutması durumunu tanımlar.

Siyanobakteriler (mavi-yeşil bakteriler) ve bazen pseudomonaslar, spiroketler, aktinomisetler, riketsiyalar ve mikoplazmalar olarak adlandırılan mor, kahverengi ve yeşil sülfür bakterileri de dâhil olmak üzere birçok diğer ana bakteri grubu vardır.

Kemosentetik Bakteriler

Kemosentez, kimyasal değişiklikler ve kimyasal tepkimeler yolu ile yeni organik bileşiklerin üretilmesi işlemidir. Bakteriler, metabolik yolları bakımından oldukça çeşitlidir. Bazıları **aerobiktirler**. Diğerleri ise besinleri parçalayarak enerji sağlamak için moleküler oksijene ihtiyaç duymazlar ve bunlar **anaerobik** olarak adlandırılırlar. Çoğu siyanobakteriler karmaşık iç membranlarında ışık enerjisini kullanarak inorganik malzemelerden organik bileşikler sentezleyen fotosentetik pigmentlere sahiptirler. Oksijen üreten, fotosentezin 3,3 milyar yıldan daha uzun bir süre önce bulunduğunu gösteren, yaşayan siyanobakterilere benzeyen fosiller bulunmuştur.

Başka bakteri türleri ise ışık enerjisine ihtiyaç duymadan yüksek enerjili bileşikleri inorganik malzemelerden sentezleme kapasitesine sahiptir-

ler. Bu bakteriler inorganik bileşikler oksitlendiği sırada salınan enerjiyi yakalarlar. Organik besinlerin inorganik hammaddelerden üretildiği bu ototrofik beslenme şekli, çeşitli azot ve kükürt bileşiklerinin oksidasyonunu içerir. Demir ve moleküler hidrojen de özel bazı kemosentetik yollarda yeralır. Bazı sık görülen tepkimeler aşağıda tartışılmıştır.

Amonyum (NH_4^+) oksijen eklenerek nitrite (NO_2^-) oksitlendiğinde enerji açığa çıkar.

$$2NH_4^+ + 3O_2 \rightarrow 2NO_2^- + 2H_2O + 4H^+ + \text{energy}$$

Diğer bakteriler tarafından kullanılan alternatif bir kemosentetik işlemde ise oksijenin nitrite (NO_2^-) eklenmesiyle nitrat (NO_3^-) üretilmekte ve enerji elde edilmektedir.

$$2NO_2^- + O_2 \rightarrow 2NO_3^+ \text{ energy}$$

Bir başka işlemde kükürt (S) oksitlenerek sülfata (SO_4^-) dönüşür.

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2SO_4^{--} + 4H^+ + \text{energy}$$

Azot Fiksasyonu

Azot birçok molekülde ve birçok kimyasal reaksiyonda önemli bir elementtir. Atmosferin yüzde 78'i gaz hâlindeki azot (N_2) olmasına rağmen, çok reaktif olmayan bir biçimde bulunmaktadır. Nitrojen (N_2), herhangi bir organizma için yararlı hâle gelmesi için önce iki atoma ayrılmalıdır. Bu, çoğunlukla prokaryotik olan **azot fikse eden bakteriler** olarak adlandırılan organizmalar tarafından yapılır; birçoğu, bazı bitkilerle yakın bir ilişki içerisinde yaşarlar. Bu bakterilerin bazıları baklagiller gibi bitkilerin kök nodüllerinde yaşarlar. Karbonhidratların kimyasal sentezi amonyağı oksitleyen nitrit bakterilerinde ve azotlu asiti dönüştüren nitrat bakterilerinde meydana gelir.

ANAHTAR TERİMLER

Aerobik
Anaerobik
Antibiyotikler
Arkebakteri
Basil
Bakteri

Bakteri virüsü
Bakteriyofaj
İkiye bölünme
Mavi-yeşil algler
Hücre duvarları
Kemosentez
Kokus
Konjugasyon
Siyanobakteri
Ayrıştırıcılar
Endosimbiyontlar
Epizom
Öbakteri
Ökaryotik DNA
Flagella (kamçılar)
Genetik rekombinasyon
Heterotrofik bakteri
Lipopolisakkarit
Mezozom
Methanogenler
Monera
Mukokompleks
Mutasyonlar
Mikoplazmalar
Azot fikse eden bakteriler
Patojen
Pilus
Plazma zarı
Prokaryotik
Prokaryotik DNA
ribozomlar
Spirilla
Spor
Simbiyontlar
Termoasidofiller
Toksinler
Transdüksiyon
Transformasyon

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

1. Genetik materyal bakteriler arasında _____ ile transfer edilebilir.

   a. Transformasyon
   b. Konjugasyon
   c. Transdüksiyon
   d. Hiçbiri
   e. Hepsi

2. Prokaryotik hücre duvarı içinde bulunan plazma zarı bazı bakterilerde içe doğru kıvrılıp katlanarak hücre bölünmesinde önemli olabilen özel bir yapı meydana getirirler. Bu yapı _____ olarak bilinir.

   a. Aster
   b. Sentromer
   c. Sentriol
   d. Mezozom
   e. Ribozom

3. Prokaryotlarda sürekli olarak bulunan tek organel _____ dur.

a. Ribozom
b. Otozom
c. Nukleus
d. Kloroplast
e. Sönosit

4. Pek çok prokaryot uyku durumuna geçme yeteneğine sahiptir. Bunun için _____ olarak bilinen yapıları üretirler. Bu yapılar depo besinleri içerir ve kurumaya, sıcak ve soğuğa karşı yüksek direnç gösterirler.

a. Tohum
b. Kist
c. Polen granülü
d. Spor
e. Yumurta

5. _____ mantarlardan veya bakterilerden türetilen maddelerdir. Spesifik bulaşıcı hastalıkların etkenlerini durdurur veya yok ederler.

a. Antibiyotikler
b. Enzimler
c. Lizozomlar
d. Fungisitler
e. Hepsi

6. Bazı bakteriler dairesel DNA'ya bağlanmamış_____ adı verilen bir DNA parçası içerirler.

a. Mezozom
b. Ribozom
c. Epizom
d. Lizozom
e. Kromozom

7. Bir hücrenin eşeysiz olarak iki kardeş hücreye bölünmesi _____ olarak bilinir.

a. Mitoz
b. Mayoz
c. Transformasyon
d. Transdüksiyon
e. İkiye bölünme

8. Küresel Öbakteri _____ olarak bilinir.

a. Epizom
b. Sentromer
c. Basil
d. Kok
e. Spirillum

Cevaplar

1. e
2. d
3. a
4. d
5. a
6. c
7. e
8. d

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Monera'ya birkaç örnek verin ve tüm Monera'ların paylaştığı karakterleri tanımlayın.
2. Çoğu ekosistemde bakterilerin rolü nedir?
3. Bakteri üremesinin farklı tiplerini açıklayın.
4. Heterotrofik ve kemosentetik bakterilerin farkını açıklayın.
5. Azot fiksasyonu nedir? Neden önemlidir? Nasıl oluşur?

16 Protista

Protista, binlerce tek-hücreli türleri kapsayan çok çeşitli bir âlemden ibarettir. Bu organizmaların soylarıyla ilgili birçok soru hâlâ devam ettiğinden, hangi organizmaların bu âlemde sınıflandırılacağını belirlemek, çoğu biyoloğun istediğinden daha keyfi bir karar olmaktadır. Protista, biyoloji metinlerinin çoğunda beş âlemden biri olarak sunulduğundan organizmalar burada bu şekilde sunulmaktadır.

Çok hücreli yapı birçok kez evrimleştiğinden, birçok çok hücreli organizma, onların ataları olan tek hücreliler ile diğer çok hücreli organizmalara kıyasla daha yakından ilişkilidir. Bu, bitki âleminin bazı üyelerinin (büyük çok hücreli algler gibi) bazen çok hücreli protistler olarak düşünülmelerinin sebebidir. Mantarlar âleminin belirli üyelerinin (cıvık mantarlar gibi) bazen mantarlardan çok protista soyuna yakın olduğu düşünüldüğünden bu gruba yerleştirilir. Ayrıca bazı sınıflandırmalarda tek hücreli, heterotrofik protistler hayvanlar âlemi ile gruplandırılmıştır. Protist olarak düşünülen bütün büyük grupların diğer âlemlere yerleştirildiği saygın sınıflamalar bile vardır ve Protista tamamen dağıtılmıştır. Burada sunulan Protista âlemi, biyoloji metinlerinin çoğunda bulunan en yaygın kabul gören sınıflandırmayı yansıtır.

Farklı sınıflandırmalar arasındaki tutarsızlıklar kısmen protistlerin tanımlanma biçiminden kaynaklanır. Ortak özellikleri ile gruplandırılmak yerine farklı özellikleri ile gruplandırılırlar. Yani, genellikle tek hücreli olmanın yanı sıra, tüm protistler ökaryotdur ve bu nedenle Monera filumunda yer almazlar; hiçbiri bir embriyodan gelişmediğinden, Bitkiler filumuna dâhil değildir; çoğu, sporlardan gelişmediğinden, Mantarlar filumu içinde yer almazlar ve hiçbiri bir blastuladan gelişmediğinden, Hayvanlar filumu içinde bulunmazlar. Geride kalan organizmalar Protista olma eğilimi gösterirler.

Bu âlem, en basit ve çoğu zaman en ilkel ökaryotik mikroorganizmaları ve onların en yakın soyundan gelenleri içerir. Her protist hücrenin bir çekirdeği ve diğer ökaryotik özellikleri vardır. Bu âlemin üyeleri, heterotroflardan (genellikle parazitik formlar olmasına rağmen serbest-yaşayan) fotosentetik ototroflara kadar yapı ve fizyolojide önemli farklılıklar gösterir.

Protistler, Monera'ya benzer bir atadan türemiş gibi görünüyor. Protistler, endoplazmik retikulum, Golgi aygıtı, sentrioller, kloroplastlar ile mitokondri gibi özel vakuollere, granüllere ve iplikçiklere sahiptirler. Buna ek olarak, ortalama tek hücreli protist, ortalama moneradan belirgin derecede daha büyüktür ve hücre bölünmesi, mitotik ve mayotik hücre bölünmesine evrimleşerek moneranın hücre bölünmesinden ayrılmıştır.

İlkel protistlerin hem bitki hem hayvan benzeri oldukları, farklı mekanizmalarla besin elde etme kapasitesine sahip oldukları ve dâhili olarak ek besinleri fotosentezleyebildikleri teorisi ortaya atılmıştır. Bazı ilk ökaryotlar içinde yaşayan prokaryotlarla simbiyotik ilişkilerin kloroplast ve mitokondrinin gelişmesine yol açtığına dair önemli kanıtlar bulunmaktadır. Bu organeller, protistlerde olduğu kadar, daha birçok gelişmiş ökaryotlarda da bulunur.

Protista birçok çok yaygın ve farklı filumdan oluşur. Tek hücreli, fotosentetik olmayan protistlerin bazıları **Protozoa** olarak gruplandırılmıştır. Bunlar dört sınıfa ayrılırlar: **Mastigophora** (flagellatlar), **Sarcodina** (amipler), **Ciliophora** (siliatlar) ve **Sporozoa** (spor oluşturucular). İlk üç sınıf lokomotor yapılarına göre tanımlanır; bununla birlikte, sporozoanların hiçbir lokomotor organelleri yoktur ve bunun yerine sporları ile karakterizedirler. Bugüne kadar yaklaşık 50.000 protozoan türü tanımlanmıştır.

Bunlar arasında, gerçek algler olarak adlandırılan başka âlemler de vardır. Yaklaşık 25.000 adet tanımlanmış tür bulunmakla birlikte, bunların bazıları 450 milyon yıldan daha önce gelişen türleri içeren evrimsel soylara aittir. Bu âlemlerin hemen hemen tüm üyeleri fotosentetiktir. Tek hücreler, filamentli, plakalar veya hücre tabakaları hâlinde veya koloni oluşturan formları da içerirler. Büyüklük açısından tek hücreli mikros-

kobik organizmalardan 50 metreyi (150 feet) aşan uzunlukları bulunan su yosunu (kelp) gibi büyük çok hücreli türlere kadar çeşitlilik gösterirler. Bu fotosentetik grupların kısa bir açıklaması aşağıda sunulmuştur.

Tek hücreli alglerin üç âlemi vardır. **Euglenophyta (öglenoidler)** tatlı suda yaşar, hücre başına bir veya üç kamçı ile hareket eder ve hücre duvarına sahip değildirler. **Chrysophyta** genellikle **sarı-kahverengi alg, sarı-yeşil alg** ve **diyatomları** kapsar. Çoğunlukla denizel türlerdir ve silisli malzemelerin hücre duvarı bileşenlerini oluşturduğu pektik bileşikler içerirler. **Pyrrophyta** (**dinoflagellatlar**) deniz ortamlarında, taze sularda ve nemli topraklarda yaşarlar. Bunlar, organizmaların dönmesini sağlayan iki tane kamçı bulundurması ile bilinirler. Genellikle, tuhaf şekilli değilse, kendine has selüloz duvarları ayırt edicidir. Diyatomlar gibi, dinoflagellatlar da fitoplanktonun ana bileşenleridir; suda yaşayan, serbest yüzen, fotosentetik ve genellikle mikroskopiktirler.

Bölüm 18'de tartışılan, bazen gerçek alg denilen başka bir alg grubu da vardır. Margulis ve Schwartz tarafından yapılan sınıflandırmada, protistlerle birlikte gerçek alglerin yanı sıra, sucul cıvık mantarlar, cıvık mantarlar ve su küflerini de birlikte **Protoctista** olarak adlandırdıkları bir âlem olarak gruplandırırlar.

ANAHTAR TERİMLER

Chrysophyta
Ciliophora
diyatomlar
Dinoflagellatlar
Öglenoidler
Euglenophyta
Mastigophora
Protista
Protoctista
Protozoa
Pyrrophyta
Sarcodina
Sporozoa
Sarı-kahverengi algler
Sarı-yeşil algler

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

1. Tüm protistler _____.
   a. Birlikte bir âlemi temsil ederler.
   b. Ökaryotik organizmalardır.
   c. Tek hücrelidirler.
   d. Çok hücrelidirler.
   e. a ve b

2. Tüm protistler _____.
   a. Fotosentez yaparlar.
   b. Heterotrofturlar.
   c. Doku farklılaşmasına sahiptirler.
   d. Yukarıdakilerin hepsi.
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri.

3. _____protistlerdir.
   a. Mavi-yeşil bakteriler
   b. Bakteriler
   c. Kara yosunları
   d. Öglenoidler
   e. Kibrit otları

4. Moneralardan farklı olarak protistler _____ sahiptirler.
   a. Endoplazmik retikuluma
   b. Mitokondrilere
   c. Golgi aygıtına
   d. Kloroplastlara
   e. Yukarıdakilerin hepsine

5. Fotosentetik olmayan protistler _____ olarak bilinirler.
   a. Tallofitler
   b. Bryofitler
   c. Klorofitler
   d. Protozoa
   e. Chrysophyta

6. _____ dışında aşağıdakilerin tümü protozoandır.
   a. Sarcodina (amipler)
   b. Ciliophora (siliyatlar)
   c. Mastigophora (flagellatlar)
   d. Sporozoa
   e. Tracheophyta

7. Aşağıdakilerden hangisi prokaryotiktir?
   a. Dinoflagellatlar
   b. Mavi-yeşil bakteriler
   c. Kahverengi algler
   d. Kırmızı algler
   e. Diyatomlar

Cevaplar

1. e	3. d	5. d	7. b
2. e	4. e	6. e	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Protistler nedir ve hangi tür organizmalardan evrimleştiğine inanılır?
2. Tek hücreli alglerin üç âlemini tanımlayın.
3. Margulis ve Schwartz'a göre, Protoctista adı verilen âlem hangi organizmaları içerir?

17 Mantarlar Âlemi: Fungi

Mantar olarak sınıflandırılan organizmaların protistlerden birkaç farklı evrim hattı boyunca ortaya çıktığına dair bazı kanıtlar vardır. Aslında, sınıflandırmaya bağlı olarak, mantarlar bazen Protista âlemi içine, Plantae âlemi içine ya da kendi **Fungi** âlemi içine yerleştirilir.

Mantarlar ökaryotik organizmalardır; çoğu çok hücreli bir biçimde bulunur ancak bazıları amoebalik bir evreden geçer ve maya gibi diğerleri tek hücreli bir biçimde bulunur. Fotosentetik alglerin ve bitkilerin aksine mantarlar fotosentez yapmazlar ancak hücre duvarları ve plazma zarları yoluyla besinleri absorbe ederler.

Cıvık mantarlar, çoğu diğer mantarlardan, yaşamının bir kısmında hareket hâlinde olması nedeniyle farklıdır. Bazı cıvık mantarlar, hücre çeperleri olmayan **çok çekirdekli (sönositik)** bir sitoplazma kütlesi olan **plazmodyum** olarak yaşamlarını sürdürürler. Plazmodyum hareket eder ve amoeboid şekilde beslenir. Amoeboid kütle bir cıvık mantarın diploid evresidir.

Diğer cıvık mantarların, bazen bir **psödoplazmodyuma** toplanan, daha sonra eşeysiz sporokarplarını dölleyen ayrı besleme amipleri vardır. Amipsi bir aşamadan geçtikleri için, cıvık mantarlar bazen protist olarak sınıflandırılır. Cıvık mantarlar genellikle çürümüş kütükler, yaprak toprağı veya nemli toprak gibi çürüyen organik maddeler üzerinde

bulunur; bunlar viskoz, parlak kütleler bazen beyaz veya kremsidir ancak bazıları sarı veya kırmızıdır.

Vejatatif evrede, cıvık mantar plazmodyumu yavaş yavaş hareket eder ve fagositik olarak organik materyal ile beslenir. Bazı şartlar altında plasmodium hareket etmeyi bırakır ve **sporokarpları** oluşturur, bu **sporlardan kamçılı gametler** üretirler. Gametler kaynaşarak zigotlar oluşur ve kamçılarını kaybedip amoeboid hâline gelirler. Diploid çekirdeği herhangi bir sitokinez olmaksızın sürekli olarak mitotik bölünmelere uğrar ve organizma genellikle beş ila sekiz santimetre (2 ila 3,15 inç) toplam uzunluğa ulaşan çok çekirdekli bir plazmodyum hâline dönüşür.

Çoğu mantarlar, yakınındaki organik maddeleri, daha sonra absorbe edilebilen mineraller ve bileşikler hâline hidroliz eden sindirim enzimleri salgılarlar. Mantar atığı ürünlerinin yanı sıra, absorbe edilmeyen kimyasallar çevreleyen bölgeyi zenginleştirir ve bitkiler ve yakındaki diğer organizmalar tarafından elde edilebilir hâle gelir.

Mantarlar, besinlerini üç yoldan herhangi biriyle veya bu üç yöntemin herhangi bir kombinasyonuyla elde eder: **Saprofit** olarak, ölü organik madde üzerinde yaşarlar; **parazitler** olarak, canlı bitki veya hayvanlara saldırarak yaşarlar ve bitkilerle (genellikle ağaç ve çalılar) simbiyotik ilişkileri olan **mikorizal iş birlişi ile** yaşarlar.

Mantar sporları, mantarları yeni yaşam alanlarına dağıtan havada süzülen, küçük ve haploid hücrelerdir. Kurumaya ek olarak, yüksek ve düşük sıcaklıklara nispeten dirençlidirler ve uygun olmayan bir ortamda uzun süre hayatta kalabilirler. Ancak şartlar uygun olduğunda sporlar çimlenir ve büyür. Uzun, iplik benzeri **hifler** yoluyla yiyecekleri emerler. Dallanan hiflerin kütlesi, **miselyum** denilen mantar gövdesini oluşturur. Miselyum büyür, besin kaynakları boyunca yayılır. Bazı hifler sitoplazmada birçok çekirdek bulunan sönositiktir. Diğerleri, bir veya daha fazla çekirdek içeren **septalara** bölünürler. Hiflerin ve sporokarpların sert hücre duvarları selülozdan veya diğer polisakaridlerden oluşur ancak bazıları kitinden oluşur.

Miselyum, mantarın en büyük kısmını oluşturur ancak az sayıdaki insan miselyumu görür çünkü genellikle yedikleri besin kaynağı içinde saklıdır. Bununla birlikte, bazen, nemli kütükler ve ölü yapraklar üzerinde yayılan orman tabanında görülebilirler. Miseller parçalara ayrıldığında mantarlar vejetatif olarak çoğalabilirler. Her bir parça yeni ayrı bir mantara dönüşebilir. Diğer mantarsı üreme yöntemleri eşeyli veya eşeysiz olarak oluşabilen sporların üretimini içerir. Sporlar genellikle besin kay-

naklarının üstünde uzanan yapılarda üretilir ve buradan sürüklenip yeni ortamlara taşınabilir. Cıvık mantarlar, spor taşıyan sporokarpları havaya atarlar. Küf miselyumu, spor oluşturan hava hifleri gönderir. Çoğu insanın aşina olduğu mantarlarla ilişkili olan sporokarplar, küflü ekmek ve peyniri kaplayan küçük sporokarplara kıyasla çok daha büyüktür.

Çoğu mantar ya parazitik ya da simbiyotiktir. Parazitlik, bir birey zarar görürken diğeri fayda sağladığında oluşurken, simbiyoz, iki birey arasında karşılıklı yarar sağlayan bir ilişkidir. Mantar türlerinin çoğunluğu karada yaşar ve hem eşeyli hem de eşeysiz olarak çoğalırlar. Birçoğunun bitki kökleriyle ortaklık yapan ve yakın bir şekilde büyüyen miselleri vardır. Böyle bir ilişkide bitkiler azot ve fosfor alarak yararlanırken, mantarlar besleyici karbonhidratlar alarak faydalanırlar. Bu bölümün geri kalan kısmı mantarların bazı önemli gruplarını ele almaktadır.

Oomycota: Su Küfleri

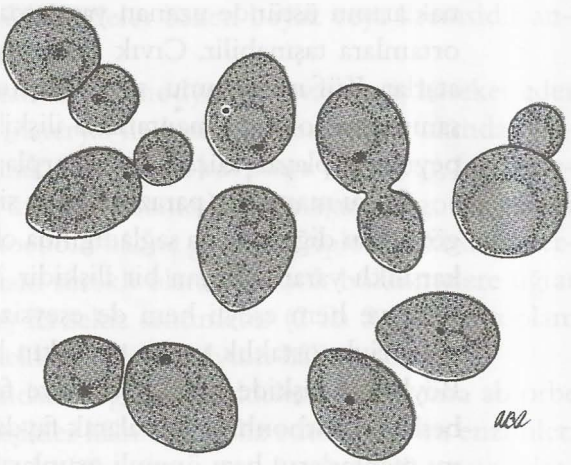
Yumurta mantarları anlamına gelen **Oomycota,** Mantarlar âleminde **su küfleri,** asma küfü ve onların benzerlerini içeren bir filumdur. Konkord üzümlerinde büyüyen toz küfü de bu grubun bir üyesidir. Bu lifli küflerin 500'den fazla türü çevredeki su veya topraklardan yiyeceklerini emerler. Oomycota ayrıca su altındaki ölü hayvanlarda gelişen mantarları içerir.

Zygomycota: Zigot Mantarları

Zygomycota, Oomisetler gibi sönositik hife sahip olan bir grup mantarı temsil eder. Ayrıca kitin hücre duvarları vardır. Bu grupta yüzlerce tür olmasına rağmen az sayıdaki insan bunlardan herhangi birini tanımaktadır.

Ascomycota: Kese Mantarları (Askuslu Mantarlar)

Ascomycota veya **kese mantarları**, sadece birkaç türü bilinmesine rağmen yaygın olan başka bir mantar grubunu oluştururlar. Bu grubun 30.000 kadar türü arasında mayalar, bazı ekmek küfleri ve penisilin üreten mantarların yanı sıra Rokfor ve Kamembert peynirleri yapımında kullanılan türleri de var.



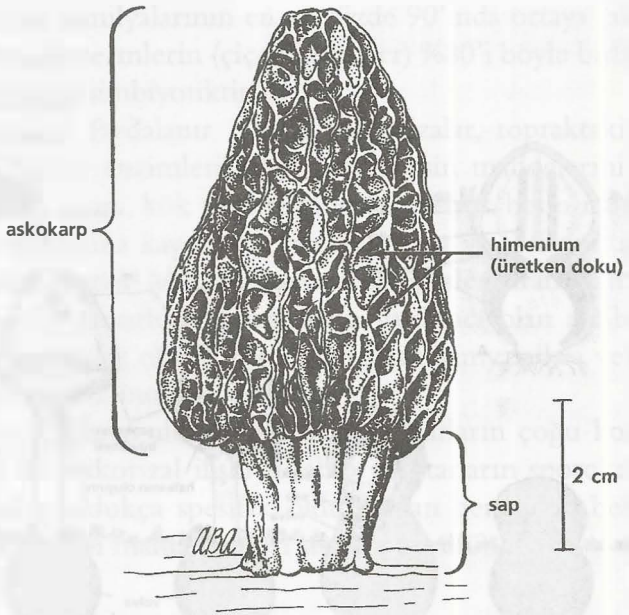
Şekil 17.1. Çeşitli tomurcuklanma evrelerindeki maya hücreleri.

Mayalar tek hücrelidir ancak Askomisetler, sitoplazma ile ribozomlar, mitokondri ve çekirdekler gibi organellerin bir hücreden diğerine akmasına izin veren delikli septaya sahip hifleri oluşturan çok hücreli tipleri de içerir (bk. Şekil 17.1).

Askomisetler arasında eşeysiz üreme yaygındır. **Konidiya** olarak bilinen çıkıntılar ve eşeysiz (aseksüel) **konidiyosporlar** sıkıştığında ortaya çıkarlar. Yaşam döngüsünün eşeyli kısmı birlikte büyüyen iki hifi içerir ve böylece iki hücrenin nukleusu aynı hücrede yer alır. **Dikaryonlar** adı verilen bu hücreler, Askomisetler'in karakteristik özelliği olan **aski** olarak bilinen sporokarplara dönüşürken, iki çekirdek her askusun içinde kaynaşır (tekili aski). Bu döllenme sürecidir. Daha sonra diploid çekirdek mayoz bölünmeye uğrayarak dört haploid çekirdek oluşturur. Bunlar mitoza uğrarlar ve sekiz haploid çekirdeği oluştururlar ve bunlar **askospor** hâline gelirler. Askus yırtıldığında askosporlar serbest kalır.

Basidiomycota: Topuzlu veya Bazidli Mantarlar

Basidiomycota veya **bazidli mantarlar** yaygın **mantarların** çoğunu kapsar. Sporokarplar, mantar (bk. Şekil 17.2), **bazidiya** veya **topuz** olarak bilinir ve iki hif kaynaştığı zaman oluşurlar. Bu döllenmedir. Diploid çekirdek, mayoza uğrayarak hücre duvarlarının dışa doğru büyümelerinin yarattığı ince uzantılar boyunca hareket eden dört haploid çekirdek oluşturur. Bu çekirdekler, **bazidiyosporların** (sporlar) narin saplarından kolaylıkla kopar ve en ufak bir esinti ile uzaklara taşınırlar. Eğer uygun bir



Şekil 17.2. Yaygın yenilebilir kuzu mantarı olarak bilinen mantar yer altında yetişen miselyum denilen dallanmış hiflerin kütlesinin sporokarpıdır.

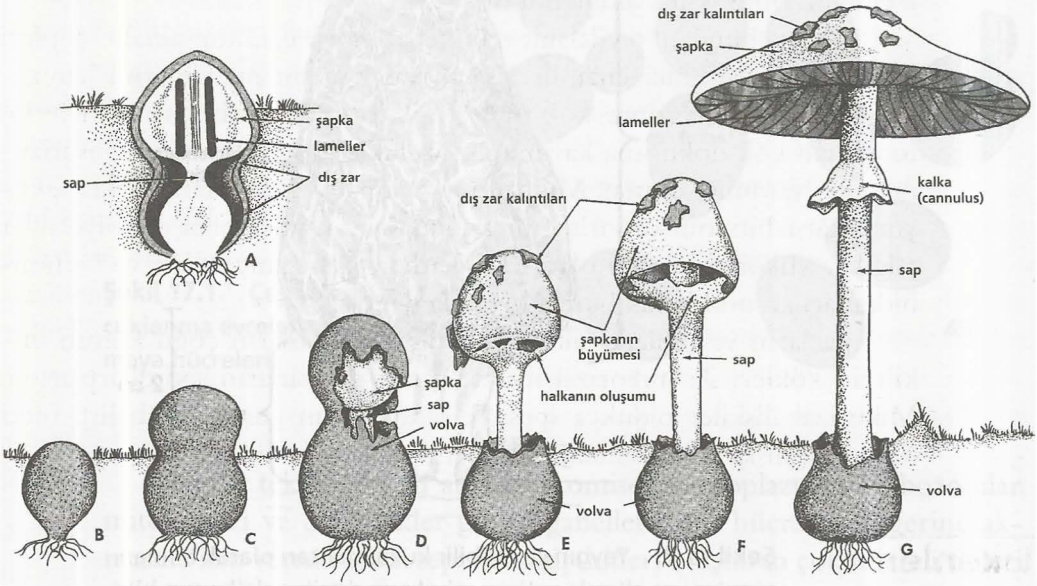
yere yerleşirlerse sporlar çimlenir ve sonunda daha çok sporokarp yayan bir miselyum oluşturan hifler büyür (bk. Şekil 17.3).

Imperfect Fungi: Yalancı Mantarlar

Yalancı mantarlar, eşeyli çoğalmanın kaybolduğu ya da henüz gözlemlenmediği yaklaşık 25.000 mantar türünü temsil etmektedir. Eşeyli evresi hakkında bilgi olmadan uzmanların bunları uygun bir şekilde sınıflandırmasına yardımcı olacak karakteristik yapıları tanımlamak mümkün değildir. Buna göre, hepsi bir araya toplanmış ve imperfekt olarak adlandırılmıştır. Bu grubun üyeleri, derideki mantarlardan ve ayak mantarından sorumludur. Her ikisi de insanlara sporokarpları tomurcuklanmadan bulaştıran mantarlardır.

Mycorrhizae: Mikorizalar

Mikorizal birliktelikler bir mantar hiflerinin canlı bitki kök hücrelerinin çevresinde, arasında ve hatta bazen içinde ortaya çıkar. Bu gibi birlikte-





Şekil 17.3. Bir yaygın zehirli mantarın gelişimi (*Amanita*).

liklerin farklı bitki familyalarının en az yüzde 90'ında ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Angiospermlerin (çiçekli bitkiler) %80'i böyle birliktelikler içerebilir. Bu ilişkiler simbiyotiktir.

Bitkiler bundan faydalanır çünkü mikorizalar, topraktaki çöpleri parçalamaya yardımcı enzimleri salgılayarak besin maddelerini hareketa geçirirler. Daha sonra, kök tüyleri gibi davranarak besin maddelerini topraktan kök dokusuna kaydırarak özellikle azot ve fosforun absorlanmasında yardımcı olurlar. Mikoriza ayrıca patojenler tarafından enfeksiyona karşı bitkinin duyarlılığını azaltmaya yardımcı olan antibiyotikler salgılar. Mikoriza sürekli olarak köklerden sızan kimyasalları ve karbonhidratları absorblayarak bundan yararlanır.

Ağaçların ve çalıların altında görülen mantarların çoğu komşu bitkilerin kökleri ile mikorizal ilişkiye sahip mantarların sporokarplarıdır. Mikorizal ilişkiler oldukça spesifik olduğundan genellikle belirli bitki türleri ile ilişkili belirli mantar türleri sıklıkla görülür.

Likenler

Likenler, birlikte yaşayan organizmaların simbiyotik kombinasyonudur. İlişki içindeki türler daima bir mantar ile ya bir klorofit (yeşil algler) veya siyanobakterilerdir (mavi-yeşil bakteriler). Mantarlar daima ya Ascomycetes ya da Basidiomycetes üyesidir. Likenlere dâhil olan mantarlar genellikle yalnız yaşamamakla birlikte, likenlerin fotosentetik olanları bazen kendi başına yaşarlar. Bir liken içinde yaşayan mantarın, birliğin fotosentez yapan üyesinden elde edilen organik bileşiklerden yararlandığı açıktır.Algler mantardan su ve mineral alabilir ancak etkileşimin bu kısmı iyi anlaşılmamıştır.

Likenler kuraklık, sıcaklık ve soğuk hava koşullarına karşı çok dayanıklı olduklarından genellikle yeni lav akışlarında olduğu gibi bina ve mezar taşlarının yapımında kullanılan taşların üzerinde bulunan en önemli ototroflardır. Likenler ayrıca bazı çöllerdekiler gibi kuru, açık topraklarla da ilişkilendirilir ve ayrıca soğuk, açık bölgelerde de bulunur.

Likenlerin çoğu ya parçalanır, parçalar kopar ve başka bir yerde sürüklenirse, **fragmantasyon** ya da likenin mantar kısmı tarafından üretilen sporlar tarafından çoğalır. Sporlar sürüklenir veya başka yerlerde su ile temas ederlerse burada büyüyebilir ve uygun bir algal türü ile temasa girerler. Bu, başka bir likenin başlangıcına işaret eder.

ANAHTAR TERİMLER

Aski
Ascomycota
Askosporlar
Bazid
Basidiomycota
Bazidiyosporlar
Yalancı mantar
Topuzlu nantarlar
sönositik
Konidya
Konidyosporlar
Dikaryonlar
Kamçılı gametler
Fragmentasyon
Sporokarp
Fungi
Hif
Yalancı mantarlar
Likenler
Çok çekirdekli
Mantarlar
Miselyum
Mikorizal birliktelik
Oomycota
Parazitler
Plazmodyum
Pseudoplazmodyum
Askuslu mantarlar
Saprofitler
Septa
Cıvık mantarlar
Sporlar
Su küfleri
Zygomycota

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

1. Su küflerinin_____olarak bilinen diploid, sönositik ve amoeboid bir kütlesi vardır.
   a. Gerçek mantarlar
   b. Mantarlar
   c. Askus
   d. Plazmodyum
   e. Su küfleri

2. Mantarlar asla _____ değidir.
   a. Tek hücreli
   b. Çok hücreli
   c. Ökaryotik
   d. Prokaryotik
   e. Heterotrof

3. Mantarlar _____.
   a. Fotosentez yaparlar
   b. Besinleri hifleriyle absorplarlar
   c. Yapraklara sahiptir
   d. Gerçek köklere sahiptir
   e. Kloroplast içerirler

4. Birlikte dallanan hiflerin kütlesi mantarın gövdesini yaratır ve buna _____ denir.
   a. Plazmodyum
   b. Miselyum
   c. Sönosit
   d. Cıvık mantar
   e. Liken

5. Bazı hifler, sitoplazmalarında da birçok çekirdeği bulunan sönositikdir ve diğerleri bir veya daha fazla çekirdek içeren bölmelere _____ ile bölünür.
   a. Likenler
   b. Misel
   c. Siyanobakteri
   d. Septa
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

6. Su küfleri _____ yayarlar.
   a. Mantarlar
   b. Spor taşıyan sporokarplar
   c. Tohum taşıyan yapılar
   d. Yapraklı parçalar
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

7. Birçok gerçek mantarın, bitkilerin _____ ve _____, mantarın _____ alarak besleyici olarak faydalandığı bitki kökleri ile yakın bir şekilde büyüyen miselleri vardır.
   a. Karbonhidrat, azot, fosfor
   b. Azot, karbonhidrat, fosfor
   c. Azot, fosfor, karbonhidrat
   d. Yukarıdakilerin hepsi
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

8. Likenler bir _____ ve bir _____ ın yakın birlikteliğini içerir.
   a. Mantar, klorofit
   b. Mantar, yeşil alg
   c. Siyanobakteri, mantar
   d. Mavi-yeşil bakteri, mantar
   e. Yukarıdakilerin hepsi

9. Bir mantar hifi canlı bitki kök hücrelerinin çevresinde, arasında ve hatta bazen içinde büyürse, bu birliktelik _____ dır.
   a. Mikorizal
   b. Hifler için faydalı
   c. Bitkiler için faydalı
   d. Yukarıdakilerin hepsi
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

Cevaplar

1. d
2. d
3. b
4. b
5. d
6. b
7. c
8. e
9. d

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Mantarlar âlemindeki organizmaların ortak özelliklerini tanımlayın ve bu âlemi diğerleriyle kıyaslayın.
2. Dört grup mantar listesi yapın. Farklılıklarını ve onları başka bir âlemin üyelerinden ziyade mantar hâline getiren benzerliklerini açıklayın.
3. Likenler nedir? Bunlar mantar mıdır? Neden?
4. Mikorizal birlikler nelerdir? Onlardan kim yararlanır? Nasıl ve neden?
5. Tüm mantarlar daima çok hücreli midir? Değilse ne zaman değildir? Belirli örnekler verin.
6. Hangi mantarların yaşam hikâyesinde bir mantarın hangi parçasının rolü vardır?
7. Ayak mantarı bir mantardan kaynaklanır ancak herhangi bir sporokarp görülmez. Neden?

18 Bitkiler Âlemi: Plantae

Sınıflandırma sistemlerinin çoğunda, bitkiler âlemi **Plantae**, birçok basit fotosentetik organizmaları içerirken, bu organizmalar prokaryotik mavi-yeşil bakterileri hâlen alglerle birlikte gruplandıran kişilerce bazen ökaryotik **algler** olarak da tanımlanır. Bitkiler olarak adlandırılan, tek hücreli ökaryotik alglerin üç filumu olan Öglenofita, Krisofita ve Pirofita, Bölüm 16'da anlatılmıştır. 'Gerçek alg' terimi birbiriyle ilişkilendirilmeyen birçok alg grubunun bulunmasından dolayı artık geçerliliğini koruyan teknik bir tümce değildir. Bununla birlikte, çoğu metinde kullanımı devam ettiğinden, ortak terminoloji resmî sınıflandırmayla bağlantılı olarak sunulmaktadır. Aşağıdaki ökaryot alglerden **Chlorophyta (yeşil alg)** en modern bitkilerin atası olduğu düşünülür çünkü bunlar klorofil *a* ve *b* fotosentetik pigmentlerini ve ayrıca betakaroteni içerirler; yiyecek rezervlerini nişasta olarak depolarlar ve hücre duvarları selülozdan oluşur. Bazıları deniz canlısı olmakla birlikte, çoğunlukla tatlı su organizmalarıdır.

Phaeophyta (kahverengi algler), hemen hemen tümü denizlerde olmakla birlikte daha serin okyanus bölgelerinde yaygındır. **Rhodophyta (kırmızı alg)** bazıları tatlı suda olsa da çoğunlukla ılık suda bulunan deniz türleridir. Deniz yosunu türlerinin çoğu kahverengi ve kırmızı alg gruplarının üyesidirler.

Yukarıdaki üç filumdan her biri: (1) İçerdikleri fotosentez türlerine, (2) dâhili olarak depolanan yiyecek rezervleri türüne ve (3) hücre duvarlarında bulunan bileşenlere göre değişir.

Bu algler, bitki âlemine dâhil edilmezler. Fotosentez yaparlar fakat birçok protist ve monera da bu özelliğe sahiptir. Ayrıca doku farklılaşması her zaman çizginin nereye çekileceğini belirlemede anahtar bir faktör değildir. Çok hücreli yosunların gerçek kökleri, sapları veya yaprakları yoktur. Basit vücut yapıları **tallus** olarak adlandırılır, bundan dolayı da bazen **tallofitler** denilir. Birçok biyolog, bunları alg bitkileri olarak adlandırırlar ve sıklıkla bitki kelimesini kullanmazlar.

Bu tür meselelerin karmaşık olmasının nedeni, bu organizmaların, bakteriler gibi en ilkel yaşam formlarını, en karmaşık çok hücreli organizmalara bağlayan bir süreklilik içinde, birçok farklı soyu ve birçok farklı adımı temsil etmesidir. Farklı şekilde tanımlanmış beş ayrı âlem olan, Monera, Protista, Fungi, Plantae ve Animalia, birbirinden ayrı olduğunun tam olarak nasıl çizileceği, nereden çizileceği her zaman açık değildir.

Bazı sınıflandırmalarda alglerin bitkiler âlemine dâhil edilmesinin bir nedeni onların üreme yapılarıdır. Yüksek yapılı bitkiler, ürettikleri zigotları, dişi üreme organlarından salınmadan önce steril hücrelerin koruyucu duvarının içine yerleştirilmiş zarflı bir üreme yapılarına sahiptirler. Bölünemeyen (steril) hücrelerden meydana gelen koruyucu duvardan yoksun olan alglerin zigotları, dişi üreme organlarından ayrılıncaya kadar embriyolara dönüşmezler.

Düşük yapılı bitkiler ve yüksek yapılı bitkiler ayrı âlemlere yerleştirildiğinde, yüksek yapılı bitkiler bazen **Embryofita** olarak da adlandırılır çünkü dişi üreme organları zigotları embriyolara dönüşene kadar korurlar. Düşük yapılı bitkilere ek olarak, bitkiler âlemindeki ana sınıflandırma **Bryofita'yı** (**kara yosunları, ciğer otları ve boynuzotları**), tüm **vasküler bitkileri** (**psilopsitler, kurtayağı, at kuyrukları** ve **eğrelti otları**) içeren **Trakeofita'yı** ve **tohumlu bitkileri** (**gymnospermler** ve **angiospermler**) içerir. Bununla birlikte, borulu bitki anlamına gelen Trakeofita adı bu sınıflandırmadan çıkarılmıştır.

Karaya Geçiş

Gerçek algler çoğunlukla sucul ortamlarda yaşarlar. Karaya geçişle beraber bu canlılarda çok sayıda adaptasyon meydana gelmiştir. Bu adaptasyonlar olmasaydı çevredeki pek çok düşmanca atağa karşı açık hâle geleceklerdi. Suyun dışında, bitkiler kuraklık, ultraviyole ışık ve beslenme sorunları

ile karşılaştı. Buna ek olarak, hava ortamında bu bitkiler artık çevredeki suyun kaldırma gücünden yararlanamadığından bazı yapısal destekler zorunlu hâle geldi.

Karasal bitkiler artık su içinde bulunmadıklarından yeni yollarla suyu almak zorundaydılar. Su temin edilmeliydi ve daha sonra alım noktasından diğer yapılara taşınmalıydı. Buna ek olarak, fotosentetik ürünlerin de kendi özel fotosentetik yapılarından bitkinin diğer kısımlarına taşınması gerekiyordu. Tüm bu problemlere çözüm olarak vasküler dokular gelişti.

Buharlaşmadan kaynaklanan aşırı su kaybı azaltılmalı, metabolik ve fotosentetik amaçlarla gaz değişimine izin veren nemli dokular korunmalıydı. Bu, yapıların nemli kalmasına imkân verirken, genel su kaybını kontrol eden çok gelişmiş mekanizmalara yol açtı.

Kamçılı sperm hücreleri artık içinde yüzebileceği, kendisini çevreleyen bir suya sahip olmadığından, karasal ortamlardaki üreme ihtiyaçlarının da ayrıca değiştirilmesi gerekiyordu. Embriyonik gelişimin erken evrelerini kurumaktan koruyan özel yapılar da gelişti.

Birçok karasal bitkiyi sudaki benzerlerinden ayıran değişiklikler, yalnızca karasal ve sucul ortamlarda yaşayan bitkileri etkileyen faktörler açısından anlaşılmaktadır. Aşağıdaki mekanizmalar, embryofit bitkilerinin karasal habitatlarda yaşayabilmelerini mümkün kılmıştır:

1. Mumsu bir kütikül genellikle su geçirmezlik ve aşırı su kaybını önleme görevi gören **embryofit** bitkilerinin havasal kısımlarını kapsar.
2. Bütün embryofitler **oogam**dır. Yani, iki tür gamet vardır, bunlardan biri dişi, tipik olarak büyük, hareketsiz yumurta hücresi, **oogamet**tir.
3. Tüm embryofitler, steril olan koruyucu bir hücre tabakasıyla kaplı çok hücreli eşey organlarına sahiptirler. Erkek eşey organları **anteridia** ve dişi organları ise **arkegonya** olarak adlandırılır. Eşey organlarında gametler su kaybından korunur.
4. Tüm embryofitler, arkegonya içinde döllenmiş yumurta hücrelerine (oogam) sahiptir.
5. Arkegonya içinde iken, zigotlar, suyun bir kısmını ve besinleri ana bitkiden elde eden çok hücreli diploit embriyolara dönüşürler.
6. Gametlerin üretilmesinin yanı sıra, embryofitler, bir başka hücreye katılarak, fertilizasyona uğramak zorunda kalmadan, tam olarak yetiştirilen bitkilere doğru gelişen **spor** üreme hücrelerini üretir.

Embryofit **sporangia**, steril hücrelerden meydana gelen koruyucu bir kılıf ile kaplı sporları üretir.

Bryofit: Karayosunları, Ciğerotları ve Boynuzotları

Bryofitler, yaklaşık olarak 25.000 tür kara yosunu, ciğer otu ve boynuz otunu içerir. Herhangi bir özelliğe dayanarak, onları tallofitlerden ayırt etmek ya da bazen gerçek algler olarak adlandırılanlardan ayırt etmek zordur. Daha karmaşık vücut yapıları oluşturmak için iç içe geçebilen tek hücreden veya filamentlerden (hücre tabakalarından) oluşma eğiliminde olan alglerin aksine, bryofitler, yosunların yaşam tarihindeki bir aşama dışında nadiren filamentlidir. Bunun yerine, bryofitler parenkima denilen dokuları oluşturan hücrelerden oluşur; bunlar, ince selüloz duvarlara sahip, gevşek olarak oturtulmuş hücrelerle karakterize edilir. Hücreler arasında, hücresel ağ içinde yer alan hücreler arası boşluklardır.

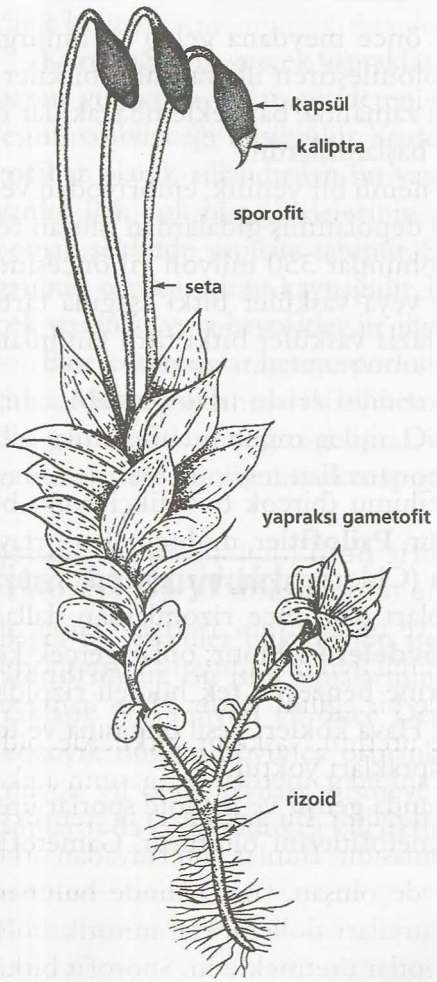
Bryofitlerde, başlıca fotosentetik pigmentler klorofil a ve b'dir. Bunlar biyokimyasal olarak, klorofitlerin pigmentlerine benzerler, ki bunların arasından, muhtemelen, bryofitler ortaya çıkmıştır. Enerji rezervleri nişasta şeklinde depolanır ve hücre duvarları selüloz içerir.

Bryofitler genellikle karasaldır. Ama atalarının sulak olan habitatlarına biraz bağımlı kalırlar. Bu durum, dağılımlarını nemli ortamlarla veya her yıl kritik bir dönemde nemli olan ortamlarla sınırlı tutmuştur. Bu küçük bitkilerin, kamçıya sahip sperm hücrelerinin anteridyadan arkegonyadaki yumurta hücrelerine yüzmeleri için suya ihtiyaçları vardır. Herhangi bir vasküler doku olmaksızın, sıvıların uzun mesafelerde dâhili olarak hareket etme kabiliyetleri sınırlıdır ve daha yüksek bitkilerde vasküler doku olan ksilem, destek için gerekli olduğundan, bu tür destekleyici doku olmadan bu bitkilerin üst boy sınırı minimum düzeyde tutulur.

Tüm bryofitler, bir **sporofit nesil** (diploid) ve bir **gametofit nesil** (haploid) ile **döl almaşına** (**alternation of generations**) sahiptir. Daha büyük, daha karmaşık ve birçoğu döl almaşına sahip olan algler arasında, gametofitde çok hücreli evrede indirgenme ve sporofitde çok hücreli evrede artma yönünde bir eğilim vardır. Hem kahverengi hem de kırmızı alglerde, sporofit üretimi, vasküler bitkilerde olduğu gibi daha belirgindir. Bu eğilim, haploid gametofit aşamasının açıkça baskın olduğu, bryofitlerde belirgin değildir. Bu gametleri üreten Bryofitlerin yeşil yapraklı gametofitik aşamasıdır. Bunlar anteridyadan arkegonyaya kadar ya yağmurda ya da çiğde oluşan, film hâlinde bulunan nemde yüzerler. Burada sperm yumurtaları döllemekte, mitotik bölünme ile diploid sporofitleri üreten zigotlar üretmektedir. Sporofit bitkisi game-

tofitlere bağlanır ve doğrudan ondan büyür. Sporofit, eşeysiz (aseksüel) sporları içeren ve serbest bırakan organ olan sporangia'yı üretir. Sporlar eşeysizdir çünkü gametlerden farklı olarak, asla eşeyli bir birlikteliğe katılmazlar.

Kara yosunlarında gametofit üretimi, gerçek kökler, yapraklar ve saplar gibi görünen ancak böyle olmayan kısımlara sahiptir (bk. Şekil 18.1). Bryofitler, bu tür yapılarda kritik bir bileşen olan **vasküler dokuya** sahip değildir. Vasküler dokuların bulunmadığı bitkilerde kök benzeri organlara **rizoid**ler denir; Bitkiyi toprağa bağlayarak, su ve besin maddelerini emerler ve kök gibi işlev görürler. Kök "gövde" gibidir ve bazen **sap** olarak anılır. "Yapraksı" kısımlar bazen daha iyi bir terminoloji olmadığından "**yapraklar**" olarak adlandırılırlar.



Şekil 18.1. Rizoidleri, yapraklı gametofitleri ve ekli sporofitleri gösteren kara yosunu.

Vasküler Bitkiler

Bilinen en eski vasküler bitkilerin bazıları, tutunma ve su emme işlevi gören köklere sahipti. Ayrıca su ve besin hareketi için vasküler dokuları vardı. Bu dokular aynı zamanda dayanıklılık sağladı ve bitkinin havada kalmasına yardımcı oldu. Ek olarak, bu erken vasküler bitkiler, su kaybını önlemek için yaprakların üzerini kaplayan bir **mumsu kutiküler tabakaya** sahipti. Fosil kayıtlarında, sporangia içeren daha baskın sporofit neslin lehine gametofit neslin azaltılması yönünde bir eğilim olduğu görülmüştür. En eski vasküler bitkiler muhtemelen tek bir sporangium türünden tek bir spor üretmişlerdi. Bu süreç **homospori** olarak adlandırılır. Çimlenme sonrası, bu sporlar anteridya ve arkegonya ile gametofitlere dönüştü. Bular sperm ve yumurtaları sırasıyla ürettiler. Bununla birlikte, vasküler bitkilerin genel gelişiminde **heterospori**ye (iki farklı spor türünün üretimi) yönelik eğilim de belirgindir.

Yaklaşık 500 milyon yıl önce meydana gelen su omurgalılarının evrimini takiben, toprağı kolonileştiren ilk vasküler bitkiler fosil kayıtlarında görülmüştür. Aynı zamanda, bazı eklembacaklılar da karasal habitatları kolonileştirmeye başlamışlardır.

Vasküler bitkilere özgü önemli bir yenilik, embriyodan ve koruyucu bir kılıf içine yerleştirilip depolanmış gıdalardan oluşan tohumdur. En eski bilinen fosilleşmiş tohumlar 350 milyon yıl öncesine aittir.

Beş ana trakeofit grubu veya vasküler bitki aşağıda tartışılmıştır. Bugüne kadar 260.000'den fazla vasküler bitki türü tanımlanmıştır.

Psilofita

Vasküler bitkilerin en ilkel filumu (birçok botanikçi bunu bir bölüm olarak adlandırır) **Psilofita**dır. **Psilofit**ler, muhtemelen ortaya çıktıkları dallı ipliksi yeşil alglerin (Chlorophyta) bir kısmına benzer. Psilofitler, uzun, yeraltı yatay sapları olan ince rizomlardan dallanan basit damar dokusu ile **gerçek gövdelere** sahiptir; onlar gerçek kökler değildir. **Rizomlar**, kök tüylerine benzeyen tek hücreli rizoidlere, ince, kök benzeri yapılara sahiptir. Hava kökleri yeşil olmasına ve fotosentez yapmasına rağmen, gerçek yaprakları yoktur.

Sporangia, gövdelerin ucunda gelişir ve haploid sporlar üretir. Bunlar yere düşer ve yer altı gametofitlerini oluşturur. Gametofitler hem

arkegonya hem de anteridya taşır. Her gametofit hem yumurta hem de sperm üretir. Sperm, döllenmenin gerçekleştiği yumurtalara gider. Daha sonra diploid zigot bir sporofite dönüşmeye başlar.

Psilofitler, Silüriyen döneminde evrimleşti ve 300 milyon yıldan fazla bir zaman önce gelişti. Bununla birlikte, hayatta kalan üç türün dışında, tüm psilofitlerin soyu tükenmiştir. Birçok botanikçi, bazı psilofitlerin eğrelti otlarına dönüştüğüne inanır.

Likofit: Kurtayağılar

Likofitler ya da kurtayağılar da yaklaşık 400 milyon yıl önce Silüriyen'de ortaya çıktı. Devoniyen ve Karbonifer dönemleri boyunca en büyük ve en baskın bitkiler arasındaydılar. Permiyen sonuna doğru, daha gelişmiş vasküler bitkiler yerini almıştır. Her ne kadar hepsi oldukça küçük ve kapladıkları alandan biraz daha fazla olsalar da yaklaşık 1.000 tür hâlâ dünyanın her yerinde bulunur.

Kurtayağıların gerçek yaprakları, gövdeleri ve kökleri vardır. Bunların bazen yüzeyden dallar gönderen, toprağa nüfuz eden alglerden evrimleşmiş olabileceği düşünülür. Yapraklarından bazıları özelleşmiştir. **Sporofil**ler olarak adlandırılan bu yaprakların sporları taşıyan sporangiaları vardır. Pek çok tür, gövdelerinin uçlarında **strobili** olarak adlandırılan çomak şeklinde yapılara sahiptir. Sporofil kümelerinden oluşan strobili, grubun ortak isminin kaynağıdır. Bununla birlikte, kurtayağılarının gerçek yosunlar veya bryofitler ile ilgisi olmadığını belirtmek gerekir.

Bazı kurtayağılar heterosporludurlar, yani iki çeşit sporangia'ya sahiptirler. **Megaspor**lar olarak bilinen daha büyük sporlar, arkegonya taşıyan dişi gametofitlere doğru gelişir. Diğer sporangia, anteridya taşıyan erkek gametofitlere dönüşen **mikrospor**lar olan daha küçük sporlar üretir.

Sfenofita: At Kuyrukları

Başka bir vasküler bitki grubu ise, genellikle atkuyruğu olarak bilinen **Sfenofita**'dır. Bu ismi almalarının nedeni atkuyruğuna benzemeleridir. Yaklaşık 360 milyon yıl önce Devoniyen'de ortaya çıkmışlardır ve Paleozoyik dönem boyunca ormanlara egemen olmuşlardır. Yaklaşık 250 milyon yıl önce, sayıları düşmeye başlamıştır. Bugün 25 türü kalmıştır, bunların da çoğu oldukça küçüktür.

Hepsinin gerçek kökleri, gövdeleri ve yaprakları vardır. Yaşayan atkuyruğu kambiyumdan yoksundur ancak daha büyük, soyu tükenmiş formların çoğu **vasküler kambiyum**a sahipti. Bu, gövdede yer alan ve boy ve kilo olarak arttıkça bitkilerin daha fazla doku üretmesine izin veren ikincil dokuları üreten hücrelerin katmanıdır. Bazı bitkiler yaşlandıkça, enlerindeki (çevresi) artışları açıklayan vasküler kambiyumdur.

Yaşayan en yaygın atkuyruğu olan *Equisetum*, homosporludur, yani sporları hem arkegonya hem de anteridya taşıyan gametofitleri taşır.

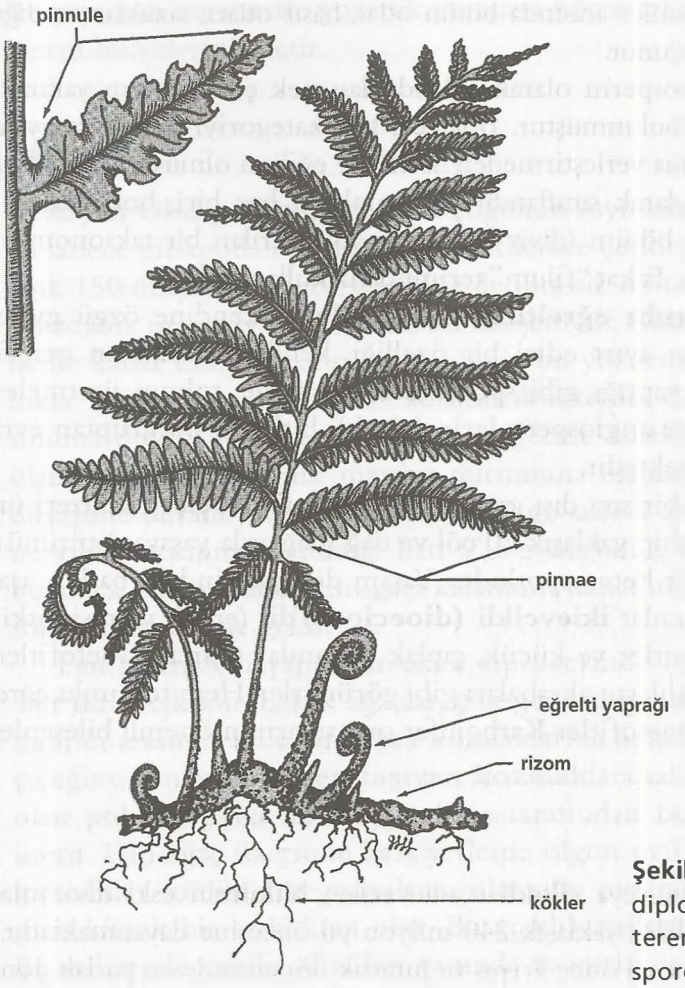
Pterofit: Eğrelti Otları

Birçok botanikçi, **pterofitler**in veya eğrelti otlarının, mevcut psilofitten geliştiğini tahmin etmektedir. Eğrelti otlarının gerçek kökleri, gövdeleri ve yaprakları vardır. İlk olarak 400 milyon yıl önce Devoniyen'de ortaya çıkan eğrelti otları, yaklaşık 300 milyon yıl önce Karbonifer'de önemli hâle gelmişlerdir. Daha sonra sayıları psilofitler, likofitler ve sfenofitler ile birlikte düşmüştür. Ancak bu düşüş, eğreltiotları ile aynı zamanda varolan vasküler bitkilerde olduğu gibi çok sert bir düşüş değildi. Bugün dünyada yaşayan yaklaşık 11.000 eğreltiotu türü vardır.

Çoğu form oldukça küçüktür ancak bir grup, ağaç eğrelti otları, istisnadır.Yaprakları (eğrelti otu yaprağı) ile odunsu bir gövdeye sahiptirler ve bazen boyları yaklaşık olarak 25 m (82 ft) yüksekliğe kadar ulaşabilir. Bu mümkündür çünkü eğrelti otları, **ksilem** (su taşıyan hücreler) ve **floem** (şeker taşıyıcı hücreler) içeren gelişmiş vasküler sistemlere sahiptir. Ancak kozalaklı ağaçların (koniferler) ve geniş yapraklı ağaçların aksine, eğrelti otlarının herhangi bir ikincil büyümesi yoktur, bu yüzden eğrelti otu gövdesinin çevresinin büyümesi mümkün değildir. Bu, çoğu eğrelti otları için bir üst yükseklik sınırı yaratır ve gövdeleri genellikle yere yatar, sadece yapraklar yukarı doğru büyür.

Eğrelti otlarının yaşam döngüsündeki baskın evre yapraklı diploid sporofittir (bk. Şekil 18.2). Sporangia genellikle eğrelti otu yapraklarının alt tarafında bulunur ve sporangia içeren bu yapraklar sporofil adını alır. Sprangia'ların her bir eğrelti üzerindeki konumu, türlere özgüdür.

Çoğu eğrelti otunun sadece bir tip sporu vardır. Uygun koşullar altında, tüm sporlar hem arkegonya hem de anteridya'yı taşıyan gametofitlere dönüşür. Gametofitler asla vasküler doku geliştirmezler ve nadiren çok büyük boyutlara ulaşırlar. Çünkü serbest sperm hücreleri kamçılı olduğundan ve arkegonya içindeki yumurta hücrelerine ulaşması için nemli bir ortam gerektirdiğinden, eğrelti otları nemli ortamlarla sınırlı olma



Şekil 18.2. Yapraklı diploid aşamasını gösteren, olgun eğreltiotu sporofiti.

eğilimindedir. Ancak toprağa düştüklerinde, döllenme meydana gelmeyecek olsa da daha kuru ortamlarda büyümede çok az sorun yaşarlar. Döllenme meydana geldiğinde, zigot, korunmuş tohum benzeri bir aşamadan geçmeden sporofite dönüşür.

Gymnospermler

Bazı sınıflandırmalarda, geriye kalan vasküler bitkiler **Spermopsida** grubuna yerleştirilir. Bu gymnospermleri ve angiospermleri içerir. Gymnosperm, çıplak tohum anlamına gelir, oysa angiosperm bitkileri, bir ovaryum içine alınmış tohumlara sahiptir. Gymnospermler arasında sikadlar, ginkgolar (sadece yaşayan bir üyesi vardır), kozalaklılar ve diğerleri bulunur.

Angiospermler arasında bütün otlar, hasır otları, sazlıklar ve diğer çiçekli bitkiler bulunur.

Gymnosperm olarak adlandırılan pek çok grubun yakından ilişkili olmadığı bulunmuştur. Böylece, her kategoriyi ayrı ayrı gymnosperm başlığı altına yerleştirmeden listeleme eğilimi olmuştur. Burada, gymnospermler olarak sınıflandırılan grupların her biri, botanikçiler arasında genellikle bölüm (divizyo) olarak adlandırılan bir taksonomik seviyeye taşınmıştır. Fakat "filum" terimi daha kullanışlıdır.

Tohumlu eğreltiler olarak bilinen kendine özgü gymnosperm filumunun ayırt edici bir özelliği, kendi türleri olan gerçek eğrelti otlarının yaptığı gibi spor üretmek yerine, tohum üretmeleridir. Sikadların ve angiospermlerin (çiçekli bitkiler) bu gruptan evrimleştiği düşünülmektedir.

Başka bir sıra dışı grup olan **Gnetofit**ler, çiçek benzeri üreme yapılarına sahip yaklaşık 70 çöl ve dağ (dağlarda yaşayan) türünü içerirler. Bu bitkiler heterosporludur. Yaşam döngülerindeki baskın aşama sporofittir. Bunlar **ikievcikli (dioecious)**'dir (erkek ve dişi bitki ayrıdır), polen üretirler ve küçük, çıplak tohumlar taşırlar. Gnetofitler ginkgo ve kozalaklıların akrabaları gibi görünürler. Hem tohumlu eğrelti otları hem de Gnetofitler Karbonifer ormanlarının önemli bileşenleriydi.

Sikadofita

Sikadofita veya **sikad**lar adı verilen bitkilerin eski divizyolarının en erken fosilleri, yaklaşık 240 milyon yıl öncesine dayanmaktadır. Yaklaşık 200 milyon yıl önce Triyas ve Jurassik döneminde en parlak dönemlerini yaşadılar ve daha sonra sürekli olarak düşüşe geçtiler. Şimdi sadece yaklaşık 100 türü hayatta bulunmaktadır.

Dalsız, dik gövdesi, büyük, dik **kozalak**ları hariç, bir ağaç eğreltisine veya bir palmiye ağacına benzeyen yaprakların taçlarını taşımaktadır. En uzun sikadın boyu yaklaşık 20 m'ye (65 feet) ulaşır ancak çoğu 2 m'den (6,5 feet) kısadır. Yaprakları tüysü ve bileşiktir (birçok yaprak taşıyan bir damar). Bütün sikadlar, dekoratif olarak yetiştirilenler hariç, tropiklerle sınırlıdır.

Her türün ayrı erkek ve dişi bitkileri vardır. Erkekler **stamenli kozalak**ları (polen ile) taşırlar ve dişiler ise tohum veya **yumurtalı kozalak**ları taşırlar. Bir istisna var ki; kozalak taşımak yerine, sikas cinsinden dişi sikadlar yapraklara benzeyen **megasporofil** taşıyan tohumlara sahiptir.

Sikad poleni rüzgarla çıplak ovüllere taşınır. Üzerine indiğinde, polen taneciği **polen tüpü** adı verilen boru şeklinde bir uzantı geliştirir.

Bu yapı kısa bir mesafe yüzerek yumurta hücrelerine ulaşacak kamçılı sperm hücrelerini üretir.

Ginkgofita

Divizyon **Ginkgofita** üyelerinin çoğunun soyu tükenmeden önce, şu an sadece ginkgodan oluşan grup son derece çeşitliydi. Ginkofita yaklaşık 150 milyon yıl önce, özellikle de Jurassik döneminde Dünya'daki Mezozoik ormanlarının önemli bir bileşeniydi. ***Ginkgo*** cinsinin bu döneme kadar uzandığı düşünülmektedir, bu yüzden ginkgo'lar çoğunlukla "yaşayan fosiller" olarak adlandırılmaktadır. Grup, Mezozoyik'in sonuna doğru gerilemeye başladı ve geride kalan, grubun tek üyesi olan Ginkgo biloba'nın mevcut durumuna ulaşana dek Tersiyer'deki düşüşüne devam etti. Çoğunlukla ginkgo olarak adlandırılan, yüzlerce yıldır ekiminin yapıldığı batı Çin'e özgüdür. Geçtiğimiz yüz yıl boyunca ginkgo, dünyanın geri kalanının tamamında çok popüler bir sokak ağacı hâline geldi.

Fan şeklindeki yapraklar uzun sap üzerinde (yaprak sapı) taşınır. Tür iki evciklidir. Erkek ağaçlar, çok göze çarpmamakla birlikte, koniferler arasında bulunan erkek kozalaklarına benzerdir ve söğüt ağacı çiçeğine benzeyen **polen taşıyan kozalak**lara sahiptir. Heterosporlu olan polen taşıyıcı kozalaklar, hava tarafından taşınan mikrosporlar üretir. Dişi ağaç üzerinde bazı yerlerde olgun ovüller vardır. Dişi gametofitler, küçük arkegonyaların oluştuğu ovule gömülüdür. Ovule giriş küçük bir açıklıktan olur. Bu açıklık **mikropil**dir. Mikrosporlar mikropile çekilir. Ovülün yanında uzanırlar ve yumurtanın içine doğru ilerleyen erkek gametofitlere dönüşürler. Erkek gametofit, hareketli sperm hücrelerini serbest bırakır. Bir tanesi yumurtanın çekirdeği ile kaynaşarak embriyonun geliştiği zigotu oluşturur. Dokular embriyo etrafında büyür ve yumuşak olan etli dış tabaka ile gerçek bir tohum oluşturur.

Koniferofita: Koniferler

Filum **Koniferofita**, genellikle çam, ladin, köknar, baldıran, selvi, sekoya, karaçam, ardıç ve porsuk gibi türler olarak bilinen bitkilerin yanı sıra çok iyi bilinmeyen diğer bazı bitkileri içerir. **Koniferler**, 600'den fazla türü içine alan yaklaşık 50 cins içerir. Fosilleri, yaklaşık 300 milyon yıl önce, son Karbonifer dönemine kadar uzanır. Kozalak, bu grubun birçok üyesini ayırt eden göze çarpan bir özellik olmasına

rağmen, bazı koniferlerde kozalak görünmez. Örneğin ardıç meyveleri, etli kabuğu ile aslında küçük kozalaklardır ve porsuk ağaçları etli, dut benzeri meyvesiyle tabanda çevrili tohumlara sahiptir. Biyolojik terimlerde, kozalaklar ve daha fazla meyve benzeri üreme biçimleri arasındaki ayrım, ilgili kozalaklıların kullandığı dağılma biçimi açısından önemlidir. **Pinoid**ler, tohumlarının rüzgarda dağılması için adapte olmuşlardır. Diğerleri hayvansal kaynaklı dağılma için adaptasyona uğramışlarıdır.

Ağaçlar yaşam döngüsünün diploid sporofit aşamasıdır. Kozalaklar aslında sporofiller olarak adlandırılan modifiye yaprakların sıkı kümeleridir. Çamlarda **kozalak pulu** olarak adlandırılırlar. Her sporofil, haploid sporların mayoz yoluyla üretildiği iki sporangia içerir. Bu ağaçlar heterospordur. Büyük dişi kozalaklar megasporlar üreten sporangia içerir; küçük erkek kozalaklar mikrosporlar üreten sporangia içerir. Tüm tohumlu bitkileri, hem gymnospermler hem de angiospermler heterospordur.

Her çam pulu iki sporangia içerir; her sporangium'un küçük bir açıklığı vardır, bu açıklığa micropil denir. Mayoz sporangium içinde oluşur ve dört haploid megaspor üretilir. Bunların üçü parçalanır. Kalan megaspor, tekrarlanan mitotik bölünmeler yoluyla, eğrelti otlarından farklı olarak, büyük ölçüde küçültülmüş dişi gametofit hâline gelir ve kozalağın içine yerleşir. Gametofit serbest yaşayamaz, klorofil de içermez. Her dişi gametofit, yumurta hücrelerinin geliştiği birkaç arkegonya üretir. İntegument, sporangium ve dişi gametofitden oluşan bütün yapıya ovum denir.

Erkek kozalaklar içinde mikrosporlar üreten sporangia vardır. Bunlar, kurumaya dirençli, kalın bir tabaka oluşturan **polen taneleri** hâline gelir. Rüzgar tarafından taşınırken onlara yardım eden küçük kanatlı yapıları vardır. Polen tanelerinin içinde, haploid çekirdek mitotik olarak bölünür ve polen taneleri dört hücreli hâle gelir. Bu hücrelerden ikisi dejenere olur. Sporangia patladığında, milyonlarca olgun polen tanesi salınır. Bu erkek gametofit aşamasıdır.

Dişi kozalakların üzerine biriken polen tanelerinin çoğu pullar arasına dökülmektedir. Bunlardan bir kısmı micropil açıklığına yakın birikir. Bir polen taneciği mikropil içindeki sporangium'un ucuna temas ettiğinde, bir polen tüpü büyür. Şimdi polen tüpü olan çimlenmiş **polen taneciği**, sporangium içinden aşağı doğru büyür ve dişi gametofitin arkegonyalarından birine girer. Orada tüp, çekirdekleri serbest bırakır, ki bu durumda, polen tüpündeki hücreler bölündüğünde spermler gelişir. Sperm yumurtayı döller ve oluşan zigot bir embriyo sporofit üretir. Bu hâlâ çam kozalağı içinde bulunan dişi gametofitin içinde yer

almaktadır. Son olarak, kozalak pulları, daha çok yetişkin sporofit ağaçlarına dönüşen tohumlar olarak bilinen yumurtalarını tutar.

Anthophyta/Angiospermler: Çiçekli Bitkiler

Daha yaygın olarak angiospermler olarak bilinen filum **Anthophyta** veya çiçekli bitkiler, aynı zamanda **anthophytes** olarak adlandırılan, yaklaşık olarak toplam 250.000 tanımlanmış tür ile temsil edilen, yaşayan bitkilerin en başarılı grubudur. Onları diğer bütün bitkilerden ayıran çiçekleri ve meyveleridir. Bilinen en eski angiosperm benzeri bitkiler ilk olarak, yaklaşık 150 milyon yıl önce Jurassic döneminde fosil kayıtlarında ortaya çıkmaktadır. Ancak yaklaşık 250 milyon yıl önce, angiospermlerin Permiene kadar uzun zaman önce var olabileceği yönünde bazı spekülasyonlar vardır. 100 milyon yıl kadar önce Kretase'ye kadar, baskın olan gymnospermlerde hızlı bir düşüş yaşanmadı. Daha sonra, aniden ve o zamandan beri, fosil kayıtlarındaki angiosperm spektrumlarının çeşitliliği, dünyadaki en çok floraya hâkim olan grubun angiospermler olduğunu gösterdi.

Tüm angiospermler arasında, diploid sporofit, gametofiti koruyup besler ve yaşam döngüsüne hükmeder. Gelişme esnasında olgunlaşmamış yumurtaları ve hareket edemeyen spermleri tutan ve besleyen küçük gametofitdir. Çiçekli bitkiler heterosporludur, yani iki farklı büyüklükteki spora sahiptirler. Aynı zamanda oogamdırlar. Yani sperm ve yumurtaları vardır. Zigotları, koruma ve dağılma için yüksek oranda evrilmiş tohum ve meyveye dönüşürler. En ayırt edici özelliklerinden biri, çiçekleri içeren eşsiz üreme sistemleridir. Çiçek yapıları, bitkinin polen ve taşıyıcıları (vektörleri) ile birlikte evrimleşmişitr. Polen taşıyıcıları (rüzgar, böcekler ve diğer hayvanlar) bir çiçekten diğerine polen aktarma yollarıdır. Bu taşıyıcıların, diğer bitkilerin bu kadar kolay erişemeyeceği habitatlar içine, angiospermlerin yayılmasına yardımcı olduğu görülmektedir.

İlk angiospermler muhtemelen rüzgarla tozlaşmıştır. Modern gymnospermlerin ovülü, rüzgarla taşınan polen tanelerini yakalayan yapışkan bir madde yayar. Benzer şekilde, ilk angiospermler muhtemelen böyle bir polinasyon mekanizmasına sahipti.

Beetles gibi bazı belirli böcekler, ovüllerin ürettiği kolayca erişilebilen yapışkan, şekerli damlacıklara bağımlı olmuş olabilirler. Bir yumurtadan diğerine geçen böcekler, istemeden yanlarında polen taşıyarak, bazı bitkilere üreme avantajı kazandırıp, daha çok nektar salgılayan organlara (**nektarlar**) ve böcekleri cezbeden diğer yapılara sahip bitki genlerinin geçmesine yardım etmiştir. Potansiyel tozlayıcılara işaret eden şekillerde düzenlenmiş bazı kokulu ve parlak renkli çiçek parçalarına sahip bitkiler seçici avantajlara sahiptir. Bunlar nektar tüketiminde özelleşmiş tüm

böceklerdir. Çünkü bazı böcekler polenleri çiçeklerden çiçeklere taşırlar, çoğu ev sahibi bitki için bu durum hayati önem taşır. Hem bitkiler hem de böcekler bu ilişkiden yararlanırlar ve birlikte evrimleşmişlerdir. Yaklaşık 65 milyon yıl öncesine dayanan Senozoik dönemden günümüze kadar birçok modern çiçek grubu ve bunların tozlayıcıları olan arıların, eşek arılarının, kelebeklerin ve onları dölleyen kelebeklerin de hâlihazırda evrimleştiği görülmektedir.

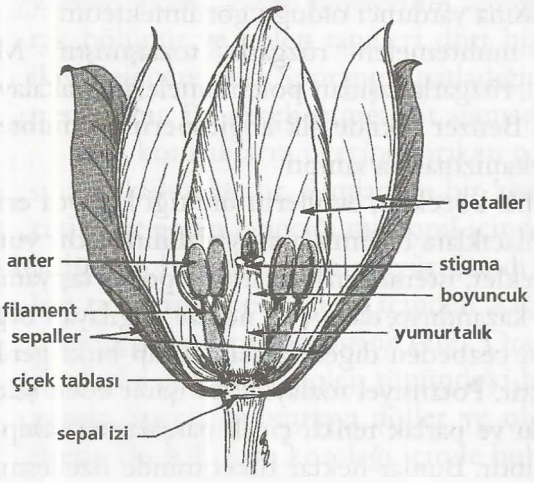
Tipik Bir Çiçek

Tipik bir çiçek, **sepal**, **petal**, **stamen** ve **karpel** denilen dört halka modifiye yaprakdan oluşur ve bunların hepsi çiçek tablasına (receptacle) bağlanır. Bu tür çiçeklere **tam** çiçek denilir (bk. Şekil 18.3). İlk dört elementten herhangi birinden yoksun çiçekleri olan bitkiler **eksik çiçek**lere sahiptir.

Fotosentez yaptıklarından genellikle yeşil olan sepaller çiçeğin diğer kısımlarını tomurcuk içine alarak çevrelerler. Sepaller birlikte **kaliksi** oluştururlar. Sepallerden sonra değişime uğrayan gövdenin bir parçası olan **çicek tablasına (receptacle)** bağlanan sonraki yapılar petallerdir. Tüm petallerin (taç yaprak) hepsine birden **korolla** denir. Kaliks ve korolla **periantı** oluşturur.

Daha sonra, modifiye edilmiş gövde boyunca uç kısma doğru (dışarı doğru) devam eden, her biri uzun, ince bir saptan ve **anter** olarak bilinen, ucunda özelleşmiş kısımda **poleni** taşıyan **filament**ten oluşan stamenlerdir.

Çiçeğin orta kısmı ve çiçek tablası boyunca en uzak kısım karpeldir. Karpel yumurtacığı, yırtıcı tozlayıcılardan korumak için katlanmış olan



Şekil 18.3. Farklı çiçek parçalarını gösteren lale çiçek diyagramı.

modifiye çiçek yapraklarından oluşan bir yapıdır. **Pistil**, çiçeğin merkezindeki bir veya daha fazla karpelden oluşur. Genel olarak, pistilin, bir veya daha fazla sporangia olan yumurtalıkta genişletilmiş bir tabanı vardır. Bu sporangia'lar **ovüller** olarak adlandırılır. Bunların her biri mayoz olarak bölünür ve üçü genellikle parçalanan dört haploid megaspor oluşur. Kalan megaspor dişi gametofiti üretmek için mitotik olarak bölünür. Mikropilin ucuna yakın hücrelerden biri yumurta hücresi hâline gelir ve bir kısmı polar cisimler olarak kalır.

Her anter dört sporangia'dan oluşur. Bunların, her biri iki çekirdeğe sahip olan polen tanelerine olgunlaşan haploid mikrosporlar üretmek için mayoz bölünme geçirirler. Bu polen taneleri erkek gametofitlerdir. Polen **stigma**ya (dişi organ tepesi) ulaştığında, yumurtalığın üstünde uzanan **boyuncuğun** alıcı kısmı olan polen tüpü stigma boyunca büyür ve boyuncuk yumurtalık içine doğru gelişir. Polen tüpünün ucu ovule ulaştığında, mikropile girer ve her iki haploid çekirdeğini dişi gametofite (embriyo kesesi) bırakır. Sperm çekirdekleri olarak bilinen haploid çekirdeklerden biri, hareketli olmasalar da yumurtayı döller ve zigot, sporofitik embriyoya dönüşür. Dişi gametofitin iki polar çekirdeği birleşir, bir diploid füzyon çekirdeği oluşturur. Bu da ikinci sperm ile birleşerek mitotik olarak bölünen ve endosperm olarak bilinen **triploid** dokuyu oluşturan triploid bir çekirdek oluşturur. Bu doku, embriyoyu çevreler ve gelişmekte olan sporofitik tohumun beslendiği depolanmış gıda olarak işlev görür. **Endosperm**, çoğu insanın besin ihtiyacını karşılar ve dünyanın insan nüfusunun çoğunun yediği pek çok tohumu oluşturur.

Döllenmeden sonra, embriyoyu çevreleyen angiosperm yumurtalık meyveye dönüşür. Bu embriyoyu erken gelişim aşamalarında kurumaya karşı korunmasını sağlar. Daha sonra, meyve ya rüzgar tarafından uçurularak ya da yere düşerek ve yuvarlanarak dağıtıcı bir ajan olarak görev görür. Bir hayvan aynı zamanda, meyveyi kürkünde taşıyarak veya meyveyi yiyerek ve dışkıda biriktirerek dağılma işlemine yardımcı olabilir.

Angiospermler iki alt gruptan, **Monokotiledon** ve **Dikotiledon**'dan oluşur. Monokotiledonlar, çoğunlukla söylendiği gibi, embriyo ile birlikte tek bir **kotiledona** sahiptir. Endospermiyle tohumun çoğunu oluşturan yaprak benzeri yapısı, çimlenme esnasında kullanılan besinlerden oluşur. Monokotiledonlar genellikle paralel yaprak damarlarına sahiptir. Çiçek kısımları normalde üçün katlarıdır. Çoğu formda vasküler bir kambiyum yoktur. Monokotiledonlar otları, zambakları, irisleri ve orkideleri içerir. Otların çiçekleri büyük ölçüde indirgenmiş petallere, stamenlere ve karpellere sahiptir ve zambak benzeri bir atadan geldiği düşünülür.

Buna karşılık, dikotiledonlar iki kotiledonlu embriyolara sahiptir, yaprak damarlanması genellikle dallanır ve alt kısımlar tipik olarak dört veya beşli gruplar hâlinde bulunur. Ek olarak, ikincil büyümeye sahip olan dikotiledonlar vasküler bir kambiyuma sahiptir. Monokotiledonlara dâhil olmayan tüm çiçekli bitkiler dikotiledonlardır, çok sayıdadırlar ve birçok açıdan yaşayan en başarılı bitkilerdir.

ANAHTAR TERİMLER

Alg
Nesillerin değişimi
angiosperm
Anter
Anteridya
Anthophyta
Anthophytes
Arkegonya
Kahverengi alg
Bryofita
Bryofites
Kaliks
karpeller
Klorofita
kurtayağılar
Tam çiçek
Kozalak pulu
Kozalaklar
Koniferofita
Koniferler
Korolla
Kotiledon
Sikadofita
Sikadlar
Dikotiledon
İki evcikli
Embriyofita
Embriyofit
Endosperm
Eğreltiler
Filament
Çiçek
Çiçekli bitkiler
Gametofit nesil
Ginkgo
Ginkgo
Ginkgobiloba
Ginkgofita
Gnetofites
Yeşil alg
Gymnospermler
Heterospori
Homospori
Boynuzotu

At kuyruğu
Eksik çiçek
Yapraklar
Ciğerotları
Likofita
Megasporlar
Megasporofiller
Mikropil
Mikrosporlar
Monokotiledon
Kara yosunları
Nektarlar
Oogamet
Oogam
Yumurtalık
Kozalak yumurtlar
Ovüller
Periant
Petaller
Phaeophyta
Floem
Pinoidler
Pistil
Plantae
Polen
Polen taşıyan kozalaklar
Polen tanecikleri
Polen tüpü
Psilofita
Psilofitler
Psilopsitler
Pterofitler
Çiçek tablası
Kırmızı alg
Rizoidler
Rizomlar
Rhodophyta
Kökler
Tohum
Tohumlu eğreltiler
Tohumlu bitkiler
Sepaller
Spermopsida
Sfenofida
Sporangia
Sporlar
Sporofiller
Sporofit nesil
Sap
Stamenler
Stamenli kozalak
Stigma
Strobili
Boyuncuk
Tallofitler
Tallus
Trakeofita
Triploid
Gerçek gövde
Vasküler kambiyum
Vasküler bitkiler
Vasküler dokular
Mumsu kutikülar tabaka
Ksilem

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Alg, Bryofita, Vasküler Bitkiler ve Psilofita

1. Aşağıdakilerden hangisi modern bitkilerin doğrudan ortak atası olan grup olduğu kabul edilmektedir

   a. Pyrrophyta (dinoflagellates)
   b. Chlorophyta (yeşilalg)
   c. Phaeophyta (kahverengialg)
   d. Rhodophyta (kırmızıalg)
   e. Euglenophyta (öglenoidler)

2. Çok hücreli alglerin _____ vardır

   a. Gerçek kökleri
   b. Gerçek gövdeleri
   c. Gerçek yaprakları
   d. Kayda değer bir doku farklılaşması
   e. Hiçbiri

3. Çok hücreli alglerin basit vücut formuna _____ denir.

   a. Tallus
   b. Sporangium
   c. Mikropil
   d. Kozlak
   e. angiosperm

4. Çok hücreli alglerin basit vücut formu tallus olarak adlandırıldığı için, bu organizmaların bir grubu bazen _____ olarak adlandırılır.

   a. Sporantiofitler
   b. Koniferler
   c. Angiospermler
   d. Algofitler
   e. Tallofitler

5. Alg üreme yapıları _____'ya sahip değildir.

   a. Bölünmeyen hücrelerin koruyucu hücre duvarı
   b. Dişi üreme organlarından salındıktan sonar embriyolara dönüşen zigotlar
   c. Kısır hücrenin koruyucu hücre duvarı
   d. Hepsi
   e. Hiçbiri

6. Bryofitler _____ kapsarlar.

   a. Karayosunlarını
   b. Ciğerotlarını
   c. Boynuzotlarını
   d. Hepsini
   e. Hiçbirini

7. Damarlı bitkiler _____ kapsarlar.

   a. Bataklık yosunlarını
   b. At kuyruklarını
   c. Eğreltileri
   d. Tohumlu bitkileri
   e. Hepsini

8. _____ embryofitlerin karasal habitatlarda yaşamalarına yardımcı olan mekanizmalardır.
   a. Embryofitlerin çok hücreli bir koruyucu, kısır hücre tabakasıyla kaplı eşey organları vardır.
   b. Embryofit sporangia'lar koruyucu kısır hücreler ile kaplı sporlar üretir.
   c. Embryofitlerin, genellikle bitkilerin hava kısımlarını kaplayan bir mumsu kütikülü vardır.
   d. Hepsi
   e. Hiçbiri

9. Bryofitler, tallofitlerden (gerçek algler _____ özelliklerinden dolayı farklılaşırlar.
   a. Bryofitlerin yaşam öyküsünün bir aşaması hariç olmak üzere, bryofitler nadiren filamentlidir.
   b. Bryofitler dokular oluşturan hücrelerden oluşur
   c. Bryofitler atalarının sucul ortamlarını birşekilde terk etmişlerdir ve karasaldırlar.
   d. Hepsi
   e. Hiçbiri

10. Bryofitler _____.
   a. Anteridyalardan arkegonyalardaki yumurta hücrelerine yüzmek için kamçılanmış sperm hücreleri için suy aihtiyaç duyarlar.
   b. Akışkanları uzun mesafelerde dâhili olarak hareket ettirme becerisinden yoksundurlar.
   c. Ksilem desteğinden yoksundur.
   d. Hepsi
   e. Hiçbiri

11. Tüm bryofitler _____'a sahiptirler.
   a. Nesillerin değişimi
   b. Sporofit nesil
   c. Gametofit nesil
   d. Hepsi
   e. Hiçbiri

12. Vasküler bitkilere özgü önemli bir yenilik _____ özelliğine sahip olan tohumdur.
   a. Embriyodan oluşur
   b. Depolanmış yiyecekleri vardır
   c. Koruyucu bir kılıf içinde bulunur
   d. Hepsi
   e. Hiçbiri

Likofita, Sfenofita ve Pterofita

13. Likofitler, strafor kümeleri oluşturan strobili olarak bilinen saplarının uçlarında çomak biçimli yapılara sahiptir. Grubun ortak adı olan bu yapılardan türetilmiştir.
   a. Strobili yosunlar
   b. Çomak şeklindeki yosunlar
   c. Bataklık yosunları
   d. Sporofil yosunları
   e. Kümelenmiş yosunlar

14. Bataklık yosunları _____ sahiptir.
    a. Gerçek yapraklar
    b. Gerçek gövdeler
    c. Gerçek kökler
    d. Hepsi
    e. Hiçbiri

15. At kuyrukları (Sfenofita _____ sahiptir.
    a. Gerçek yapraklar
    b. Gerçek gövdeler
    c. Gerçek kökler
    d. Hepsi
    e. Hiçbiri

16. Eğreltiler (Pterofita) _____ sahiptir.
    a. Gerçek yapraklar
    b. Gerçek gövdeler
    c. Gerçek kökler
    d. Hepsi
    e. Hiçbiri

Gymnospermler, Angiospermler ve Çiçekler

17. Gymnospermler _____ içerir.
    a. Otlar
    b. Hasırotları
    c. Sazotu
    d. Hepsi
    e. Hiçbiri

18. Angiospermler _____ içerir.
    a. Sikadlar
    b. Ginkgolar
    c. Koniferler
    d. Hepsi
    e. Hiçbiri

19. Koniferler _____ içerir.
    a. Çamlar
    b. Ladin
    c. Köknar
    d. Hepsi
    e. Hiçbiri

20. Koniferler _____ içerir.
    a. Selvi
    b. Kızılağaç
    c. Karaçam
    d. Hepsi
    e. Hiçbiri

21. Koniferler _____ içerir.
    a. Tsuga çamını
    b. Ardıçları
    c. Porsuk ağacını
    d. Hepsini
    e. Hiçbirini

22. Tür sayısı bakımından en başarılı bitki grubudur.
    a. Angiospermler
    b. Gymnospermler
    c. Ginkgolar
    d. Bataklık yosunları
    e. Eğreltiler

Cevaplar

1. b	7. e	13. c	19. d
2. e	8. d	14. d	20. d
3. a	9. d	15. d	21. d
4. e	10. d	16. d	22. a
5. d	11. d	17. e	
6. d	12. d	18. e	

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Kara bitkilerini suda yaşayan bitkilerle karşılaştırınız (örnekler veriniz).
2. Bitkiler tarafından kullanılan su yalıtımının türlerini ve işlevlerinin neler olduğunu açıklayınız.
3. Algler ve yüksek yapılı bitkiler arasındaki farklar nelerdir?
4. Bitkilerin evriminde damarsal doku hangi rolü oynamıştır?
5. Çiçek nedir? Yapısını ve işlevini açıklayınız.
6. Nesillerin değişimi farklı bitkilere nasıl uygulanır?
7. Başlıca bitki gruplarını ayırt eden özellikler nelerdir?
8. Bitkiler, şu ana kadar tartışılan diğer tüm organizma gruplarından nasıl ayrılır?
9. Tohum nedir? Önemini açıklayınız.
10. Angiospermi tanımlayın ve farklı tipte angiosperm örnekleri veriniz.

19 Hayvanlar Âlemi: Animalia

Tek hücreli organizmalar yalnızca bir hücreden oluşur. Başka bir deyişle, farklılaşmış hücrelerin bir araya toplandığı doku ve organlardan yoksundurlar. Yine de tek hücreli organizmalar son derece karmaşıktır ve çoğu zaman **hayvanlar âleminin** üyeleri olarak sınıflandırılır. Bununla birlikte, bir önceki bölümde belirtilen nedenlerden ötürü, bu formlar protistler olarak sınıflandırılmıştır.

Hayvanlar âlemine ait olan organizmalar birkaç temel özelliğe sahiptir. Döllendiğinde ya da bölünmek için uyarıldığında, hayvan yumurta hücreleri, **morula** adında üzüm benzeri bir küme üreten, birkaç **hücre bölünmesinden** geçer. Bölünme devam ettikçe artan hücre sayısı, içi boş, merkezî boşluğu çevreleyen tek bir küresel hücre tabakası olan **blastula** olarak bilinen erken embriyonik safhada düzenlenir. Blastulanın oluşumunu takiben, bu tek katmanlı küredeki hücreler, erken embriyonun şeklini ve tipini belirleyen bir seri karmaşık süreçten geçmektedir. Bu dönüşüm süreci **morfogenesis** olarak bilinir. Bu süreçte blastula, organizmanın geliştiği basit bir çift katmanlı embriyo, yani **gastrula** hâline gelir. Hayvanlar âleminin yetişkin dönemleri çok **hücrelidir**. Yetişkinler olarak **dokular**dan oluşmalarına karşın, **süngerlerin** (Porifera) durumunda zayıf tanımlanmıştır.

Tüm hayvan filumlarının ortak bir soydan evrimleştiği düşünülmektedir. Bugüne kadar bir milyondan fazla hayvan türü sınıflandırılmıştır.

Bunların çoğu genellikle böceklerden (sınıf: **Insecta**) oluşan **Arthropoda** filumuna aittir. Bu bölüm, tüm ana filumları ve daha az bilinen filumdan bazılarını tartışmaktadır.

İlkel Omurgasızlar

Porifera

Porifera filumu veya süngerler, yaklaşık olarak 10.000 türden oluşan bir gruptur ve bunlar sucul çoğunlukla denizel, çok hücreli filumlardan bağımsız olarak protozonlardan evrimleşmiş gibi görünen çok hücreli süzücülerdir. Zigot, çok hücreli, serbest yüzen, kirpikli (silli) larva hâline gelişir, metamorfoz esnasında içerisindeki kılıfını tersyüz edip kirpiklerini içeriye alarak yetişkin bir sünger hâline dönüşür. Genellikle poriferanlar adı verilen nispeten basit organizmaların organları yoktur ve dokuları iyi tanımlanmamıştır. Yapısal olarak, yassı **epidermal hücrelerden** bir dış tabakadan oluşurlar. İçinde göçebe **amoeboid hücrelerden** oluşan bir tabaka ve bazen **koanosit** olarak adlandırılan **yakalı hücrelerin** en içteki hücre tabakası vardır. **Yakalı hücreler** kamçılıdır. Dış su ortamından, sünger içindeki küçük gözeneklerden merkezî boşluğa yani **spongocoele** su akışı üretirken, **osculum** adı verilen daha büyük bir açıklıktan dışarı akan su akımı üretirler. Su akımlarıyla gelen mikroskobik besin parçacıkları, bu parçacıkları kendi başlarına sindiren veya sindirim için amoeboid hücrelere götüren yakalı hücreler tarafından sarılır. Su akımları aynı zamanda hücrelere oksijen verir ve karbondioksit ve azotlu atıkları da taşır.

Kalsiyum karbonat veya **silisli** (silis içeren) malzemeden oluşan küçük iğne benzeri kristaller süngerin gövdesi boyunca dağılmıştır. **Spiküller** adı verilen kristaller **proteinli liflerle** birlikte bu hayvanların şekillerini korumalarına yardımcı olan iskeleti oluştururlar.

Süngerlerin genel üreme biçimleri arasında **aseksüel tomurcuklanma** hem de **eşeyli üreme** vardır; hem **monoik** hem de **dioik** formlar oluşur. **Larvalar silli** ve serbest yüzmelerine rağmen, **yetişkinler** her zaman sesil (**sabit**) ve genellikle batık bir cisme bağlıdırlar.

Cnidaria (Coelenterata): Hidra, Denizanası, Mercanlar, Deniz Laleleri

Knidaria filumu, bazen **Coelenterata** adı verilir; yaklaşık 9.000 tür **denizanası**, hidra, deniz laleleri, deniz yelpazesi ve mercanı içerir. Bu organizmalar birbirinden farklı temel vücut formundan oluşur. Deniz anası,

medüz olarak bilinen, serbest yüzen yetişkin formlar olup, genellikle medüz, aşağıda asılı olan tentakülleri ile yuvarlak kubbe gibi görünür. **Polip** knidarianın vücut şekli temel olarak baş aşağı bir denizanasıdır. Hareketli medüzün aksine, polipler alt tarafta kubbe yüzüne sahiptir. Zemine yapışmışlardır ve bu nedenle tentakülleri yukarı bakacak şekilde sabittirler. **Hidra, mercan polipleri** ve **deniz laleleri** sesil yetişkin knidariaların örnekleridir. Birçok tatlısu formu olmasına rağmen çoğu knidaria denizeldir.

Deniz yıldızı ve deniz anasının karakteristik özelliği olan **radial simetri**, bu hayvanları iki eşit parçaya bölen bir çizgide birbirlerinin ayna görüntüleri olacağı anlamına gelir. Knidaria filumunun tamamı, dıştaki doku katmanı **ektoderm** ve içte **endodermden** oluşan radial simetrili, basit hayvanlardan oluşur. Bunların arasında amoeboid harekette içerilen, jelatinimsi bir dolgu bulunur ve **fibröz hücreler** (lifli hücreler) hertarafına dağılmıştır. Bu daha az belirgin üçüncü doku tabakası olan, **mezoderm,** Knidaria'da **mezoglea** olarak adlandırılır.

Üç doku tabakası dışa açılan bir delikten girip çıkan suyla dolu, içi boş bir iç kısmı çevreler. Basit bir kas hareketi ile denizanası, suyun içinden kendini itmek için vücudu pompa olarak kullanır.

"Ağız" çevresinde bulunan Knidarianın **tentakülleri**, **nematositlerden** oluşan **knidoblastlar** olarak bilinen benzersiz yapılara sahiptir. Bunlar, kimyasal veya dokunsal uyaranlara karşı boşaltılan uzun ipliklerle bağlantılı zıpkın benzeri yapılar içerir. Nematositlerden bazıları yapışkan, dikenli veya zehirlidir. Nematositler toplamda avını felç etme, kement veya zıpkınlama kapasitesine sahiptir. Ardından tentaküller yiyecekleri ağzına çeker.

Asılı tentaküllerin basit kas kasılmaları ile besinler tek bir açıklığa kadar çekilir ve daha sonra bazen **gastrovasküler** boşluk veya **coelenteron** denilen iç kısımlara gelir. Orada enzimlerle parçalanır, böylelikle boşlukları kaplayan hücreler tarafından besin maddelerinin emilmesi sağlanır. Daha sonra bunlar besin maddelerini diğer hücrelere aktarırlar. Atık ürünler, yiyeceklerin girdiği aynı açıklıktan dışarı atılır. **Gastrovasküler boşluğun** ötesinde sindirim organları yoktur. Sinir sistemi **sinir ağın**dan oluşur, merkezîleştirilmemiştir, yani merkezî sinir sistemi yoktur ve baş içermez.

Bu hayvanlardan herhangi birinin sahip olduğu duyu organı sadece, hayvanları yerçekimine yönlendiren **statocystler** ve tentaküllerin tabanına yerleşmiş olan bir grup pigment hücreleri ve fotoreseptör hücreleri olan **ocelli** yani ışığa duyarlı organlardır. Bunlar ilk çok hücreli duyu organlarını oluşturuyor gibi görünmektedir.

Hidralar (sınıf: **Hidrozoa**) yalnız yaşayan ve yalnızca bir polip aşamasına sahiptir. Bununla birlikte, diğer birçok hidrozoalar kolonieldir ve

yerleşik hidra benzeri bir evreyle hem de serbest yüzen bir deniz anası benzeri meduz evresi gibi daha karmaşık bir yaşam döngüsüne sahiptir. Birçok knidarianın planula olarak bilinen silli, serbest yüzen larvaları vardır.

Gerçek deniz anası (sınıf: **Scyphozoa**) baskın bir medüz evresine sahiptir ancak bazılarının yaşam döngüsünde bir de planula larva ve polip evresi vardır.

Deniz laleleri, **deniz yelpazesi** ve **mercanların** (sınıf: **Anthozoa**) hepsi denizeldir. Bu sınıfın 6.200 üyesinden hiçbiri yaşam döngüsünde bir medüz aşamasına sahip değildir. Basit hidra benzeri poliplerden daha karmaşıktırlar. **Mercanlar** tüm mercan resiflerinin önemli bir bileşeni olan sert, kireçsi bir iskelet salgılarlar.

Ctenophora: Taraklılar

Yaklaşık 90 tür bulunduran **ctenophore** ya da **taraklı** olarak bilinen **Ctenophora** filumu, gerçek deniz anası ile çok benzer; bir ektoderm, bir endoderm, bir mesoglea, gastrovasküler boşluk ve bir ektodermden oluşan kese gibi bedene sahip radial simetrik hayvanlardır. Gıda, gastrovasküler boşluğu kaplayan hücrelerden salgılanan sindirim enzimleri tarafından sindirilir. Sindirilemeyen materyal, ağızdan ve tek statositin yakınında bulunan iki küçük anal gözenek yoluyla atılır. Aynı zamanda ktenoforları knidarianlardan farkı kılan onların **mezodermal kaslarıdır**. Ek olarak, tentaküller mevcut olduğunda, nematositlerin yerine **adeziv hücrelere** sahiptirler. Son olarak, Knidariaların çoğunda bulunan polimorfik yaşam döngüsünden yoksundurlar. Çoğu ktenoforun sekiz sıra silleri vardır; Bunlar şeffaf vücutlarının yüzeyi boyunca hareket eden, yüzebilme yeteneğinden sorumlu olan fırçalardır.

Platyhelminthes: Yassı Solucanlar, Yassı Kurtlar ve Bağırsak Solucanları

Filum **Platyhelminthes** 15.000 üyesi ile **bilateral simetrik** bir vücut yapısına sahip olan en basit hayvanlardır. Bu aslında farklı bir üst ve alt ile (veya organizmanın yönlendirilmesine bağlı olarak ön ve arka), aynı sağ ve sol tarafa sahip oldukları anlamına gelir. Ayrıca baş ve kuyruk bölgelerine sahiptirler. "Baş" terimi, çoğu aktif bilateral organizmada tipik olan "**sefalizasyon**" olarak bilinir. Kafa bölgesi sinir hücreleri (**nöronlar**) ve beynin evriminde erken bir adım olarak kabul edilen sinir hücre gövdelerinin (**gangliyonlar**) biraraya gelmesi gibi duyusal hücreleri içerirler.

Sinir ağı denilen gevşek bir ağa dağılmış nöronlara sahip olan Knidarialardan farklı olarak, Platyhelmintheslerin birçoğu, vücudun ön

ucundaki ganglionlara sinir uyarılarını getiren ve götüren uzunlamasına **sinir kordonlarına** düzenlenmiş sinir hücrelerine sahiptir. Çoğu Platyhelminthes, yalnızca ışığı karanlıktan değil, aynı zamanda ışığın geleceği yönü de ayırt eden ocelliye sahiptir. Çoğu da görüntü oluşturur. Ayrıca, platyhelmentler, yiyecek bulmalarını sağlayan **kemoreseptörlere** sahiptir. **Yassı solucanlar** bütün vücut boyunca çalışan tubular boşaltım sistemine de sahiptir. Bu sistem, **sil** içeren **alev hücreleri** olup, su ve atık maddelerin vücudun dışına taşımasına yardımcı olan, vücut yüzeyine açılan birçok küçük tüpü içerir.

Platyhelminthes vücudunun hücresel kısmını oluşturan, ektoderm, mezoderm ve endoderm olarak üç doku tabakasına sahiptir. Ktenofor seviyesinin üstündeki tüm organizmalar bu üç farklı doku tabakasına sahiptir. Çoğu yassı solucanlar arasında, bu doku tabakaları, endoderm ile kaplı bir **iç sindirim boşluğunu** içine alır. Bununla birlikte, küçük bir grup yassı solucan **Acoela** olarak bilinirler, bir gastrovaskular boşlukları yoktur.

Organizasyonun doku seviyesine sahip olmanın yanı sıra, yassı solucanların organ seviyesi de karmaşık hâldedir. Platyhelmintheslerin sindirim sistemi veya vücut duvarı arasında **sölom (karın)** boşluğu yoktur. Bu nedenle, **nemertinler** ile birlikte **asölomatlar** olarak bilinirler. **Nemertinler** (filum: **Nemertea**) sıklıkla **hortumlu solucanlar** ve şerit **solucanları** olarak adlandırılır ve ön bölgede dışa dönebilen uzun, kaslı, boru şeklinde bir yapı olan **hortumları** ile karakterize edilirler.

Platyhelminthese ait sınıf **Turbellaria (serbest yaşayan yassı solucanlar)** ve **Trematoda (kurtlar)** planariaların aksine silleri olmayan parazit yassı solucanları oluşturur. Bir epidermise sahip olan turbellariaların aksine, kurtlar, çoğunlukla yaşadıkları sindirim sisteminin asitleri ve enzimlerinden koruyan kalın, oldukça dirençli bir **kütiküle** sahiptirler. Yassı solucanlar, iç ve dış parazitler olup, hayvanlara karakteristik çengelleriyle ve vantuzlarıyla bağlanırlar. İki dallı gastrovasküler boşluklarına ek olarak, hacimlerinin çoğu üreme organlarından oluşmaktadır. Çoğu yassı solucanlar karmaşık yaşam döngülerinde sıklıkla birden fazla konak içerir. Bazı formlar arasında, yumurtalar konakçılarının bağırsak boşluğundan geçer ve sıklıkla bir sucul ortamda yumurtadan çıkarlar.

Cestoda sınıfı **tenyalar**, genellikle omurgalı bağırsaklarında yaşayan iç parazitlerdir. **Scolex** adı verilen, vantuzlu ve konaklarına tutunmalarını sağlayan birçok kanca taşıyan topuzlu bir "baş" yapısına sahiptirler. Uzun, şerit benzeri vücut genellikle üreme keselerinden biraz daha fazla olan **proglottid**ler olarak adlandırılan bölmelere ayrılır. Her proglottid, hem erkek hem de dişi cinsiyet organlarını içerir. Zamanla

olgun yumurtalar ile doldururlar. Hazır olduğunda, segment solucandan ayrılır, konakçının bağırsaklarından hareket eder ve dışkıyla birlikte atılır. Eğer uygun bir konak, tenya yumurtaları içeren yiyecekleri yerse, yumurtalar konağın içinde açılır. Embriyolar bağırsakları delerek, kanın içerisine girer ve kaslara taşınırlar ve **kist** denilen sert koruyucu bir tabaka ile kaplanırlar. Başka bir hayvan bu ara konağı yiyene kadar kaslarda kalırlar. Yeni konağın içinde kistin duvarları çözülür ve genç tenyalar gelişir, bağırsak astarına tutunur ve yaşam döngüsüne devam eder. Ara konaklar, birçok tenya türünün yaşam döngüsünde yer alır.

Knidarialar, ktenoforlar ve platyhelminthesler, hem ağız hem de anüs olarak işlev gören bir gastrovasküler boşluğa sahiptir. Erken embriyonik evre olan gastrulayı, embriyonik gelişme yoluyla gözlemleyerek, **arkenteron** olarak bilinen iç boşluğa gastrulanın dış kısmı ile bağlantı sağlayan açıklık olan **blastopor**un gatrulanın dış kısmı ile birlikte platyhelminthesde ağız/anüs açılımı hâline geldiği saptanmıştır. Bununla birlikte, nemertinlerde, blastopor ağız hâline gelirken, embriyonik gelişme sırasında ortaya çıkan tamamen farklı bir açılım anüs hâline gelir. Benzer şekilde, nematod kurtları, yumuşakçalar, annelidler ve eklembacaklılar dâhil olmak üzere birçok filumun blastoporun ağız hâline geldiği benzer bir gelişme türünü paylaştığı bulunmuştur. Bu nedenle, genellikle **Protostomia** adı verilen bir grupta bir araya getirilirler.

Blastoporun anüse dönüştüğü diğer evrimsel çizgiler ve ayrı bir açıklığın ağız hâline geldiği, echinoderms ve kordalılar gibi filumları içerir. Bu filumlar topluca **Deuterostomia** olarak adlandırılır.

Ağız ve anüs oluşumuna ek olarak, protostomlar ve deuterostomlar arasında başka birçok farklılıklar vardır:

1. Protostomlardaki erken bölünme evrelerindeki hücreler belirlenir; yani bu ilk birkaç embriyonik hücrenin gelişimsel akıbetleri en azından kısmen belirlenir. Deuterostomların erken bölünme evreleri belirsizdir. İlk birkaç hücrenin gelişimsel akıbeti henüz belirlenmediğinden, eğer her hücre bu erken aşamada ayrılırsa bir bireye dönüşebilir.
2. Farklı bölünme modellerine sahiptirler. Yani, zigotun ayrı hücrelere bölündüğü şekillerden farklıdırlar.
3. Larval tipler farklıdır.
4. Mezoderm, ışınsal simetrili **canlı filumları** (knidarialar ve ktenoforlar) olarak adlandırılan canlılarda ektodermden oluşur. Işınsal simetrili canlıların ötesinde, daha gelişmiş olan canlılar protostomlar ve deuterostomlardır. Protostomlarda, ektodermden sadece az miktarda mezoderm oluşur; bunun çoğu blastopore yakınında endoderm ile

ektoderm arasında bulunan hücrelerden kaynaklanır. Deuterostomlarda, tüm mezoderm endodermal kökenlidir.

5. Bir sölom var ise, oluşumu protostomlar ve deuterostomlar açısından farklılık gösterir. Gerçek bir sölom, sindirim sistemi ile vücut duvarı arasında bulunan, tamamen mezoderm ile çevrili bir boşluktur. Sölomat protostomlar mezodermdeki bir bölünmeden oluşan bir söloma sahiptir. Sölomat deuterostomlarda sölom, mezodermal keselerden oluşur. Bunlar, erken embriyo safhasında gastrula evresindeki kavisli kemerin, archenteronun duvarından büyürler ve sindirim sistemine dönüşürler.

Aschelminthes: Nematodlar (Yuvarlak Solucanlar), Rotiferler

Aschelminthes ya da **yuvarlak solucanlar**, doğrudan, oldukça düz bir sindirim sistemi ve koruyucu bir kütikülü olan küçük, genellikle solucan benzeri hayvanları içerir. Hiçbirinde "baş", solunum sistemi veya dolaşım sistemi yoktur. **Nematodların** eşsiz bir boşaltma sistemi olmasına rağmen, çoğu Platyhelminthlere benzer şekilde, **alev hücresi boşaltım sistemine** sahiptir.

Nematoda, mikroskobik boyuttan üç metre uzunluğa kadar uzanan, 80.000'in üzerinde bilinen türden nematodları veya **yuvarlak solucanları** içerir. Bunlar, her iki ucunda da bir noktaya kadar incelen uzunlamasına yuvarlak solucanlardır. Yassı solucanlardan farklı olarak, silli hareketleri yoktur; bunun yerine, dönüşümlü olarak boyuna olan kaslarını kasarak kıvrılırlar. Nematodların vücut boşluğu tamamen mezoderm ile çevrelenmediğinden, bu durumda kas bantları ile temsil edilirler, gerçek bir söloma sahip değillerdir, bu yüzden **pseudosölomatlar** olarak adlandırılırlar.

Rotifera, en küçük ve en yaygın su organizmalarından bazılarının yaklaşık 2.000 türünü temsil eden bütün rotiferleri içerir. Ön uçlarındaki sil çemberine göre isimlendirilirler. Siller, hızla dönen bir tekerlek gibi, dairesel görünen bir şekilde hareket eder. Sillerle rotifer, ağızlarına bir su akımı verir ve tek hücreli organizmaları yakalamalarını sağlar ve bu da daha sonra sert çene benzeri yapılarla öğütülür. Arka "ayak" tutunmak için kullanılır. Nematodlarda olduğu gibi, rotiferler **pseudosölomat (yalancı sölomlu)** protostomlar olarak kabul edilir.

Filum: Lophophorat

Lophophoratlar, küçük protostomların birkaç filumunun üyesidir; bunların hepsi, özelleşmiş U veya atnalı şeklinde, birçok silli tentaküller

ile ağızın etrafına tutunmuş bir lofofora sahiptir. Bu yapı, tek hücreli organizmaları ve diğer küçük parçacıkları ağza götüren bir oluğa yönlendiren bir su akımı yaratır.

Bu organizmaların çoğundaki sindirim sistemi U şeklindedir ve anüs tentakül taçlarının dışında bulunur. Bu filuma dâhil olan (**Phoronida**, **Ectroprocta**, **Bryozoa** ve **Brachiopoda**) tüm organizmalar suculdur ve çoğu denizde yaşar. Larvaları silli ve serbest yüzendir. Sonunda, bir koruyucu salgılayıp tabaka üzerine yerleşirler ve ömürlerinin geri kalanında sabit kalırlar.

Phoronidler, yaklaşık 15 kadar solucana benzer organizmalardır. **Ectoproctların** yaklaşık 5.000 türü vardır; bunların çoğu küçük, koloniyel, sabit organizmalardır. 5.000'den fazla bryozoan türü vardır ve **brachiopodlar**, çift kabuklu mollusk (istiridye) gibi görünen 335 sert kabuklu bir grup hayvanı temsil etmektedir. Bununla birlikte, brachiopodlar ile diğer omurgasız filumları arasındaki ilişkiler belirsizliğini korumaktadır. Brachiopodlar milyonlarca yıl önce daha yaygındı; aslında, 30.000'i aşkın nesli tükenmiş türü tanımlanmıştır.

Yüksek Omurgasızlar

Mollusca: Salyangoz, İstiridye, Ahtapot, Kiton

Mollusca ve sonraki filum **Annelida'nın** ikisi de protostomozdur. İkisinin de **septa adı verilen,** tekrarlanan bölümlere ayrılan segmentli ortak atadan evrimleştiği düşünülmektedir. Bununla birlikte, molluskler, annelidlerin aksine, hücre bölünmesini kaybetmiştir. Yumuşakçalar ve annelidler bir söloma ve **dolaşım sistemine** sahiptir. Sölom, bağırsak kaslarını vücut duvardan ayırır ve her iki kas grubunun bağımsız hareket etmesini sağlar. Sölom gelişimi, sölomun gelişimi karmaşık bir dolaşım sisteminin gelişimiyle paraleldi, karın boşluğunun etrafını saran kaslar organları sıkıştırmadan, sıvılarla yıkanmasını mümkün kıldı.

Yumuşakçalar tür sayısı bakımından daha başarılı olan hayvan filumlarından biridir ve toplamda yaklaşık 110.000'dir. Çoğu türün üzerinde **ayak** adı verilen hareket ettikleri kaslı bir organ vardır. Ayak ile vücut duvarının en dış katmanı olan **manto** arasında iç organlar vardır. Çoğu molluskun mantosu, kalsiyum içeren bir **kabuk** salgılar ancak sülükler ve ahtapot gibi bazı formlar kabuklarını kaybetmiştir. Diğerleri, kabuğun değişik ve indirgenmiş versiyonlarına sahiptirler.

Mollusklar, aynı özelliklerin birçoğunu paylaşır. Bilateral olarak simetriktir ve çoğu **solungaçlıdır**. Bazılarının **açık dolaşım sistemi** vardır, bazılarının da **kapalı dolaşım sistemi** olduğu bilinmektedir. Mollusklar hem **merkezî** hem de **periferik sinir sistemi** ile önemli ölçüde sefalizasyona sahiptir. Bunlar dioiktir ve organ sistemleri **nefridiuma** sahip özelleşmiş yapıları içerir. Birçok mollusk denizel turbellarianınkine oldukça benzeyen bir larva evresine sahiptir.

Birçok ortak mollusk özelliğine rağmen, bu filum da son derece çeşitlidir. Yedi ana grup (sınıf) olmasına rağmen, en iyi bilinenleri **salyangoz, sülük, nudibranch, deniz kabuğu, deniz kulakları ve deniz salyangozlarını** kapsayan **Gastropoda'dır**. Bu organizmaların tek kabuğu vardır ya da tamamen kaybetmişlerdir. **Bivalvia** sınıfı, daha çok "çift kabuklular" olarak bilinen, valv veya iki kabuğu olan "kabukları" içerir. Bunların arasında **istiridyeler**, **taraklılar** ve **midye** bulunur. **Cephalopoda**, **ahtapot**, **kalamar**, **mürekkep balığı** ve **nautilüsleri** içerir. **Kitonlar Amphineura** sınıfının üyeleridir. Genellikle yaşayan yumuşakçaların en ilkel türü olarak görülen vücut planı, ilk yumuşakçaların benzeyeceği düşünülen bölgeye en yakın olanıdır. Farklı bölünmüş kabukları, onları diğer bütün mollusk sınıflarından ayırır ve sekiz adet seri olarak düzenlenmiş dorsal plakadan oluşur.

Annelidler

Annelid solucanlar, iç bölmelerle çakışan halka benzeri dış segmentlere sahiptir. Bu solucanlar yaklaşık 9.000 türle üç büyük gruba sınıflandırılmıştır. **Karasal kıl solucanları** olarak da adlandırılan **toprak solucanları** (sınıf: **Oligochaeta**) çoğunlukla nemli topraklarda bulunan karasal ve tatlısu çöpçüleridir. **Denizel kıl solucanları** (sınıf: **Polychaeta**), gözler ve antenler ile farklı bir başı olan denizel annelidlerdir. Genellikle seri olarak düzenlenmiş gövde parçalarının her biri, hem hareket etme hem de gaz alışverişi için **parapodia** adı verilen bir çift yanal uzantıya sahiptir. Çoğu poliket yüzerek ya da sürünerek hareket eder ve genellikle bir şeyin altında ya da çamurda ve kumda bulunur. Diğerleri tünellerde yaşayan yerleşiklerdir. Tünel sakinlerinin bir kısmı renkli, tüy benzeri taçlara sahiptir.

Oligoketlerden evrimleştiğine inanılan **Hirudinea** sınıfı sülükler olarak bilinen gruba sahiptir. Bazen kan emiciler dense de birçoğu parazit değildir. Düzleştirilirler ve konik uçların her birinde bir emici bulundururlar. Kan emici formlar posterior vantuz ile kendilerini tuttururlar; anterior emici ile birlikte, ya keskin çeneleri ile ev sahibinin cildinden

geçerler ya da konakçının etini enzimlerle çözerler. Antikoagülant **hirudin** salgılayarak pıhtılaşma sürecini engelleyip, sürekli akan kanı sindirmeye devam ederler.

Çoğu annelid, ağızdan vücudun tüm uzunluğu boyunca anüse doğru düz olan sindirim kanallarına sahiptir. Bazı annelidlerde solungaçlar bulunur ancak bunlar genellikle parapodia ile denizel formlardır. Parapodianın içinde gaz alışverişi işlevinde olan kılcal yataklar bulunur. Kan taşıma sistemi yalnızca ana damarlar boyunca yerleşmiş olan kalpler ile kapatılır. Daha sonra birçok küçük komşu damardan kan dolaştırılır. Su ve tuz regülasyonu nefridia denilen birçok böbrek benzeri yapı tarafından korunur. Üreme sistemleri iyi gelişmiştir: Bazı türler dioik, bazıları monoik ve bazı solucanlar **hermafroditizm** olarak bilinen, yani her bireyin hem erkek hem de dişi üreme kısımları vardır. Daha az bilinenler, hâlâ birbirleriyle çiftleşmeleri gerektiğidir çünkü organları, kendileriyle çiftleşemeyecekleri şekilde hizalanmışlardır. Bu nedenle, bu solucanlar üreme organlarıyla bir araya gelerek eşzamanlı çift çiftleşme miktarına ulaşırlar.

Eşeysiz çoğalma, birçok annelid formunda da yaygındır. Bu genellikle bir ebeveyn solucanı yeniden oluşturan iki veya daha fazla parçaya bölünürse başarılır. Bu işlem **fragmantasyon** olarak adlandırılır. Genellikle, yetişkin bölünmeden önce bile **rejenerasyon** ayrılmadan önce gerçekleşir; böylece yeni bir hücre bölgesi uygun pozisyonda baş ve kuyruk kısımlarını oluşturmaya başlar. Bu rejenerasyon bölgelerine **fizyon bölgeleri** denir.

Onychophora

Küçük filum **Onchyophora'nın** dünya genelinde sadece 80 türü vardır ve hepsi tropikal bölgelerle sınırlıdır. Uzun solucan benzeri bedenleri, kısa, birleşmemiş bacaklar üzerinde hareket eden tırtıl gibi görünürler. **Onchyophorların**, daha sert, eklemli, daha az geçirgen, daha eklembacaklı bir kütikülden ziyade, annelidlerinkine çok benzer, ince, esnek bir kütikülü vardır. Annelidler gibi, onikoforların da her vücut bölümünde bir çift nefridium vardır ancak eklembacaklılar gibi açık dolaşım sistemi bulunur. Modern onikoforlar aynı zamanda karasal eklembacaklıların çoğunda bulunan **trakeal solunum sistemine** sahiptirler; bununla birlikte, bu sistemlerin bağımsız olarak evrimleştiği düşünülmektedir.

Arthropoda: Crustacea, Örümcekler, Akarlar, Keneler ve Böcekler

Arthropoda filumu, 500.000'in üzerinde tarif edilen böcek türü ile diğer filumlardan daha fazla türe sahiptir. Bazı araştırmacılar, bunun toplam sayısının sadece bir kısmını temsil edebileceğini ve 10 milyon kadar bö-

cek türünün bulunduğunu iddia etmektedir. Çoğu türün tropik yağmur ormanlarında yaşadığı düşünülmektedir. **Böcekler**, tüm eklembacaklı türlerin çoğunluğunu oluşturmaktadır.

Aynı şekilde kordalılar (omurgalı hayvanları da içine alan) en başarılı deuterostom grubunu temsil ettiği gibi, eklembacaklılar da protostomların en çeşitli ve başarılı gruplarıdır.

Arthropoda cisimlerini kaplayan sert dış kütikül dış iskelet veya **ekzoiskelet** gibi işlev görür. Kütikül, proteinlerden oluşur ve güçlüdür fakat esnek polisakkarit **kitinden** oluşur. Çok eklemli, menteşeli parçaların veya plakaların iç tarafına bağlanan kaslar, koruyucu bir zırh ile kaplanmış olan organizmanın hareket etmesini sağlar. Aynı derecede önemli olan dış iskeletlerin su geçirmezlik değeridir. Bu, eklembacaklıların, karasal habitatları kolonileştirmek için en başarılı gruplardan biri hâline gelmesine izin verdi.

Bununla birlikte eklembacaklıların dış iskeleti büyümeyi, ağırlığı ve boyutu kısıtladığı için en büyük dezavantaj olmasıdır. Belirli bir noktanın ötesinde büyümek için, bir organizma periyodik olarak dış iskeletin iç kısmına bağlı olan kasları ayırmalı, kütikül tabakasının boyutunu genişletmeli ve daha sonra kasların yeniden birleştirileceği yeni bir sert dış kaplama bırakmalıdır. Bu nedenle büyüme, eklembacaklıların yaşamı boyunca bir seri kabuk değiştirme ile mümkün olur. Bu peşpeşe kabuk değiştirmeler ayrıca organizmaya morfolojik değişim için bir fırsat verir. Bu özellikle genç olanlar için geçerlidir. Birçok eklembacaklı larvaları, genetik olarak kontrol edilen değişikliklerden geçerek bu sayede giderek daha fazla yetişkine benzer hâle gelir. Diğer türler sadece bir deri değiştirme ile daha hızlı bir dönüşüme ya da **metamorfoza** uğrarlar. Bu, kelebeğe dönüşmeden önce pupa evrelerinden geçen tırtıllar için geçerlidir.

Genel olarak eklembacaklı vücut planı, biraz yumuşak ve annelid soyunu anımsatan bölünmüş bir vücut ile hafifçe uzar. Evrim sürecinde birçok eklembacaklı, segmentasyonlarının çoğunu kaybetti. Bazı formlarda, segmentler ayrı vücut bölümleri oluşturmak için birlikte gruplandırıldı.

Eklembacaklıların vücutiçi boşluğunun, **hemosöl**ün, kanın eşdeğeri ile yani **hemolenf** ile yıkandığı açık kan dolaşımı, bölüm 11'de iç dolaşım sistemlerinde açıklanmıştır.

Önemli eklembacaklı sınıflarından biri **Arachnida (örümcek, akrep, akar ve keneler)**'dır. Arachnidlerin altı çift eklemli uzantıları vardır; en öndeki keliser, avının sıvılarını manipüle etmek, delmek ve emmek için uyarlanmıştır. Bazen zehir bezleri bu ilk uzantı çiftiyle ilişkilendirilir. Bir sonraki çift, pedipalpler, duyusaldır. Dokunmaya duyarlıdırlar ve be-

lirli kimyasalları algılama yeteneğine sahiptirler; onlar da besin sağlamaya yardım ederler. Diğer dört çift uzantı hareket için kullanılır.

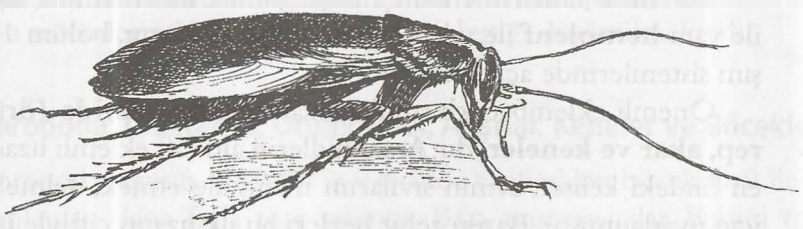
Crustacea sınıfı (**istakoz, karides, yengeç, kerevit, barnacles, odun biti, tespih** böc**ekleri ve su pireleri**), Arthropoda Filumu içindedir. Tespih böcekleri gibi bazıları karasal olsa da çoğu formlar suculdur. İki çift anten, çiğneme için uyarlanmış üç çift besleme eki ve bir çift bacak çiftine sahiptirler. Bu, uzantılarının sayısı ve düzenlenmesi açısından çok çeşitli bir sınıftır. Bunlar aynı zamanda büyüklük açısından son derece değişkendir: Bazıları küçük planktonik türlerdir; diğerleri büyük yengeçlerdir.

Bu filumdaki başlıca sınıfı **Insecta'**dır. Çoğu böcekler karasaldır ve suda yaşayan böcekler karasal formlardan evrimleşmiş gibi görünürler. Artropodan segmentasyonu üç ana vücut segmentine, **kafa**, **toraks** ve **abdomen**lere indirgenir. Kafada bir çift anten, özelleşmiş ağız parçaları ve bileşik gözleri vardır. Toraks üç çift bacak ve çoğu kez bir veya iki çift kanada sahiptir. Abdomende iç organlar ve üreme organları bulunur (bk. Şekil 19.1).

Diğer eklembacaklılar gibi, böcekler de boşaltımı sağlayan Malpighi tüpleri ve su ve tuz dengesini koruyan salgı bezlerine sahiptir. Bu yapılar, omurgalı böbrekleri tarafından gerçekleştirilen benzer işlevleri yerine getirirler.

Böcekler, diğer eklembacaklılar gibi dioiktir. Solunum, gözenekler serisi, **spirakıllar** ile bir seri küçük ve daha küçük dallanan tüpler, **trakeler** vasıtasıyla, vücudun tüm hücrelerine havanın taşınmasıyla başarılır.

Diğer eklem bacaklı sınıfları yaygın olarak **millipedes** denilen **Chilopoda** (**centipedler**) ve **Diplopoda'**yı kapsar. Bu sınıfların her ikisinin de bir baş ve gövde bölgesine bölünmüş bedenleri vardır. Son bölüm uzun, bazen de biraz yassılaşmış ve birçok segmente ayrılmıştır. Centipedes ve **millipedes** arasındaki temel farklılıklardan biri, ilki her segment



Şekil 19.1. Böcek: Amerikan hamamböceği.

için tek bir bacak çiftine, ikincisi ise segment başına iki çift bacağa, yani vücut bölümünün her iki yanında iki bacağa sahip olmasıdır.

Echinodermata

6.000'den fazla **ekinoderm** türü vardır. Bu grubun tamamı iki ana deuterostomes filumdan birini temsil eder. Echinodermata filumundaki radyal simetrik hayvanlar olan **deniz zambağı, deniz yıldızı, deniz kestanesi, deniz hıyarı, yılan yıldızı** ve **kum doları**, Echinodermata'nın kelime anlamı, "derisi dikenliler" olan organizmalarını tam da bu grupta içerir. Her birinde, derinin hemen altında bulunan bir seri **kalkerli diken** ve **plakalar vardır**. Ayrıca **pentaradial simetrisi** vardır, yetişkin vücutlar merkezî bir disk etrafında beş parçaya bölünmüştür. Bu merkezî diskin altında genellikle ağız bulunur.

Ayrıca ekinodermlere özgü, **su vasküler sistemi**, içi boş tüp ayaklarını veya podiayı çalıştırmak için hidrolik basıncı kullanan bir seri sıvı dolu damarlar; her biri nesnelerden eklenebilen veya çıkarılabilen bir emme ucuna sahiptir. Koordine edildiğinde, tüp ayakları besleme ve lokomotor fonksiyonlarını yönetir.

Tüm ekinodermler denizeldir, genelde dipte yaşarlar ve çoğu hareketlidir. Ana sınıflar **Crinoidea'yı** (deniz zambakları ve tüy yıldızları) içerir. Bunların dalgalı, tüylü kolları vardır, yüzen yiyecek parçacıklarını yakalamak için mukus kullanırlar ve silli tüp ayakları aracılığıyla ağıza getirirler.

Asteroidea (deniz yıldızları) çoğu insan tarafından starfish olarak söylenir. Merkez diskten yayılan beş veya daha fazla yassı kollardır. Çoğunlukla karnivorlar, genellikle tüp ayaklarıyla uyguladıkları sürekli basınçla açabildikleri kabuklular ve yumuşakçalar üzerinde beslenirler.

Ophiuroidea (kırılgan yıldızlar ve yılan yıldızları), merkezî disklerinden dallanan daha uzun, daha ince, daha esnek kollara sahip olmaları dışında, deniz yıldızlarına benzeyen hayvanları içerir. Ortak adı ele alındığında çok kırılgan ve kopan kollarından gelir. Ophiuroidea, detritus, dipteki organiklerle beslenirler ve bunları geniş kese misali olan midelerinde sindirirler. Bağırsakları veya anüsleri yoktur.

Echinoidea (deniz kestanesi ve kum doları), yuvarlak, bazen neredeyse küresel olan (örneğin, deniz kestanesi) ve bazen yassı organizmaları (ör., Kum doları) ağızları aşağıya dipte yaşayan organizmaları temsil eder. Ophiuroidlerden farklı olarak, bir ağza ek olarak bağırsaklar ve anüse de sahiptirler. Deniz kestanesi, genellikle, yumuşak deriye nüfuz edebilen uzun, ince, sivri uçlu dikenlere sahip bazı formlarda oldukça kısa boylu omurgalarla korunurlar. Kalkerli plakalar, tüp ayaklarının çıkıntı yaptığı deliklere sahiptir.

Holothurioidea (deniz hıyarları) salatalık gibi görünür. Kolları yoktur ancak hafif düzleştirilmiş ventral taraflarında tüp ayaklarıyla yavaşça hareket edebilirler. Birçoğu, kum yer ve organik parçacıkları filtreleyerek gerisini anüslerinden atar.

Embriyolojik araştırmalar, ekinodermlerin ve bir sonraki grup olan kordalıların, birçok özelliği paylaştıklarını ortaya koymuştur. Bu nedenle, araştırmacılar onları uzun zaman önce protostomlardan ayrılan bir evrimsel dal üzerine yerleştirirler.

Hemichordata: Palamut Başlı Solucanlar

Kordalıya geçmeden önce tanımlanması gereken bir diğer omurgasız filumu **Hemichordata'dır**. Bu, oldukça büyük solucan gibi görünen, çoğunlukla U-biçimli yuvalarda yaşayan yaklaşık 85 deniz hayvanını temsil eder. Konik hortumları palamut gibidir dolayısıyla isimleri **palamut başlı solucandır**.

Özellikle önemlidirler çünkü hem ekinodermlerin hem de kordalıların bazı özelliklerini paylaşırlar. Bu nedenle, bazen, ilkel bir ortak soydan gelen bir şube olarak düşünülürler. Farinksinin duvarı boyunca, bir seri **solungaç yarığı** vardır, bu da kordalıları belirleyen en önemli özelliklerden biridir. Buna ek olarak, bazı ekinodermlerinkilerle benzer şekilde silli larval bir evreye sahiptirler.

Chordata

Urochordata: Tunikatlar ve Deniz Üzümü ve Cephalochordata: Lanceletler

Chordata filumu genelde üç alt kola, **Urochordata** (**tunikatlar**), **Cephalochordata** (**lanceletler**) ve **Vertebrata** (**omurgalılar**) ayrılır. İlk iki subfilum, omurgasız kordalılar olarak kabul edilir, her biri yaşam döngülerinin bir aşamasında iç iskelet gibi davranan çubuk benzeri bir **notokorda** içerir. Omurgalılarda, bu omurga ile çevrilen veya onun yerini alan notokordadır. Üç filumun da farinksinde (faringeal solungaç yarıkları) hayatları boyunca bir noktada solungaç yarıkları vardır. Aynı zamanda, ventralde ana sinir kordonu olan diğer hayvanlardan farklı olarak, **dorsal içi boş bir sinir kordonu** vardır.

Urochordata (tunikatlar ve **deniz** üzümü), notokord ve dorsal içi boş bir sinir kablosu ile iribaşa benzer larva içerir. Metamorfoz esnasında notokorda emilir ve larva sedenter, besinlerini süzerek alan farengeal çemberden biraz daha fazlasına kadar sesil yetişkin bir tunikata genişler.

Cephalochordata subfilumunda sadece 29 tür bilinmektedir. Daha

önce tarif edilen urochordata iribaş larvalarına benzemesine rağmen, lanceletler (**Amphioxus**) çok daha fazla solungaç yarıkları içeren çok daha büyük bir solungaç sistemine sahiptir. Urokordatlar gibi, partikül maddeyi ağızlarına taşıyan bir su akımı oluşturmak için silleri kullanarak parçacık maddelerle beslenirler. Su, solungaç yarıkları dışına çıkarken, mukus içinde tutulan besin parçacıkları farinksten sindirim kanalına geçerek sindirilirler.

Vertebrata

Omurgalılar (Vertebrata), onları diğer kordalılardan ayıran bir vertebral kolona sahiptir. Omurgaları, vücudu tutan ve omuriliği koruyan bir destek ekseni oluşturur. Bu grubu oluşturan yedi sınıfla birlikte yaklaşık 43.000 tür olup nerdeyse yaklaşık yarısını balıklar (üst sınıf: **Balıklar**) oluşturur. Balıklar, **Agnatha (Taşemen** ve **Balçık balığı**), **Chondrichthyes (köpekbalığı ve vatoz**) ve **Osteichthyes** (**kemikli balık)** olmak üzere üç sınıfı içerir. Diğer dört sınıf **amfibiler** (Amphibia), **sürüngenler** (Reptilia), **kuşlar (Aves) ve memeliler** (Mammalia)'dir.

Pisces: Balıklar

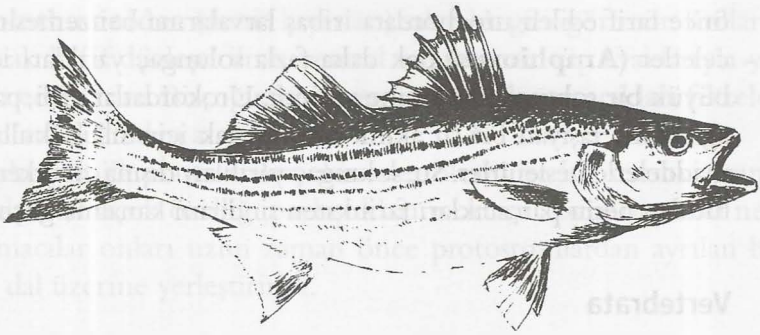
Agnathanlar asıl olarak süzerek beslenenlerdir, çamur ve suyu ağızlarından geçirir ve solungaçlarından dışarı atarlar. Yaşayan tek üyeleri oldukça değişmiş, kemiklerini kaybetmiş ve yerini kıkırdak almıştır. Hem taşemenler hem de balçık balığı çenesizdir, keskin ya da emen disk şeklinde ağızları vardır. Solungaçları solungaç kemerlerinin içindedir. Ölçekleri yoktur ve diğer iki balık sınıfından farklı olarak, eşleştirilmiş yüzgeçleri yoktur. Taşemen larvaları süzücü özelliğine sahiptir ve Amphioxus'a oldukça benzemektedir.

Chondrichtyhes köpekbalıkları, vatoz, kedi balığı ve **kimerayı** kapsamaktadır. Hepsi kıkırdak iskelete, çift yüzgeçlere ve solungaç kemerinden türetilmiş çenelere sahiptir. Yaşayan türlerin dişleri ve küçük pulları vardır.

Diğer tüm balıklar Osteichthyes grubunun üyeleridir. Çoğu kemiklidir ve hepsinin çeneleri vardır (bk. Şekil 19.2.). Bu grubun erken bir dalı sonunda ilk amfibilere önderlik etmiştir.

Amphibia: Amfibiler

İlk amfibiler balıklara oldukça benzerdi. Akciğerleri ve bacaklar gibi uzantıları olmasına rağmen, muhtemelen zamanlarının çoğunu suda geçiriyorlardı. Yavaş yavaş yakındaki karasal habitatlardan yararlanmışlar ancak spesifik özellikler evrimsel açıdan konuşulan ilerlemelerini sınırlamıştır.



Şekil 19.2. Balık: Çizgili levrek

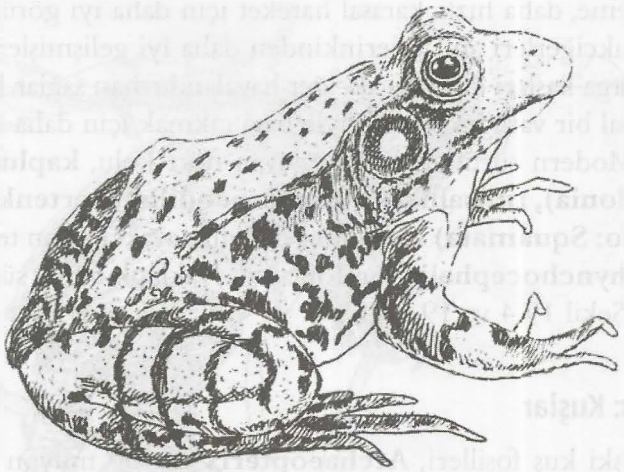
Hepsi de genel olarak korunmasız, hızlı kurumaya duyarlı olan, balık yumurtalarına benzer yumurtlardır. Bu nedenle, bu yumurtalar genellikle nemli bir yere ve suya bırakılırdı. Modern amfibilerin davranışsal çalışmalarından, ilkel amfibilerin çoğunun dış döllenme olduğu düşünülmektedir; yani, spermler depolanırdı ve yumurtalar yumurtlandıktan sonra döllenme gerçekleşirdi. Yumurtaların yumurtlandığı aynı noktada erkelerin ve dişilerin karşılaşabilme zamanı, amfibilerin üremesini kısıtlama etkisine sahipti. Çoğu modern amfibiler, dış dölleyicidir ancak bazıları iç döllenme biçimlerini geliştirmiştir.

Gelişme esnasında, çok az sayıda sorunlar olsa da solungaçlı bir larval evreden geçmek gençler için bir kuraldır. Larva evresi, özel gelişimsel değişiklikler ile atlatılmıştır. Çoğu yetişkin amfibiler, onları kurumaya duyarlı hâle getiren oldukça **geçirgen bir cilde** sahiptir. Karbonifer dönemi boyunca, genellikle Amfibi Çağı denilen, 280 ile 360 milyon yıl önce, yeryüzündeki yaşamda amfibiler baskın bir rol oynamışlardır. Bununla birlikte, kordalıların yeni sınıfının üyeleri olan Reptiller, bunların yerini aldıkça yavaş yavaş azaldılar.

Hayatta olan bu amfibiler arasında hâlâ temsil edilen gruplar **semenderleri (Apoda) ve kurbağaları (Anura)** içermektedir. Bu yaşayan her iki amfibi türü toplamda yaklaşık 2.500'dür ve yeni türler, özellikle kurbağalar keşfedilmeye devam edilmektedir. (bk. Şekil 19.3.)

Reptilia: Sürüngenler

İlkel amfibiyenlerden gelişen sürüngenler, Mesozoyik dönem ya da sürüngen çağına kadar 255-265 milyon yıl önce sayılarını artırmışlar sonra egemenlikleri azalmıştır. Onların bu kadar başarılı olmasını sağlayan özel-



Şekil 19.3. Amfibi: Yeşil kurbağa.

liklerden biri, hem **kabuklu yumurtaya** hem de amfibilerin yoksun olduğu **amniyon** olarak bilinen embriyonik zara sahip olmalarıdır. Amnion, sürüngen yumurtasındaki en içerdeki zardır. Ayrıca kuş yumurtalarında olduğu gibi memelilerde de bulunur. Amniyonun içinde yer alan embriyo, gelişen hayvanı mekanik yaralanmaya karşı koruyan amniyon sıvısında tutar. Dış kabuğa ek olarak, sürüngenlerin karaya yumurtalarını bırakmalarını sağlaması ve su altı yumurtlayan amfibi ve balık kökenlerinden kurtarması önemli bir gelişmedir.

Sürüngenler **içsel olarak döllenir**. Erkek dişiyi sperm ile döller. Daha sonra dişi dışarı çıkıp yumurtalarını başka bir zamanda bırakabilir. Bazı durumlarda, sperm dişilerin içinde bir yıldan fazla yaşayabilir ve nereye ne zaman yumurtlayacağı (yumurta bırakma) konusunda özgürdürler. Yumurtalar açıldığında, amfibilerden farklı olarak, yavrular temelde yetişkinlerin küçük örnekleridir, asla larva aşamasından geçmek zorunda kalmazlar. Amfibi larvası suya bağlı olduğu için, bu gelişme, sürüngenleri sucul atalarından kurtaran bir başka faktör yaratmıştır.

Bazı sürüngenler büyük ölçüde karada yaşar; kuru, pul pul, nispeten geçirimsiz derileri, su kaybına duyarlılıklarını önemli ölçüde düşürerek çoğu diğer omurgalı hayvanlara göre, daha kurak olan çevrelerde yaşama imkânı tanır.

Diğer farklılıklar arasında sürüngensi bacaklar bulunur; bunlar çoğunlukla daha büyük ve daha güçlüdür ve amfibilere oranla biraz daha yanal olmaları bedenlerini taşıyabilmelerine olanak sağlar. Bu yanal dü-

zenleme, daha hızlı, karasal hareket için daha iyi görünmektedir. Sürüngen akciğerleri amfibilerinkinden daha iyi gelişmişlerdir ve daha büyük kaburga kasları daha iyi akciğer havalandırması sağlar. Dört odacıklı kalbi karasal bir varlığın talepleriyle başa çıkmak için daha iyi donatılmıştır.

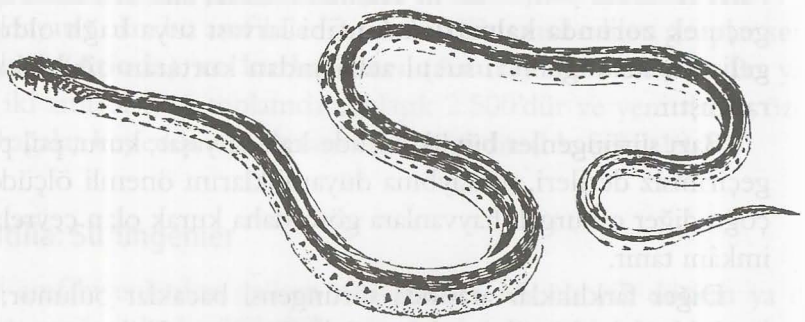
Modern sürüngenlerin yaşayan dört kolu, **kaplumbağalar (ordo: Chelonia), timsahlar (ordo: Crocodilia), kertenkeleler ve yılanlar (ordo: Squamata)** ve eski bir düzenin ayakta kalan tek üyesi olan tuatara **Rhynchocephalia'**dır. Toplamda, yaklaşık 6.500 sürüngen türü vardır (bk. Şekil 19.4 ve 19.5)

Aves: Kuşlar

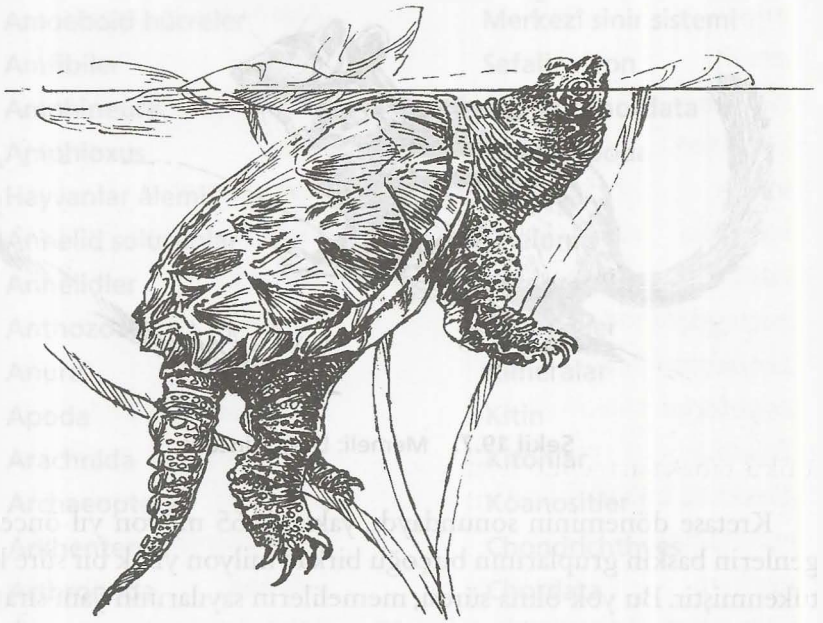
En eski kuş fosilleri, **Archaeopterix'**in 150 milyon yıllık katmanlarda görülen fosillerdir. Bu hayvanların kanatları ve **tüyleri** vardır. Ancak modern kuşların aksine Archaeopteryx'in dişleri ve uzun kemikli bir kuyruğa sahipti. Modern kuşların dişleri yoktur ve kemiklerinin içi boştur ve onları daha hafif yaparlar, uçmak için bir adaptasyondur. Sürüngenler gibi, dört odacıklı bir kalbe sahiptirler. Yaklaşık 9.000 tür bulunur. Tümünün, kalsiyum karbonat kabuklu iç döllenmeye ve karasal uyumlu yumurtaları var. **Sıcak kanlıdırlar.** Yani vücut ısısını büyük oranda metabolizmaları ile düzenlerler (bk. Şekil 19.6).

Mammalia: Memeliler

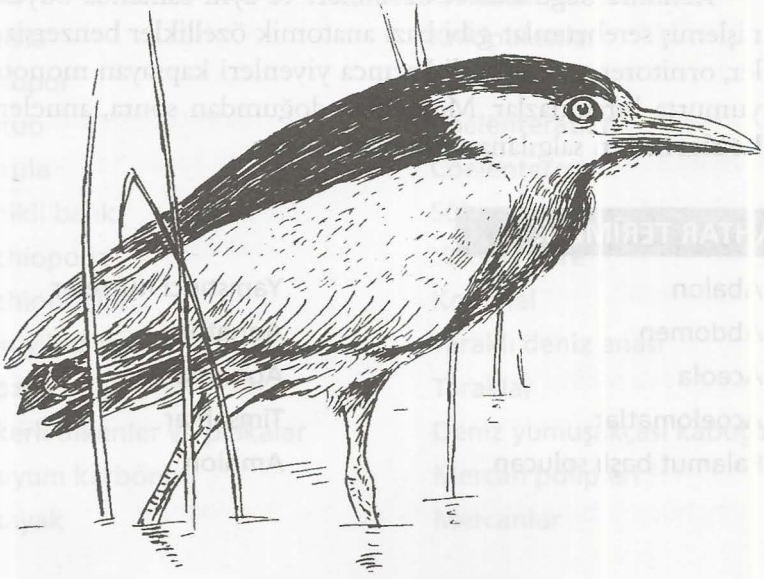
Memeliler de eski bir sürüngen grubundan evrimleşmiştir. En yaşlı memeli fosilleri Triyas'tan olup 200 milyon yaşındadır. İlk memeliler evrimleştiğinde hâlâ sürüngenlerin hâkimiyeti altındaydı ancak bu süre zarfında memeliler, fırsatlar mevcut olduğunda onları çok iyi yapmalarını sağlayan birçok özelliklerini sonunda oluşturdular (bk. Şekil 19.7).



Şekil 19.4. Sürüngen: Garter yılanı.



Şekil 19.5. Sürüngen: Kaplumbağa yakalama.



Şekil 19.6. Kuş: Siyah taçlı gece balıkçılı.



Şekil 19.7. Memeli: Doğu sincabı.

Kretase döneminin sonundaydı, yaklaşık 65 milyon yıl önce, sürüngenlerin baskın gruplarının birçoğu birkaç milyon yıllık bir süre boyunca tükenmiştir. Bu yok olma süresi, memelilerin sayılarının yanı sıra türlerin de artmasına yol açan fırsatlara eşlik etmiştir.

Kuşlar gibi memeliler de dört odacıklı bir kalbe sahiptir. Hem memeliler hem de kuşlar homeothermiktir yani sıcak kanlıdır. Hem kuş tüylerinin hem de memelilerin **tüyleri** ve **kürkleri** yalıtım olarak işlev görür. Memelileri sürüngenlerden ayıran diğer özellikler arasında, nefes alma verimliliğini belirgin şekilde arttıran, göğüs kafesinin altında bulunan **diyafram**dır.

Kendine özgü iskelet özellikleri ve aynı zamanda büyük ölçüde genişlemiş serebrumlar gibi bazı anatomik özellikler benzersizdir. Memeliler, ornitoreng ve dikenli karınca yiyenleri kapsayan monotremler hariç, yumurta bırakmazlar. Memeliler, doğumdan sonra, annelerinin **meme bezlerinden** salgılanan sütle beslenirler.

ANAHTAR TERİMLER

Abalon
Abdomen
Aceola
Acoelomatlar
Palamut başlı solucan
Yapıştırıcı hücreler
Agnatha
Agnathanlar
Timsahlar
Amnion

Amoeboid hücreler
Amfibiler
Amphineura
Amphioxus
Hayvanlar âlemi
Annelid solucanlar
Annelidler
Anthozoa
Anura
Apoda
Arachnida
Archaeopteryx
Arkhenteron
Arthropoda
Aschelminthes
Aseksüel tomurcuklanma
Asteroidea
Aves
Kaya midyesi
Bilateral simetri
Kuşlar
Bivalvia
Blastopor
Blastub
Blastula
Kemikli balık
Brachiopoda
Brachiopodlar
Yılan yıldızları
Bryozoa
Kalkerli dikenler ve plakalar
Kalsiyum karbonat
Kırkayak
Merkezî sinir sistemi
Sefalizasyon
Cephalochordata
Cephalopoda
Cestoda
Chelonia
Kemoreseptör
Çiyangiller
Kimeralar
Kitin
Kitonlar
Koanositler
Chondrichthyes
Chordata
Sil
Silli larva
Dolaşım sistemi
İstiridye
Bölünme
Kapalı dolaşım sistemi
Cnidaria
Knidoblastlar
Coelenterata
Coelenteratlar
Coelenteron
Sölom
Yakalı hücre
Koloniel
Taraklı deniz anası
Taraklar
Deniz yumuşakçası kabuğu
Mercan polipleri
Mercanlar

Yengeç
Kerevit
Crinoidea
Krinoidler
Timsah
Crocodilia
Crustacea
Krustaseler
Ctenphora
Ktenoforlar
Kütikül
Mürekkep balığı
Deuterostomia
Diyafram
Dioik
Diplopoda
Dorsal içi boş sinir kordonu
Solucan
Echinodermata
Ekinoderm
Echinoidea
Ektoderm
Ectoproctlar
Ektoproktlar
Enkist
Endoderm
Epidermal hücre
Ekso iskelet
Tüy
Fibröz hücreler
Balık
Fizyon bölgeleri
Alev hücresi boşaltım sistemi
Alev hücresi
Bağırsak solucanı
Kuyruk
Ayak
Parçalanma
Serbest yaşayan barsak solucanları
Kurbağa
Kürk
Ganglion
Gastropoda
Gastrovasküler boşluk
Gastrula
Solungaç yarığı
Solungaç
Balçık balığı
Saç
Baş
Hemichordata
Hemocoel
Hemolenf
hermafroditizm
Hirudin
Hirudinea
Holothurioidea
Sıcak kanlı
Hidra
Hydrozoa
Insecta
Böcekler
İç sindirim boşluğu
İç döllenme
Deniz anası
Taşemenler

Lanseletler
Sülük
Kertenkele
İstakoz
Lophophoratlar
Malpigi tüpleri
Memeliler
Meme bezleri
Manto
Deniz kıl kurtları
Medüz
Mesoderm
Mesodermal kaslar
Mezoglea
Metamorfosiz
Kırkayak
Akarlar
Mollusca
Monoik
Morfogenesiz
Morula
Multisellüler
Midye
Nautiluslar
Nematositler
Nematoda
Nematodlar
Nemertea
Nemerteanlar
Nemertinler
Nefridium
Sinir kordonları
Sinir ağı
Sinirler
Notokorda
Deniz tavşanları
Ocelli
Ahtapot
Oligochaeta
Onychophora
Onychophoranlar
Açık dolaşım sistemi
Ophiuroidea
Oskulum
Osteichthyes
İstiridye
Parapodia
Pentaradial simetri
Periferik sinir sistemi
Geçirgen deri
Phoronida
Phoronidler
Tespih böceği
Pisces
Planula
Platyhelminthes
Polychaeta
Polip
Porifera
Hortum
Uzun burunlu kurtlar
Proglottis
Proteinli lifler
Protostomia
Pseudosölomatlar
Radial simetri

Işınsal filum
Vatoz
Rejenerasyon
Sürüngenler
Rhynchocephalia
Şeritli kurt
Rotifera
Rotiferler
Yuvarlak solucanlar
Kesikli kurt
Salamandralar
Yassı su kirpisi
Deniz tarağı
Skolex
Akrep
Scyphozoa
Deniz anemonları
Deniz hıyarları
Yelpaze mercanları
Tulumlular
Deniz kestanesi
Salgı bezleri
Septa
Sesil yetişkinler
Eşeyli üreme
Köpek balıkları
Kabuk
Kabuklu yumurta
Karides
Silika
Sümüklü böcek
Salyangoz
Yılan
Spikül
Örümcekler
Solunum deliği
Sünger
Spongosöl
Squamata
Kalamar
Deniz yıldızı
Statosit
Tenya
Tentakül
Karasal kıl kurtları
Toraks
Kene
Dokular
Nefes borusu
Trakeal solunum sistemi
Trematoda
Tubular boşaltım system
Tunicatlar
Turbellaria
Kaplumbağalar
Urochordata
Vertebrata
Omurgalılar
Su piresi
Su vasküler sistemi
Deniz salyangozu
Ahşap biti

KENDİNİ TEST ET

Çoktan Seçmeli Sorular

Sünger

1. Süngerler _____ organları olan çok hücreli süzücüdür.
   a. Hayır
   b. Bir
   c. İki
   d. Üç
   e. Dört

2. Poriferanların zayıf şekilde tanımlanmış doku katmanları _____ kapsar.
   a. Düzleştirilmiş epidermal hücrelerin bir dış tabakası
   b. göçebe amoeboid hücrelerden oluşan bir katman
   c. Yaka hücrelerinin en iç tabakası
   d. Yukarıdakilerin hepsi
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

3. Süngerlerin _____ adı verilen merkezî boşluğu vardır.
   a. Oskulum
   b. Spikül
   c. Spongocoel
   d. Gastrovaskular boşluk
   e. Mide

4. Su, spongocoelden _____ ile ayrılır.
   a. Oskulum
   b. Spikül
   c. Spongocoel
   d. Gastrovaskular boşluk
   e. Mide

5. Su akıntıları hücrelere oksijen verir ve _____ ve _____ taşır.
   a. Karbondioksit ve nitrojen atıkları
   b. Klorofil, karatenoidler
   c. Lökositler, lenfositler
   d. Yukarıdakilerin hepsi
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

6. Kalsiyum karbonat veya silisli materyalin, _____ adı verilen küçük sarmal kristalleri süngerlerin vücudu boyunca dağılmış olup şekillerini korumaya yardımcı olan bir iskelet oluştururlar.
   a. Spongocoel
   b. Oskulumlar
   c. Spiküller
   d. Epidermal nodüller
   e. Mezodermal nodüller

7. Yetişkin süngerler_____.
   a. Mobil
   b. Kirpikli
   c. Sesil
   d. Yukarıdakilerin hepsi
   e. Yukarıdakilerin hiçbiri

Cnidaria ve Ctenophora

8. Knidarianlar arasında bulunan, yuvarlak bir kubbeye benzeyen, sarkan dokunaçlı serbest yüzen modeli bir _____ olarak bilinir.

a. Polip
b. Medüz
c. Salyangoz
d. Mezoglea
e. Planula

9. Knidarialar, dokunaçları yukarı bakacak şekilde, tabaka üzerine yapışmış _____ olarak bilinen sabit bir aşamaya sahiptirler.

a. Polip
b. Medüz
c. Salyangoz
d. Mezoglea
e. Planula

10. Bir knidarianın dış tabakası, _____ olarak bilinen dokudan oluşur.

a. Mezoderm
b. Fisoderm
c. Endoderm
d. Plakoderm
e. Ektoderm

11. Knidarianın dış ve iç katmanları arasında, üçüncü bir tabakayı ihtiva eden jelatinimsi bir dolgu vardır; bu katman boyunca dağılmış amipoit ve lifli hücreler bulunur; bu tabakaya _____ denir.

a. Mezoderm
b. Fisoderm
c. Endoderm
d. Plakoderm
e. Ektoderm

12. Besin, knidarian hücreleri tarafından emilmeden önce _____ denilen içi boş bir kısımda parçalanır.

a. Gastrovasküler boşluk
b. Sölenteron
c. Spongocoel
d. Yukarıdakilerin hepsi
e. a ve b

13. Knidarianlara özgü olarak, dokunaçları, kimyasal veya dokunsal uyaranlara tepki olarak atılan uzun ipliklerle bağlantılı zıpkınlar gibi _____ ihtiva eden _____ ile doludur.

a. Statosit, ocelli
b. Nematosit, knidoblast
c. Statosit, nematosit
d. Nematosit, ocelli
e. Knidoblast, nematosit

14. Knidarianların herhangi birinin sahip olduğu tek duyu organı _____ ve _____

a. Statosit, ocelli
b. Knidoblast, nematosit
c. Statosit, statoblast
d. Planularianlar, hydrolarianlar
e. Scyphozoa, anthozoa

15. Çoğu Knidarianın, kirpikli, serbest yüzen ve _____ olarak bilinen larvası vardır.
a. Medüzler
b. Polipler
c. Planula
d. İribaşlar
e. Hidralar

16. Bir dış ekododerm ve bir mesoglea ve gastrovasküler boşluklu iç endodermden oluşan bir kese benzeri vücut şekli olan radyal simetrik hayvanlar olan _____ gerçek denizanasına çok benzerler, Bununla birlikte, nematosistleri yoktur ve çoğunun şeffaf cisminin yüzeyi boyunca uzanan ve yüzmelerini sağlayan 8 sıra siliyası bulunur.
a. Scyphozoa
b. Anthozoa
c. Hydrozoa
d. Ctenophora
e. Cnidaria

Platyhelminthes, Nemertea

17. Yassı solucanlar vücudun tam uzunluğunda boru şeklinde bir boşaltma sistemine sahiptir. Bu sistem, siliya içeren _____'in suyu ve israfı gidermesine yardımcı olduğu vücut yüzeyinde açılan birçok küçük tüpü bulundurur.
a. Kemoreseptör
b. Sinir ağı
c. Ganglion
d. Böbrekler
e. Ateş hücreleri

18. Platyhelminths, başka bir benzer filum olan Nemertea ile birlikte _____ olarak adlandırılır çünkü sindirim sistemi ve vücut duvarı arasında boşluk yoktur.
a. Sölamatlar
b. Asölamatlar
c. Protostomlar
d. Döterostomlar
e. Hortumlu kurtlar

19. Tenyalar, _____ taşıyan emici olarak adlandırılan ve genellikle kancalar gibi kıvrık benzeri bir "baş" yapısına sahiptir.
a. Ganglion
b. Proglottid
c. Scolex
d. Oskulum
e. Spikül

20. Platyhelment sınıfı Cestoda'nın üyesi olan bağırsak solucanları, çok uzun şerit benzeri bir vücuda sahiptir ve genellikle _____ denilen bölümlere ayrılmıştır.
a. Ganglion
b. Metamerler
c. Septa
d. Skolexler
e. Proglottidler

21. Hem Knidarianlar hem de Platyhelmentler, ağız ve anüs gibi işlev gören bir açıklıkla gastrovasküler bir boşluğa sahiptir. Embriyonik gelişim sırasında bu organizmalarda ağız ve anüs olan şey _____ dır.

a. Gastropor
b. Arkenteron
c. Protostomia
d. Döterostomia
e. Blastopor

22. Nemertinlerde (burun delikleri solucanları), blastopör ağız hâline gelir ve embriyonik gelişim sırasında ortaya çıkan tamamen farklı bir açılım anüs hâline gelir. Blastaforun ağız hâline geldiği ve başka bir açılımın anüs hâline geldiği bu evrim hattına genellikle _____ denir.

a. İlkel omurgasızlar
b. Yüksek omurgasızlar
c. Rhynchocephalia
d. Protostomia
e. Döterostomia

23. Blasto gözünün anüs hâline geldiği ve yeni bir ağız oluşturulduğu bir başka evrimsel çizgiye _____ denir.

a. Cleavagestomia
b. Blastoporler
c. Protostomia
d. Döterostomia
e. Cnidaria

Ashellint, Lophophores

24. Nematodlar, her iki ucunda bir noktaya kadar incelen uzun solucanlardır. Yassı solucanlardan farklı olarak, siliyer hareketleri yoktur, bunun yerine, uzunlamasına kaslarıyla kıvrılırlar. Vücut boşluğu tamamen mezoderm ile çevrelenmediğinden, gerçek bir söloma sahip değildirler ve _____ olarak adlandırılırlar.

a. Asölomatlar
b. Sölomatlar
c. Pseudosölomatlar
d. Gastosöller
e. Enterosöller

25. Küçük protostomların birkaç filumu vardır, bunların hepsi _____ içerir; ağzın etrafında, çoğunlukla U-şeklinde, çok sayıda silinmiş dokunaçlar takılı özel bir kıvrımdır. Bu gruplara genellikle lofoforatlar denir.

a. Tentaculophorlar
b. Phoronida
c. Bryozoan
d. Brachiopod
e. Lophophorlar

Mollusca, Annelida, Onychophora ve Arthropoda

26. Gastropodları, bivalfleri, cephalopodları ve amfineuranları içeren filumun adı _____'dir.
    a. Gastropoda
    b. Bivalvia
    c. Amphieura
    d. Cephalopoda
    e. Mollusca

27. Solucanlar, polikalar ve sülükleri içeren filumlara _____ denir.
    a. Oligochaeta
    b. Polychaeta
    c. Hirudinea
    d. Annelida
    e. Nematoda

28. Dünya solucanları, su ve tuz düzenini, _____ adı verilen böbrek benzeri birçok yapı ile muhafaza ederler.
    a. Alev hücreleri
    b. Metamorfoz
    c. Nefridium
    d. Trake
    e. Üreter

29. Kabuklular, örümcekler, akarlar, keneler ve böcekler _____ filumun üyesidir.
    a. Echinodermata
    b. Onychophora
    c. Arthropoda
    d. Arachnida
    e. Insecta

30. Istakozlar, karides, yengeçler, kerevit, barnaklar, bitki bitleri, tespih böcekleri ve su pireleri, organizmaların _____ sınıfının üyeleridir.
    a. Echinodermata
    b. Onychophor
    c. Crustacea
    d. Chilopoda
    e. Diplopoda

31. Eklembacaklıların, omurgalı hayvanlarda böbrekler tarafından gerçekleştirilenlere benzer işlevleri yerine getiren özel boşaltım yapıları vardır. Bu eklem bacaklı yapılara _____ denir.
    a. Böbrek
    b. Solungaç yarığı
    c. Malpighi tüpleri
    d. Metamorfoz
    e. Alev hücreleri

32. Böceklerin havanın kendi kütikülünü dışarı doğru vücutlarının iç kısımlarına geçirmesine izin veren _____ adlı minik gözenekleri vardır.
    a. Solungaç yarıkları
    b. Malpighi tüpleri
    c. Spiküller
    d. Blastoporlar
    e. Gastroporlar

33. Centipedler eklem bacaklı _____ sınıfına aittir.
a. Chilopoda
b. Diplopoda
c. Crustacea
d. Bivalvia
e. Onychophora

34. Millipedler eklembacaklı _____ sınıfına aittir.
a. Chilopoda
b. Diplopoda
c. Crustacea
d. Bivalvia
e. Onychophora

Echinodermata ve Hemichordata

35. Aşağıdaki organizmaların gruplarından hangisi pentaradial simetriye sahiptir?
a. Deniz lalesi
b. Deniz yıldızı
c. deniz kestanesi
d. Deniz hıyarı
e. Yukarıdakilerin hepsi

36. Aşağıdakiler olmadan, echinodermlerin hareket etmesini sağlayan tüp ayakları veya podanın işlevini yerine getirmesi mümkün değildir: _____.
a. Su vasküler sistemi
b. Hidrolik basınç
c. Sıvı dolu kaplar
d. Yukarıdakilerin hepsi
e. Yukarıdakilerin hiçbiri

37. Deniz laleleri ve tüy yıldızlarının mukuslarını dalgalanan yiyecek partiküllerini yakalamak için kullandığı dallı, tüylü kolları bulunur. Bu türler hangi ekinoderm sınıfına aittir?
a. Crinoidea
b. Asteroidea
c. Ophiuroidea
d. Echinoidea
e. Holothurioidea

38. Deniz yıldızları, hangi ekinoderm sınıfına aittir?
a. Crinoidea
b. Asteroidea
c. Ophiuroidea
d. Echinoidea
e. Holothurioidea

39. Farenks duvarında bir seri solungaç yarıklığa sahip olan ve siliate larvaları olan yaklaşık 85 tür içeren bir deniz filumu _____ olarak bilinir.
a. Echinodermata
b. Chordata
c. Hemichordata
d. Annelida
e. Arthropoda

Chordata

40. Yaşam öyküsünün bir aşamasında notokord, arka boş sinir kablosu ve farengeal solungaç yarıkları içeren organizmalara _____ denir.
    a. Urochordata
    b. Cephalochordata
    c. Vertebrata
    d. Chordata
    e. Yukarıdakilerin hepsi

41. Tunikatlar ve deniz salyangozları _____ olarak bilinen kordalıların altkoluna mensuptur.
    a. Urochordata
    b. Cephalochordata
    c. Hemichordata
    d. Vertebrata
    e. Chordata

42. _____ ve _____ dan farklı olarak, vertabralar bir vertebral kolona sahiptir.
    a. Urochordata, Cephalochordata
    b. Agnatha, Chondrichthyes
    c. Osteichthyes, Aves
    d. Taşemen ve balçık balığı
    e. Yukarıdakilerin hepsi

43. Balıktan evrimsel olarak daha ileri olan hangi kordalılar grubu balık benzeri yumurtalara ve dış döllenmeye sahiptir?
    a. Amfibiler
    b. Reptiller
    c. Kuşlar
    d. Memeliler
    e. Ostrakodermler

44. Mesozoyik döneminde _____ nın bu kadar başarılı olmasını sağlayan özellikler kabuklu yumurtaları ve iç döllenmeleridir.
    a. Amfibiler
    b. Sürüngenler
    c. Kuşlar
    d. Memeliler
    e. Balık

45. Modern kuşlardan farklı olarak, _____'ın dişleri ve uzun kemikli kuyrukları ve aynı zamanda tüyleri de vardı.
    a. *Archaeopteryx*
    b. İlkel amfibiler
    c. İlkel sürüngenler
    d. İlkel memeliler
    e. Yukarıdakilerin hiçbiri

46. Modern kuşların yanı sıra, aşağıdaki kordalılar grupları da dört odacıklı bir kalbe sahiptir:
    a. Balık
    b. Amfibi
    c. Sürüngen
    d. Memeliler
    e. Hemikordatalar

47. Kuşlar gibi, memeliler de _____.

a. Sıcak kanlı
b. Soğuk kanlı
c. Amniotes
d. a ve b
e.a ve c

48. Doğum sonrası, memeliler yavrular annenin _____'dan salgılanan sütüyle beslenirler.

a. Saç
b. Meme bezi
c. Yağ bezleri
d. Tükrük bezleri
e. Yukarıdakilerin hiçbiri

Cevaplar

1. a	13. e	25. e	37. a
2. d	14. a	26. e	38. b
3. c	15. c	27. d	39. c
4. a	16. d	28. c	40. e
5. a	17. e	29. c	41. a
6. c	18. b	30. c	42. a
7. c	19. c	31. c	43. a
8. b	20. d	32. a	44. b
9. a	21. e	33. a	45. a
10. e	22. d	34. b	46. d
11. a	23. d	35. e	47. e
12. e	24. c	36. d	48. b

Hakkında Düşüneceğiniz Sorular

1. Hayvanlar âleminin üyeleri hangi özellikleri paylaşıyor?
2. Organizmaların farklı âlemleri nelerdir ve her biri hangi özelliği karakterize etmektedir?
3. Hayvanlar âleminin üyelerini diğer âlemlerden ayıran nedir?
4. Animalia âlemi içinde düşünebileceğiniz kadar filum sayısını yazın ve ana özelliklerini not edin.
5. Protostomları döteryostomlardan ayıran nedir?

6. İnsanlar, denizyıldızı veya böceklerle yakından bağlantılı mıdır? Neden?
7. Eklembacaklıların ve yumuşakçaların benzerliklerini ve farklılıklarını yazın. Her filumun ana gruplarını ekleyin.
8. Bütün kordalıların ortak özellikleri nelerdir? Bunların herhangi birini ortak bir soy ile paylaşıyorlar mı? Eğer öyleyse, bu ortak soyun ne olduğu düşünülüyor? Yaşayan bir akrabasını tanımlayın.
9. Omurgalıların ana gruplarını sınıflandırmak için hangi özellikler kullanılır? Her omurgalı sınıfını tanımlamak için bu özellikleri kullanın.

Dizin

0 kan grubu, 238
1,3–difosfogliserik asit, 94
1N, 73
2N, 73
A kan grubu, 238
AB grubu, 238
A-bantları, 196
abdomen, 318
ABO grubu, 237–38, 239
absisik asit, 145
absisyon tabakaları, 144–45
absisyon, 145
absorpsiyon spektrumu, 113
acı, 167
Acoela/asölomatlar, 311
ACTH, 154
Açık dolaşım sistemi, 219–23, 315, 316
  artropodların, 219–20, 317
  böceklerin, 133, 220–23
  yumuşakçaların, 315
açlık, 167
adacık hücreleri, 148
adenin şeker kompleksi, 118
adenohipofiz, 152
adenozin difosfat (ADP), 94,97, 98, 117, 118, 119
adenozin trifosfat (ATP), 28,98, 117, 119, 195, 210
adenozin ünitesi, 118
âdet, 83, 155
adeziv hücreler, 211, 310
ADH, 154
ADP, 94, 97, 98, 117, 118, 119
adrenal bezler, 147, 150–51
adrenal korteks, 150, 154
adrenal medulla, 150
adrenalin, 150
adrenokortikotropik hormon (ACTH), 154
aerobik bakteriler, 262, 265
aerobik solunum, 91, 98
aglutinojenik proteinler, 237
Agnatha/Agnathanlar, 321
ağaç eğreti otları, 294
ahşap biti, 318
ahtapot, 219, 314, 315
  nöronları, 170
AIDS virüsleri, 251, 253
akarlar, 220, 317
akciğerler, 220, 223–26, 229, 321, 324
akrepler, 317
aksiyon potansiyeli, 175
aksonlar, 170, 171, 172, 174, 175
aktif taşıma, 16, 19–20, 110, 210,212, 227
aktin, 195, 196
aktinomisetler, 265
aktivasyon enerjisi, 91
aktomiyozin kompleks, 195
albüminler, 243
alev hücreleri, 132
alev hücresi boşaltım sistemi, 132, 311, 313
alg hücreleri, 130
alg, 58, 107, 112, 115, 120,272–73, 285–86, 288, 291
  mavi-*yeşil*, 24, 34, 35, 36, 112,259
alkol, 95, 154
alkolik fermentasyon, 97
allerjiler, 148
altvirüsler, 251, 255
alveol, 225–26
ama-aminobütirik asit, 175
Amerikan hamamböceği, 318
Amfibi Çağı, 322
Amfibi/amfibiler, 138, 220,321–22, 323
  gri madde, 169
  kalp, 219, 223–24
Amfiyoksüs, 320, 321
amiloplastlar, 30
amin, 147–48
amino asitler, 4, 100–101, 136, 151, 229, 255, 260
amipler, 69, 272
amnion, 323
amoeboid hücreler, 308, 309
amonyak, 136, 137, 266
Amphineura, 315
Amphioxus, 321
ana hücre, 52
anabolik steroidler, 155–56
anaerobik bakteriler, 265
anaerobik fermentasyon, 94–97
anaerobik glikoliz, 94
anaerobik solunum, 91, 94, 95, 195
anafaz I, 59–60
anafaz II, 60
anafaz, 57
androjenler, 150
anemi/anemik, 237
anemonlar, 170
angiospermler, 281, 286, 293, 294, 296, 297–300
angiotonin, 150–51
Annelida, 170, 314
annelidler, 315–16
  kapalı dolaşım sistemleri, 132–33, 220

anter, 298, 299
anteridya, 287, 288, 290, 291, 292
anteriorlob, hipofiz, 152
Anthophyta, 297–300
Anthophytes, 297
Anthozoa, 310
antibiyotikler, 264, 281
antidiüretikhormon (ADH), 154
antigenler, 152, 237–38, 239–41
antihistaminikler, 148
antijen-antikor reaksiyonu, 241
antikorlar, 148, 236, 237–38,239–41, 253
antosiyaninler, 109, 115
Anura, 322
anüs, 133, 312, 316, 319, 320
aort, 226
aortik semilunar kapak, 226
Apoda, 322
ara nöronlar, 172, 178
Arachnida/arachnidler, 317–18
araknoid, 166
Archaeopterix, 324
Aristoteles, 2
Arka ana toplardamar, 226
arka beyin, 167–68, 169
Arka lob, hipofiz, 152
Arkebakteriler, 265
arkegonya, 287, 288, 290, 291, 292, 295, 296
arkenteron, 312, 313
Arrhenius, Svante, 5–6
arterioller, 223, 225, 226, 242
Arthropoda, 308, 316–20
aschelminthes, 313
Ascomycota, 277–78
aseksüel tomurcuklanma, 308
asetat, 98
asetil-CoA, 98, 100, 101
asetilkolin, 175
aski, 278
Askomisetler, 278, 281
askosporlar, 278
asterler, 55
aşağı omurgasızlar, 170, 308–14
at kuyruğu, 286, 291–92
atardamarlar, 205, 219, 223, 226
  pulmoner, 223–24, 225
  renal, 134
atık ürünler, 220, 222, 223, 236, 276, 308, 309, 311
atmosferik gazlar, 3
ATP, 91, 94, 96, 97, 98, 110, 111,117, 195, 210
atrioventriküler düğüm, 194, 243
atrium, 194
atriyalgevşeme, 243
A-V düğüm, 194, 243
Avogadro Sayısı, 117
ayak mantarı, 279
azot fiksasyonu, 266
azot fiksatörleri, 266
azot, 110, 209, 259, 266, 281
azotlu atıklar, 132, 133, 219, 222
azotlu bileşikler, 136

B hücreler, 152, 241
B kangrubu, 238
bacili, 265
bademcikler, 228
bağ doku, 189, 222, 235
bağırsak, 148, 229
bağışıklık sistemi, 239
baklagiller, 266
bakteri hücresi, 259
  hücre duvarı, 262
  üreme, 260, 265
bakteri simbiyontları, 264
bakteri virüsleri, 263
bakteriler, 2, 24, 34, 35, 36, 107, 110, 112, 115, 206, 240, 251, 259–66, 281, 285
  simbiyotik, 272
bakteriyel hastalıklar, 253, 255
bakteriyel kamçı, 262
bakteriyel sporlar, 263–64
bakteriyofajlar, 253, 263
balçık balığı, 321
balık, 138, 153, 189, 220, 223, 321
balmumu kesik tabakası, 210, 287, 290
barnacles, 318
basınç akımı, 212
Basidiomycetes, 281
Basidiomycota, 278–79
bazal cisim, 34–35
bazidiya, 278
bazidiyosporları, 278
bazidli mantarlar, 278–79
bazofiller, 239
belsoğukluğu, 265
Bernal,J. Desmond, 4
besin vaküleri, 206
besin, 110, 219, 220, 223, 226, 236, 276, 281, 287, 290, 299, 309
beşinci hastalık, 253
betakaroten, 285
beyaz kan hücreleri, 148, 229, 236, 239–41
Beyaz madde, 172–73
beyin hastalıkları, 255
beyin omurilik sıvısı, 166
beyin, 165–69, 172
  beyaz madde, 172–73
  gri madde, 167–69, 173
  hastalıklar, 255
  hipotalamus, 152, 167
  koruyucu zarlar, 166
  omurgalılar, 165, 166–70
  omurgasızlar, 165
  pituiteri bez, 152, 153, 167
bikarbonat, 242
biküspid valf, 226
bilateral simetri, 171, 315
bilateral simetrik vücut yapısı,310
bilek kemikleri, 190
Bilim adamları, 1–2
Bilimsel metot, 1

bisepsler, 192, 193
bitki hormonları, 143–44
bitki hücre çeperi, 13, 16, 20–22
bitki hücreleri, 57, 130–32
bitkiler âlemi/Plantae, 271, 272, 285–300
  Anthofita, 297–300
  Briyofita, 286, 288–89
  Ginkgofita, 295
  gymnospermler, 286, 293–94, 296, 297
  Karaya geçiş, 286–88
  Koniferofita, 295–97
  Likofita, 291, 292
  Psilofita, 290–91
  Pterofita, 292–93
  Sfenofita, 291–92
  Sikadofita, 294–95
  Tipik çiçekler, 298–99
bitkiler, 110
  ayrıca bk. iç taşıma; bitkiler âlemi
  iletim dokuları, 120, 208–10
  taşıma, 207
  vasküler, 143, 206–10, 286, 290–94
Bivalvia/bivalves, 315
blastopor, 312, 313
blastula, 272, 307
boşalma, 78, 79
boşaltım, 136–38
  omurgasız, 132–34
botulizm, 265
Bowman kapsülü, 134
boynuz otları, 206, 286, 288
boyun, 190
böbrek medullası, 135
böbrekler, 134–35, 138, 150–51, 154, 229, 318
böceklerin kafası, 318
böceklerin toraksı, 318
böceklerin trakea, 234
bölünme oluğu, 57
bölünmeler, 307, 312
Brachiopoda/brachiopods, 314
Briyofita, 286, 288–89
briyofitler, 206
Bryozoa, 314
Bush, George W., 70
büyüme halkaları, 14, 207
büyüme hormonu, 153
büyütme, 12

Cairns-Smith, A. G., 4
Calvin, Melvin, 4
Cephalochordata, 320–21
Cephalopoda, 170, 315
Cestoda, 311
Chelonia, 324
Chilopoda, 318–19
Chlorophyta, 285–86, 290
Chondrichthyes, 321
Chordata, 170, 320–26
Chrysophyta, 273, 285
cıvık mantarlar, 271, 273, 275-77
ciğerotları, 206, 286, 288
Ciliophora/siliatlar, 272
cinsel birleşme, 71
cinsel görünüm, 81
cinsel yolla bulaşan hastalıklar, 264
cinsellik, 58
Coelenterata, 170, 308–10
coelenterates, 74, 170
Cowper bezleri, 78
Creutzfeld-Jacob Hastalığı, 255
Crick, Francis, 6
Crinoidea/(deniz zambakları ve tüy yıldızları), 319
Crocodilia/timsahlar, 324
Crustacea, 318, 319
Ctenophora, 310

çekirdek, 24–25, 28, 53, 209, 278
çekirdekçik organizatörü, 24
çekirdekçik, 24, 53–54, 55, 57
çene, 190
çiçek, 297, 298–99
çiçekli bitkiler, 145, 146, 281, 294, 297–300
Çiftleşme zamanı, 81
çiftleşme, 81
çinko, 110
çiyanlar, 220, 318–19
çizgili kaslar, 194
çizgili levrek, 322
çoğalma, hücre bölünmesi, 51
çok çekirdekli sitoplazma, 275, 276
çokhücreli algler, 130
çokhücreli diploid organizmalar, 73, 75
çokhücreli organizmalar, 13, 58, 76, 275, 307
çöller, 281, 294
çürükçüller (ayrıştırıcılar), 259, 264, 281

dairesel DNA, 262, 263,264–65
dalak, 152, 229
damar ışınları, 209
damarlar, 205, 219, 223
Darwin, Charles, 1
deaminasyon, 100, 136
Deli dana hastalığı, 255
demetler, kas lifleri, 194
dendritler, 171, 172, 175
denge, 167
  yarı geçirgen zar içinde, 18–19
deniz anemonları, 171, 308, 309, 310
deniz hıyarları, 319, 320
deniz kabuğu, 315
deniz kestanesi, 319
deniz kıl kurtları, 315
deniz kulakları, 315
deniz salyangozu, 315
deniz üzümleri, 320
deniz yelpazesi, 308, 310
deniz yıldızları, 319
deniz yosunu, 285
deniz zambakları, 319
denizanası, 73, 170, 171, 308, 309, 310

denizyıldızı, 70, 309, 319
deoksiribonükleik asit. *bk.* DNA
depolarizasyon, 174–75, 196, 198
deri değiştirme, 317
Deri pigmentasyonu, 153–54
Deri, geçirgen, 322
desmosomlar, 22
Deuterostomia, 312
deuterostomlar, 313, 317
Devoniyen dönemi, 291, 292
dış dudaklar, 78
dış membran, kloroplast, 30, 111
dış membran, plastit, 30
Diferansiyel sayım kan testi, 241
difosfogliserik asit, 94
difteri, 265
difüzyon, 16-19, 110, 131, 138, 206, 210, 212, 227
dikaryonlar, 278
dikenli karıncayiyen, 326
Dikotiledon, 299
dikotlar, 300
dinlenme hâlindeki nöron, 174
dinoflagellatlar, 273
dioik süngerler, 308
diploid hücreler, 288
diploid organizma, 73, 75–76
diploid sporofit, 288, 297
diploid zygotlar, 73, 291
diploid, 73
Diplopoda, 318
dirençli suşlar, bakteriyel, 264
diseksiyon mikroskoplar, 11
dişi üreme organları, 78–81, 286, 287, 311
distal kıvrımlı tübül, 134
dişler, 190
diyabet, 149, 150, 156, 159, 161, 163
diyafram, 326, 328
diyastolik basınç, 243–44
diyatomlar, 273
diz kapağı, 190
diz refleksi tepkisi, 179
diz, 190
DNA, 24, 30, 53, 73, 117, 252, 255, 262–64
  ökaryotik, 112, 262
  prokaryotik, 112, 262, 263
doğal seleksiyon, 70–71, 120, 171
doğum kanalı, 79, 155
doku faktörü (TF), 242
dokular, 191, 235, 307
dolaşım sistemi, 143, 219–29,314
  açık, 133, 219–23, 315, 316, 317
  ayrıca kana *bk.*
  kapalı, 132–33, 219, 220, 315
  kılcal damarlar, 219, 223, 226–27, 242
  lenfatik sistem, 227–29
  omurgasızlar, 219, 223–29
döllenme, 58, 59, 75-76, 81, 83, 278, 288, 291, 293, 296, 299, 322, 323, 324
döngüsel fotofosforilasyon, 118-19
dopamin, 175
dorsal boylamsal damar, 220–22
dorsal içi boş sinir kordonu, 320
dorsal-kök ganglion, 178
döl almaşı, 73–76, 288
Döngüsel olmayan fotofosforilasyon, 118
dudaklar, 78, 79
duodenum, 148
dura mater, 166
Duyu nöronları, 171, 172, 178–79
Duyusal cevaplar, 167, 170
düşmanlık, 167
düz endoplazmik retikulum, 26
düz kas, 181, 193–94

Echinodermata, 319
Echinoidea, 319
Ectoprocta/ectoproctalar, 314
efektör hücreler, 170, 171, 174
eğrelti otları, 286, 292–93
  yaşam döngüsü, 74–75, 292
eğrelti sporofit, 291
EKG, 244
ekinodermler, 319, 320
eklem, 191, 192
eklembacaklılar, 290
  açık dolaşım sistemi,219–20, 317
  dış iskelet, 198–99
  kan, 222
eklemler, 189, 192, 199
ekmek küfleri, 277
ektoderm, 309, 310, 311, 312, 313
ekzoiskelet/dış iskelet, 198–99, 220, 317
ekzokrin bezleri, 147
ekzositoz, 20
elektrokardiyogram, 244
elektron alıcıları, 116, 119
elektron alıcısı Q, 117
elektron mikroskobu (EM), 12, 252
elektron taşıma sistemi, 116–18
elektron taşıma zinciri, 98
embriyo, 73, 80, 83, 138, 154, 155, 189, 272, 286, 287, 290, 295, 299, 300, 307, 312, 323
Embriyofit bitkiler, 287
Embriyofita, 286
endoderm, 309, 311, 313
endodermal doku, 210
endoiskelet, 198

endokrin bezleri, 143, 147, 152
endokrin sistemi, 129, 173
endometrium, 155
endoplazmik retikulum (ER), 25–26, 36, 112, 272
endosimbiyontlar, 264
endositoz, 20
endosperm, 299
endotel hücreleri, 226–27
endotelyum, 226, 227
Engelmann, T. W., 108–9
enterogastron, 148
enzimler, 91, 97, 112, 178, 236, 262, 276, 281, 309, 310.
eozinofiller, 239
epidermal hücreler, 210, 308
epidermis, 199, 207, 311
epididimis, 77, 78
epinefrin, 150
epitel dokusu, 235
epizom, 264–65
Epstein-Barr virüsü, 253
Equisetum, 292
ereksiyon, 78
ergenlik, 78, 81, 154
eritroblastosis fetalis, 239
eritropoetin, 151
eritrositler, 236–37, 238, 239, 240
erkek üreme organları, 77–78, 155, 287, 311
eşeyli üreme, 71–73
süngerler, 308
eşeysellik, 58, 289
eşeysiz üreme, 69–71, 278,289
anelidler, 316
eşik, 182
etanol, 95, 97
etil alkol, 95
etilen, 146
Euglenophyta, 273
evrim, 1–7
evrimi, 170–71
FAD, 98
fagositik hücreler, 229
fagositoz, 20, 27, 110, 136, 222, 239, 276
falankslar, 190
fallop tüpleri, 80
faringeal solungaç yarıkları, 320
femurlar, 190
fermantasyon, 94-97
kas, 195
ferrodoksin-indirgenme maddesi, 116
fertil, 81
fetüs, 78, 239
fibril, 22, 36, 194, 262
fibrin, 241-42
fibrinojen, 241-42, 243
fibröz hücreler, 309
fibula, 190
fikobilinler, 115
filament, 298
fitokrom, 146
fitoplankton, 273
fizyon bölgeleri, 316
flagella (kamçı), 34–35, 36, 262, 276, 308
flagellatlar, 110, 272, 288
floem hücreleri, 145, 292
floem, 130, 143, 205, 207–9, 210, 212, 292
florigen, 146
folikül uyarıcı hormon serbestleştirici faktör (FSHRF), 154
folikül uyarıcı hormon (FSH), 154, 155
foliküller, 72, 83, 155
fosfat, 118, 242
fosfoenolpiruvat, 97
fosfogliseraldehit (PGAL), 94, 100, 119
fosfogliserat, 97
fosfogliserik asit (PGA), 119
fosfolipidler, 16
fosfor iyonları, 211
fosfor, 281
fosforilasyon, 94
fosiller, 265, 294, 295, 324
fotofosforilasyon, 118–19
fotonlar, 115
fotoperiyodizm, 146
fotoreseptör hücreler, 174, 309
fotosentetik bakteriler, 260
fotosentetik fosforilasyon, 118
fotosentetik membranlar, 30, 37
fotosentetik ototroflar, 109–10, 272
fotosentetik pigmentler, 109, 112–15, 117
fotosentetik prokaryotlar, 37
fotosentetik sistem, 118
fotosentez, 30, 91, 94, 107–21, 208, 211, 272, 273, 275, 281, 286, 287, 290, 298
ayrıca bk. klorofil; kloroplastlar
besinler, 110
döngüsel fotofosforilasyon, 118–19
elektron geçişi, 116–18
ışığın soğurulması, 115–16
karbonhidrat, 119–20, 266
tarihi, 107–9
yapraklar, 120–21
fotosistem I, 116, 119
fotosistem II, 116, 117
fotosistemler, 116
fototropik tepki, 144
Fox, Sydney, 4
fragmantasyon, 69–70, 281, 316
fruktoz 6-fosfat, 94, 95
fruktoz-1,6-difosfat, 94, 95
FSH, 154, 155
FSHRF, 154

gamet, 58, 59, 73, 75-76, 77, 287, 288, 289
gametofit üretimi, 288, 290

gametofitler, 289, 291, 292, 295, 296, 297, 299
gametogenez, 59, 71, 72
gangliya/ganliyon, 165-66, 171, 310, 311
gap junction (geçit bölgesi), 22–24
garter yılanı, 324
gastrik bezler, 148
gastrin, 148
gastrointestinal sistem, 148
Gastropoda, 315
gastrovasküler boşluk, 132, 206, 309, 310, 311
gastrula, 307, 312, 313
geçirgen cilt, 322
gelişmiş omurgasızlar, 165–66, 314–20
Genel verici, 238
genetik rekombinasyon, 58, 59, 263
genital siğiller, 253
genital yaralar, 253
genler, 24, 69
germ hücreleri, 71
gevşeme periyodu, 195
giberellinler, 145, 146
Ginkgo biloba, 295
ginkgo, 293, 294, 295
Ginkgofita, 295
glia hücreleri, 170, 171
glikojen, 150, 195
glikoliz, 91-94, 98
Glikoz 6-fosfat, 94
glikoz, 19, 91, 94, 119–20, 150, 236
gliserol, 100
globulinler, 243
glomerulus, 134
glukagon, 150
Glukokortikoidler, 150
Glukoproteinler, 26
Glukoz fosfat, 117
glutamat, 175
Gnetofitler, 294
Golgi aygıtı, 26, 28, 36
Golgi organları, 26, 36, 272
gonadlar, 150, 154
gonadokortikoidler, 150
gonadotropik hormonlar, 154
gövdelerin özü, 207
göz kırpma, 179
Gözyaşı damlası, 179
Gözyaşı kanalları, 138
Gram boyama tekniği, 265
Grana, 30, 111
granüller, 272
Granüllü endoplazmik retikulum, 26
gri madde, 167-69, 173
Griffiths, Lynn, 6
grip virüsü, 253
gymnospermler (gimnospermler), 286, 293–94, 296, 297

H bölgesi, 196
haberci RNA, 262
hafıza, 167, 169
halka şeklinde ikincil hücre duvarları, 209, 211
halkalı kurtlar, 133
Halley kuyruklu yıldızı, 6
haploid çok hücreli bitkiler, 73, 76
haploid gametler, 73
haploid hücreler, 58, 60
haploid sporlar, 73, 290, 296, 299
haploid, 58
hasırotları, 294
Havers kanalları, 190
hayat döngüsü, 76
Hayatın kökeni, 1–7
  şartları, 2–3
  deneysel çalışmalar, 3–5
  hipotezler, 2, 5–6
  uzayı araştırma, 6–7
hayatın yapı taşları, 4, 117
hayati prensip, 2
hayvan hücreleri, 57, 130–32
hayvanlar âlemi/Amalia, 271, 272, 286, 307–26
  ilkel omurgasızlar, 170, 308–14
  kordalılar, 170, 312, 317, 320–26
  yüksek omurgasız hayvanlar, 165–66, 314–20
helyum, 3
hematokrit değeri, 237
Hemichordata, 320
hemoglobin, 195, 222, 223, 226, 237, 239
hemolenf, 133, 317
hemolimf, 220
hemoliz, 239
hemositler, 220–22
hemosiyanin, 222, 223
hemosöl, 317
Henle kulpu, 134
hepatit, 253
hermafroditik, 58
hermafroditizm, 316
herpes virüsü, 253
heterospori, 290
heterosporlu, 291, 294, 296, 297
heterotrofik bakteriler, 260, 264–65
heterotroflar, 109, 272
hıyarcıklı veba, 265
hidra, 74, 170, 308, 309–10
  iç taşıma mekanizması, 206
  tomurcuklanma, 70
hidrojen, 93, 110, 111, 117
hidrokarbon zincirleri, 113
hidroliz, 100
Hidrostatik basınç, 134, 210, 211, 227
Hidrozoa (Hidralar), 309–10
hifler, 276, 277, 278
hiperosmotik (hiperozmotik) ortam, 18, 130, 131, 137
hiperparatiroidizim, 151
hipertensin, 150-51
hipertiroidizim, 151
hipertonik ortam, 18, 131
hipofiz, 152–54, 167

hipoozmotik ortam, 18, 130, 136
hipoparatiroidizm, 151
hipotalamus, 152, 154-55, 167
hipotiroidizim, 151
hipotonik ortam, 18, 131
Hirudinea/hirudin, 315, 316
His demeti, 243
histamin, 148, 175, 242
Holothurioidea, 320
Homeostasis/homeostaz, 16, 129–38, 147
bitki ve hayvan hücresi karşılaştırma, 130–32
homolog kromozomlar, 57, 59
homologlar, 57
homospori, 290
Hooke, Robert, 13
hormon salgılayan bezler, 170
hormonlar, 83, 129, 143–56, 173, 223, 226, 236
bitki, 143-46
hayvan, 146-48
hortum, 311, 320
hortumlu solucanlar, 311
humerus, 190, 192
hücre boyutu, 14–15
hücre bölünmesi, 51–60
eşeysellik, 58
mayoz, 35, 59–60, 71, 73, 75,263, 296
mitoz, 35, 53–58, 73, 75,207–8, 263, 272, 276, 288, 296, 299
oksinler, 145
hücre dışı sıvılar, 130
hücre duvarları, 13, 209, 211, 260, 276
bitki, 13, 16, 20–22, 285, 286
hücre gövdesi, 167, 171, 175
hücre içi sıvılar, 130
hücre özsuyu, 31
hücre sıvıları, 129–30
hücre sindirim sistemi, 27
hücre tabakası, 57
hücre teorisi, 13–14
hücre yapısı, 11–37
Ayrıca stoplazmaya *bk.*
bitki hücre duvarı, 13
iç, 15–16, 24–37
Plazmodesmata ve gap junction'lar, 22–24
hücre zarları, 16–24, 109, 110,112, 132
hücreler arası difüzyon, 206
hücreler, 13
animal, 57, 130–32
hücresel özelleşme, 1
hücresel solunum, 91–101, 237,262
hücresel üreme, 51–53
bakteriler, 260, 263, 265

I-bantları, 196
ICSH, 154
Ingen-Housz, Jan, 107
Insecta/böcekler, 198, 297, 298, 308, 316–17, 318
açık dolaşım sistemi, 133, 220–23
boşaltım sistemi, 133-34
kan, 133, 219, 220–21, 222
kasları, 194
solunum sistemi, 221
ıstakoz, 220, 318
ışık emilimi, 115–16
ışık mikroskobu, 11, 111
ışınlar, 189, 321
ışınsal simetrili filumlar, 312

iç döllenme, 323, 324
iç labia, 78
iç sindirim boşluğu, 311
iç taşıma mekanizmaları, 206
iç taşıma mekanizması, 206
iç taşıma, 205–12, 316
bitkilerde, 120, 207–12
inorganik çözünen maddelerin hareketi, 211–12
sistemleri olmayan organizmalarda, 206
iç zar, kloroplast, 30, 111
iç zar, plastid, 30
idrar, 132, 134, 137, 138, 154
iğ iplikleri, 55, 57, 59, 60
iğ, 35, 55, 57, 59
iki evcikli (dioik), 294, 295, 315, 316, 318
İkincil hücre duvarı, bitki hücrelerinin, 22
İkincil polar cisim, 72
ikiye bölünme, 52, 58, 263, 265
ilaç direnci, 265
iletim dokuları, bitki, 208–10
ilik, 152, 190
ilk primer kutup hücresi, 72
ince bağırsak, 148
İndirgenme reaksiyonları, 116
infindibulum, 152
inhibitörler, 145
inorganik çözünenler, hareketi, 211–12
inorganik fosfat, 117
inorganik iyonlar, 134, 211–12
insan gen terapisi, 263
insan hormonları, 147-49
insan iskeleti, 190-93
insan kalbi, 225–26
insan klonlama, 70
insan nöronları, 170
İnsanda üreme, 76–83
insektisit, 175
insülin şoku, 150
insülin, 19, 148, 150
interfaz, 53
İntegument, 296
interkinez, 60
internöronlar, 172
interstisyel hücre uyarıcı hormon (ICSH), 154, 155
interstitial sıvılar, 223
İskelet kasları, 193, 194
İskelet sistemi, 189–93
istemli kaslar, 194
istiridye, 137, 219, 315
istiridyeler, 315

iyot, 151
izotonic solüsyon, 18, 130
izozmotik solüsyon, 18, 130

jel durumu, 15–16
jeokimyasal geri dönüşüm, 259–60
jeotropizm, 144
Jura zamanı, 294, 295, 297

kabakulak, 253
kabuk, 207
kabuk, yumuşakçaların, 314, 315
kabuklu yumurta, 138, 322
kabuklular, 319
kaburgalar, 190
kafatası, 166, 190
kafein, 175
kahverengi alg, 285, 288
kalburlu borular, 208, 209, 212
kalburlu elemanlar, 208, 209
kalburlu plaklar, 208, 212
kaliks, 298
kalkerli dikenler, 319
kalkerli plakalar, 319
kalp atışı, 167, 179, 194, 225, 243
kalp kası iplikçikleri, 193
kalp kası, 181, 193, 194
kalp odaları, 223–25, 326
kalp, 219-20
  amfibilerin, 219, 223-24
  balıkların, 223
  insanların, 225–26
  kuşların, 223, 224–25
  memelilerin, 219, 223, 224–25, 326
  sürüngenlerin, 324
kalsitonin, 151
kalsiyum eksikliği, 151
kalsiyum fosfat, 151, 189
kalsiyum iyonları, 198, 211, 212
kalsiyum karbonat, 189, 308
kalsiyum pompası, 198
kalsiyum, 242
kambiyum, 145, 207, 209, 292
kamçılı gamet, 276
kan basıncı, 150, 151, 167, 227, 243–45
kan emiciler, 315–16
kan grupları, 237–39
  uyumu, 238
kan nakli, 238–39
kan testi, 241
kan, 130, 150, 205, 235–45
  arthropodlar, 222
  beyaz kan hücreleri, 148, 229, 236, 239–41
  böcekler, 133, 219, 220–21, 222
  dolaşım sistemine de *bakınız*
  hücre tipleri, 240
  kan pulcukları, 241–42
  kırmızı hücreler, 226, 236–37, 239
  pompalama hareketi, 219
  proteinler, 219, 237, 242–43
  Rh sistemi, 238–39
  yumuşakçalar, 222
kandaki iyonlar, 242
kandaki tuzlar, 242–43
kanın pıhtılaşma süreci, 241–42, 316
kapalı dolaşım sistemi, 133, 219
  annelidler, 132–33, 220
  yumuşakçaların, 315
kaplumbağa yakalama, 325
kaplumbağalar, 324
kapsülleme, 222
karaciğer, 148, 150, 229, 237, 243
  mitokondri, 28
karasal kıl kurtları, 330
karbon fiksasyonu, 119–20
karbon, 110, 259
karbondioksit, 95, 107, 108, 110,137, 219, 226, 236, 308
karbonhidrat sentezi, 119–20,266
karbonhidratlar, 100, 136, 150, 151,195, 205, 208, 209
Karbonifer dönemi, 291, 292, 294, 295, 322
kardeş hücreler, 51, 52
kardiyovasküler sistem, 223
karıncıklar, 166, 223, 224
karışık sinirler, 179
karides, 318
karnivorlar, 319
karotenoidler, 30, 109, 113, 115
karpallar, 190
karpeller, 298, 299
karyokinez, 53
kas doku, 235
kas iplikçikleri, 193–94
kas kasılması, 33, 192–93, 194–95, 199
kas koordinasyonu, 167, 170, 175
kas seğirmesi, 151, 195
kas yorulması, 195
kasılma periyodu, 195
kaslar, 150, 155, 181, 189, 193–99
  mezodermal, 310
kaudal omurlar, 190
kayan filament teorisi, 195–98
keliser, 317
kemik doku, 189
kemikler, 189–93, 235
kemikli balık, 321
kemoreseptörler, 311
kemosentetik bakteriler, 265–66
kendiliğinden oluşum, 2, 5
keneler, 316
kerevit, 318
kertenkeleler, 153, 324
kese mantarları, 277–78
kıkırdak, 189, 235, 321
kılcaldamar yatakları, 225
kılcaldamarlar, 205, 219, 223, 226–27,229, 242

kırılgan yıldızlar, 319
kırmızı algler, 115, 288
kırmızı kan hücreleri, 226, 236–37, 239, 240
kırmızı kemik iliği, 237, 239
kısa gün bitkileri, 146
kızamık, 253
kızışma, 83
kızlık zarı, 80
killer ve hayatın kökeni, 4–5
kimera, 321
kimograf, 195
kimyasal evrim, 6–7
kimyasal homeostaz, 16
kimyasal yapısı, 112
kist, 312
kitin, 276, 277, 317
kitonlar, 315
klavikula, 190
klitoris, 79
klonlama, 70
klonlar, 58
klorid, 174, 242
klorofil a, 115, 285, 288
klorofil b, 285, 288
  absorpsiyon spektrumu, 113
  kimyasal yapısı, 112
klorofil, 30, 36, 37, 108–9, 111, 112–15, 118–19, 285
klorofit *bk.* yeşil algler
kloroplaslar, 30, 36, 37, 111–13, 272, 288
Knidarialar, 74, 308–10, 312
  sinir lifleri, 170, 171, 172
knidoblastlar, 309
koanositler, 308
kohezyon teorisi, 211
koklama lobları, 166–67, 169
koksik, 190
koku alma duyusu, 167
kokus, 265
kolajen fibrilleri, 189
kolaylaştırılmış difüzyon, 19-20, 212
kolesistokinin, 148
kollenkima, 207
kolloid, hücrenin iç kısmı, 15–16
koloniel hidrozoalar, 310
konidiya, 278
konidiyosporlar, 278
koniferler, 294, 295–97
Koniferofita, 295–97
konjugasyon, 58, 263
konsantrasyon gradienti, 16–17, 210
Kontraktilvakuoller, 32, 132
konuşma, 167
kordalılar, 312, 317
korolla, 298
korpus luteum, 83, 154, 155
korpüsküller, 236
korteks kambiyumu, 208
korteks, bitki, 207
korteks, böbrek, 135
kortikal hormonlar, 150
kotiledon, 299, 300
kozalak pulları, 296
kozalak, 294, 296
kök basıncı, 210
kök tüyleri, 130, 210, 281, 290
kök uzaması, 145
kökler, 144, 207, 209–11, 212, 266, 286, 290, 291, 292
köpekbalıkları, 137, 138, 189, 321
kranial sinirler, 179
Krebs döngüsü, 95–96, 98, 99, 101
Krebs, Hans, 98
Kretase dönemi, 297, 326
krista, 28, 98
kromatidler, 54–55, 59, 60
kromoplastlar, 30
kromozomlar, 24, 51–60
krosingover, 59
ksantofiller, 30, 109, 115
ksilem, 130, 145, 205, 206, 207–9, 210, 211, 212, 288, 292
kuduz, 253
kum dolarları, 319
kurbağa, 153, 322
kurtayağı, 286, 291
kuruma, 138, 276, 287, 296, 299, 322.
kuşlar, 190, 220, 321, 324
  kalp, 223, 224–25
  kırmızı kan hücreleri, 237
  serebral korteks, 169
  ürik asit, 138
Kuşlar, 321, 324. *ayrıca* Kuşlara *bk.*
küfler, 277
kürar, 175
kürk, 326
kütikül, 210, 287, 290, 311, 313, 316, 317.
kütle-akım hipotezi, 212

laktat, 96
laktik asit, 95, 195
lamella, 30, 111
Langerhans adacıkları, 148
larva, 308, 312, 314, 315, 317, 320–21
latent periyot, 195
lateral meristem dokusu, 207, 209
Leeuwenhoek, Antonie van, 11
lenf bezleri, 229
lenf damarları, 205, 235
Lenf nodları, 229
lenf nodları/bezleri, 152, 229
Lenf, 205, 229, 235, 239
Lenfatik kılcaldamarlar, 205, 227, 229
lenfatik sistem, 227–29
lenfatikler, 229
lenfositler, 152, 229, 239–41
LH, 82, 154
LHRF, 154
ligamentler, 191
lignin, 22
likenler, 281
Likofita, 291, 292
lipopolisakkarit, 22, 262
lizozomlar, 26–28
lopofor, 313–14

lökoplast, 30
lökositler, 148, 229, 236, 239–41
lumbar vertebra, 190
luteinleştirici hormon (LH), 82, 154
luteinleştirici hormon-serbestleştirici faktör (LHRF), 154
lümen, 226

magnezyum, 110, 113, 242
maksimum uyarı, kas kasılması, 194–95
Malpighi tüpçükleri, 133–34, 222, 318
mandibul, 190
mantar hastalığı, 279
mantar, 208
mantar kambiyumu, 208
mantarlar, 240, 264, 271, 275–81
manto/kabuk, 314
Mastigofora, 272
matriks, 28, 235
mavi yeşil alg, 24, 34, 35, 36, 112, 259
mavi yeşil bakteriler, 24, 112,115, 259, 262, 263, 265, 281, 285
maya hücreleri, tomurcuklanma aşamaları, 278
mayalar, 277
mayoz bölünmeler, 75, 77, 272, 299
mayoz I, 59–60, 71
mayoz II, 60, 71, 72
mayoz, 35, 59, 71, 73, 75, 263, 296
medulla oblangata, 167, 168
megasporlar, 291, 296, 299
megasporofiller, 294
melanin granülleri, 154
melanoforlar, 153, 154
melanosit uyarıcı hormon, 153
membran potansiyeli, 174
meme bezleri, 153, 154, 155, 326
memeliler, 138, 220, 321, 324–26
kalp, 219, 223, 224–25, 326
neokorteks, 169
menopoz, 81, 155
menarş, 155
meningsler/beyin zarları, 166
menstrual döngü, 81–83, 154, 155
menstrual faz, 155
menstrual periyot, 81, 83
mercan polipleri, 310
mercanlar, 171, 308, 309
meristematik hücreler, 209
merkezî lameller, 22
merkezî sinir sistemi, 170, 171, 179–81
yumuşakçalar, 315
mesaneye, 134
Mesozoik zaman, 295, 322
metabolizim, 151, 211, 222, 252, 260, 287, 324
metafaz I, 59
metafaz II, 60
metafaz, 35, 55–57
metakarpallar, 190
metamorfoz, 317, 320
Metanojenler, 265
metatarsallar, 190
metiller, 113
meyve olgunlaşması, 146
mezoderm, 309, 311, 312, 313
mezodermal kaslar, 310
mezoglea, 309, 310
mezozom, 36–37, 262
mide suyu, 148
midyeler, 315
mikoplazmalar, 260, 265
Mikoriza, 210, 279–81
Mikorizal birliktelik, 276, 279, 281
mikrofilamentler, 32–33
mikroküreler, 5
mikropil, 295, 296, 299
mikroskop, 11–13, 111, 251–52, 262
mikrosporlar, 291, 295, 296, 299
mikrotübüller, 34, 35, 55
Miller, Stanley, 4
millipedler, 220, 318–19
mineraller, 209, 220
mineralokortikoidler, 150
miselyum, 210, 276, 279
mitokondri, 27, 28–30, 36, 98, 272, 278
mitoz, 35, 53–58, 73, 75, 207–8, 263, 272, 276, 288, 296, 299
mitral kapak, 226
miyelin kılıf, 172
miyelinli sinirler, 173
miyofiberler, 193
miyofibriller, 195–96
miyoglobin, 195
miyozin, 195, 196
Monera, 259–66, 272, 286
monoik süngerler, 308
monoik, 58, 316
Monokotiledonlar, 299
monokotlar, 299
monoploit yapı, 58, 73
monositler, 239, 240
monotremler, 326
Montlivault, Sales-Guyon de, 5
morfogenez, 307
morula, 307
motor cevaplar, 167
motor nöronlar, 172, 178–79
mRNA, 262
MSH, 153
mukokompleks, 260
mukopolisakkaritler, 26
mukoz bezler, 147
mukozal çeper, 80
muramik asit, 36
mutasyonlar, 263
mürekkepbalığı, 219, 315

nabız hızı, 150, 243
NAD, 95, 96, 98

NADH, 91, 95, 96, 98
NADP, 116
$NADPH_2$, 111, 116, 118, 119
nautilüsler, 315
nefes alma, 167, 179, 318
nefridyumlar, 132–33, 315, 316
nefrik kapsül, 134
nefronlar, 134
neksus bağlantıları, 22–24
nektarlar, 297
Nematoda, 170, 313
nematodlar, 312, 313
nematosit, 309, 310
nemertinler, 311, 312
neokorteks, 169
neon, 3
nerve fiber potential, 174
nikotinamid adenin dinükleotid fosfat, 116
nikotinamid adenin dinükleotid, 96
nitratlar, 259, 266
nitrik oksit, 175
nitrit, 266
nodal doku, 243
nodlar, 243
noradrenalin, 150, 175
norepinefrin, 150
notokord, 320
nöroglia, 172
nörohipofiz, 154
nöronlar, 170, 171–75, 178–79, 310
  elektrik yükü, 170, 174
nörotransmitterler, 175–78
nötr gün bitkileri, 146
nötrofiller, 239, 240, 241
nudibranchlar, 315
nükleer membran, 24, 25, 53, 55, 60, 252
nükleik asitler, 4, 24, 117, 252
nükleoid, 36
nükleoplazma, 15–16, 24
nükleotidler, 24, 117
Obelia, 74
ocelli, 309, 311
odacıklar, kalbin, 223
odun, 208
oksidasyon reaksiyonları, 107
oksidasyon, 93, 94, 98, 116
oksidatif fosforilasyon, 98
oksijen açığı, 195
oksijen, 93, 107, 108, 110, 117, 220, 226, 236, 266, 308
Oksijenlenmiş kan, 223, 224, 225, 237
oksijenli kan, 223, 224, 226
oksinler, 144–45
oksitosin, 154, 155
Oligochaeta, 315
omurga, 190, 321
Omurgalılar/omurgalılar, 129, 146, 189, 290, 320, 321–26
  beyinleri, 165, 166–70
  boşaltım sistemleri, 134–38
  dolaşım sistemleri, 219, 223–29
  iskelet yapıları, 189, 190, 193–94
omurgasız kordatalar, 320
omurgasızlar, 129, 146, 194
  atılımı, 132-34
  Ayrıca iç taşımaya *bakınız*
  beyin, 165
  gelişmiş, 165-66, 314–20
  ilkel, 170, 308–14
Onychophora/onyophorlar, 316
oogam, 287, 297
oogamet, 287
oogenez, 71, 72, 73
oomycota, 277
ootid, 72
Oparin, S. I., 3–4, 5
Ophiuroidea, 319
optik loblar, 167
optik sinirler, 167
organeller, 24, 26, 27, 111, 209, 262, 272, 278
organizasyon, 179–81
orgazm, 78
Orgel, Leslie, 6
ornitoreng, 326
orta beyin, 167, 169
orta lamel, 22
osculum, 308
Osteichthyes, 321
ostia, 220
otlar, 294, 299
otonom sinir sitemi, 181,194
ototrofik beslenme, 109, 266
ototroflar, 109–10, 272
otsu bitkiler, 207
ovaryum, 71, 147, 150, 154, 155, 293
  çiçeğin, 298, 299
oviduktlar, 80, 81
ovulasyon, 81, 83, 155
ovum, 71, 72, 73, 154
ovüller, 144, 294, 295, 296, 297, 299
ozmoregülasyon, 137–38
ozmotik basınç, 18–19, 22, 24, 130, 210
  kanın, 227, 243
ozmoz, 18–19, 131

Öbakteri, 265
öglenoidler, 273
Ökaryotik algler, 285–86
ökaryotik DNA, 262
ökaryotik hücre bölünmesi, 53
ökaryotik hücreler, 36, 253, 262
ökaryotik yeşil hücreler, 112
ökaryotlar, 34, 129, 259, 272
ön ana toplardamar, 226, 243
ön beyin, 166–67, 169
öpücük hastalığı, 253
örümcekler, 220, 317
östradiol, 82
östrojen, 83, 150, 154, 155

P680, 115–16
P700, 115–16
pacemaker, 194, 243

palamut başlı solucan, 320
Paleozoyik dönem, 291
pankreas, 147, 148–50
pankreatik sıvı, 148
pankreatik sindirim enzimleri, 148
pankreozimin, 148
panspermia, 5–6
papillomavirüsler, 253
parankima, 207, 288
parapodia, 315, 316
parasempatik sistem, 181
parathormon, 151
paratiroidler, 147, 151–52
parazitler, 252, 272, 276, 277, 311, 315
partenogenez, 69
parvovirüs, 253
pasif taşınma, 16–19
Pasteur, Louis, 2, 262
patella, 190
patojenik bakteriler, 264
patojenler, 281
pedipalpler, 317–18
pektin, 22
pelvis, 190
penis, 78, 79, 80
pentaradial simetri, 319
periant, 298
periferal sinir sistemi, 181
yumuşakçaların, 315
peristalsis, 194
periyot, 81, 83
Permiyen dönemi, 291, 297
peroksizom, 30, 33
petaller, 298, 299
peynir küfleri, 277
PGA, 119
PGAL, 94, 100, 119
pH, 129
Phaeophyta, 285–86
Phoronida/phoronidler, 314
pıhtılaşma işlemi, 241–42, 316
pıhtılaşma, kan, 222
pia mater, 166
pigment hücreleri, 309
pigmentasyon, cilt, 153–54
pigmentler, fotosentetik, 109, 112–15, 117
pilorik sfinkter, 148
pilus, 263
pineal cisim, 168
pineal, 147
pinoidler, 296
pinositoz, 20, 27, 110, 227
piruvat, 91, 93, 94–95, 97, 98
pirüvik asit, 91, 100–101
Pisces/balık, 138, 153, 189, 220, 223, 321
pistil, 299
planaria
boşaltım sistemi, 132
fragmentasyon, 70
iç taşıma mekanizması, 206
planaryalar, 311, 315
Plantae. *bk.* Bitkiler âlemi/Plantae
plantar siğiller, 253
planulae, 310
plasmodesmata, 22–24, 206
plastidler, 28, 30, 111
Platyhelminthes, 171, 310–13
plazma membranı, 13, 16, 19, 20, 57, 262
plazma, 220, 222, 235–36, 237, 242–43
plazmodyum, 275–76
plazmoliz, 131
polen taneleri, 144, 294, 296, 299
polen tüpü, 294, 296, 299
polen, 294, 297, 298
polen-taşıyan kozalaklar, 295
polip, 309, 310
polipeptit zincirleri, 4–5
poliribozomlar, 26
polisakkaritler, 19, 260, 276, 317
polizomlar, 26
Polychaeta, 315
Porifera, 170, 307–8
potasyum iyonları, 174, 175, 198
potasyum, 130, 242
Priestley, Joseph, 107
Primer oosit, 71, 72
Primer spermatosit, 71
prionlar, 255
profaz I, 59
profaz II, 60
profaz, 53–55
progesteron, 83, 154, 155
proglottidler, 311
prokaryotik DNA, 112, 262, 263
prokaryotik hücreler, 36–37, 51–52, 259, 263
prokaryotik ribozomlar, 112, 262
prokaryotik siyanobakteriler. *bk.* mavi-yeşil bakteriler
prokaryotik, 112, 266
prokaryotlar, 34, 262
Proksimal kıvrımlı tübül, 134
prolaktin, 153
prostat bezi, 78
protein sentezi, 260, 262
proteinler, 16, 19, 132, 136, 147–48, 150, 195
kanda, 219, 237, 242–43
solunumu, 100–101
proteinli lifler, 308
protein-lipit membran, 5
protein-nükleik asit sistemleri, 4
Protista/protistler, 34, 107, 206, 271–73, 275, 286, 307
Protoctista, 273
Protosomia/protostomlar, 312, 313, 317, 320
Protozoa, 58, 132, 272
protrombin, 241–42
pseudomonadales, 265
pseudoplasmodyum, 275
pseudosölomatlar, 313
Psilophyta/psilofitler, 290–91, 292
psilopsitler, 286
Pterophyta/pterofitler, 292–93

pullar, 137, 138
pulmoner arter, 223–24, 225
pulmoner damarlar, 226
pulmoner dolaşım sistemi, 226
pulmoner semilüner kapak, 225
pus, 242
pürin, 117
Pyrrophyta, 273, 285

radius, 190, 192
radyal simetrik hayvanlar, 171, 309, 310, 319
rahim, 78
Ranvier boğumları, 172
receptacle, 298
Redi, Francesco, 2
Redoks reaksiyonları, 116
Refleks yayı, 178–79
Refrakter dönem, 175
rejenerasyon, 70, 316
relaksin, 155
renal arter, 134
renal kapsül, 134
renin, 150
replikasyon, hücre bölünmesi, 51
Reptilia/reptiller, 134, 220, 322–24
  kırmızı kan hücreleri, 237
  neokorteksi, 169
  ürik asidi, 138
  ventrikülleri, 223, 224
reseptör bölgeleri, 170, 178, 252
reseptör-iletken hücreler, 170
resolution microscope, 12
Rh sistemi, 238–39
Rhodophyta, 285–86
Rhynchocephalia, 324
ribonükleik asit (RNA), 24, 26, 30, 117, 252, 253, 255, 265
riboz şeker kompleksi, 118
ribozomal RNA (rRNA), 26
ribozomlar, 26, 27, 30, 36, 54, 112, 262, 278
ribuloz, 119
Richter, H. E., 5
rickettsias, 265
rinovirüsler, 253
rizoidler, 289
rizomlar, 290
RNA, 24, 26, 30, 117, 252, 253, 255, 262, 265
Rotifera/rotiferler, 313
rRNA, 26
rubella, 253

S-A düğümü, 194, 243
sabit hava, 108
safra kesesi, 148
safra, 148
sağ atriyum, 223, 225, 226, 243
sağ ventrikül, 225
sakrum, 190
salgı bezi hücreleri, 174, 175, 181
salgı bezleri, 147, 318
salyangoz, 314, 315
sap, 152, 289, 295
saprofitler, 276
sarı-kahverengi algler, 273
sarı-yeşil algler, 273
Sarkodina, 272
sarkomer, 196
Saussure, Nicolas Theodore de, 108
savaş veya kaç cevabı, 150
Schleiden, Matthias, 13
Schwann hücresi, 172, 173
Schwann, Theodor, 14
Scyphozoa, 310
sefalizasyon, 310, 315
Sekonder oosit, 72
sekretin, 148
selüloz fibriller, 22
selüloz, 22, 120, 264, 273, 276, 285, 288
semen, 78, 79
semenderler, 322
seminal veziküller, 78
seminfer tüpçükleri, 71, 77, 155
sempatik sistem, 181
Senebier, Jean, 107–8
Senozoik dönem, 298
sentriyoller, 35–36, 53, 57, 272
sentromerler, 54–55, 59, 60
sepaller, 298
septa, 314
  hifliler, 276, 278
serbest radikaller, 113–15
serbest yaşayan solucanlar, 311
serbestleştirici faktör, 154
serebellum, 167, 168
serebral korteks, 169
serebrum, 167, 326
serotonin, 175
serum, 236
servikal omurlar, 190
serviks, 80, 81
sesil erişkinler, süngerler, 308
sfigmomanometre, 243
Sfinkter kas, 80
sıcak kanlı, 324, 326
sıcaklık, 129–30, 276
  enzim aktivitesi, 91
  vücut, 167, 324
sıkrapi, 255
sıkrotum, 77, 155
sifiliz, 265
sikadlar, 293, 294
Sikadofita, 294–95
silika, 308
siller, 34–35, 36, 81, 132, 310, 311, 313
silli, 308, 314
Silüryen dönemi, 291
simbiyont, 264
simbiyosis, 30, 210, 276, 277, 281
simbiyotik bakteriler, 272
sinaps, 167, 169, 175–78
sinapsis, 59
sincap, 326
sindirim boşluğu, 311
sindirim, 133, 136, 147, 148, 181
sinir ağı, 170–71, 309, 310
sinir dokusu, 235

sinir gazı, 175
sinir hücresi, 173
sinir kordonları, 165, 311
sinir sistemi, 170–81, 194, 315
sinirler, 171
sinirsel impuls, 174
sinirsel uyarı, 173–75
Sinoatriyal nod, 194, 243
sinsitya, 57–58
sinsityum, 58
sistemik dolaşım sistemi, 226
sistolik basınç, 243–44
sitokinez, 53, 57, 276
sitokininler, 145
sitokrom sistemi, 98–100
sitokromlar, 98
sitologlar, 11
sitoplazma, 15–16, 20, 24, 28, 53, 57, 73, 94, 97, 206, 209, 278
sitoplazmik akış/akım, 33, 206, 212
Siyah taçlı gece balıkçılı, 325
siyanobakteri, 24, 52, 112, 262, 263, 265, 283
skapula, 190, 192
skoleks, 311
sodyum iyonları, 174, 175
sodyum klorid, 242
sodyum, 242
sodyum-potasyum pompası, 175
soğuk algınlığı, 251
soğuk algınlığı virüsleri, 253
sol hâli, 15
Sol karıncık, 225, 226
Sol kulakçık, 224, 225, 226
solucanlar, 70, 132–33, 312, 315
solungaç yarıkları, 320, 321
solungaçlar, 137, 138, 221
  yumuşakçaların, 316
solunum sistemi, böceklerin, 221
solunum, 117, 221
  aerobik, 98
  anaerobik, 91, 94, 95, 195
  ayrıca bk. hücresel solunum
  yağların ve proteinlerin, 100–101
solüsyon, hücre içi, 15
somatik sinir sistemi, 179–81, 194
somatotrofik hormon, 153
sölom, 311, 313, 314
sönositik hifler, 276, 277
sönositik, 194, 275
sönositler, 57–58
sperm hücreleri, 59, 71, 73, 81, 292, 295
sperm kamçısı, 34, 73
sperm kanalı, 78
sperm, 58, 77, 81, 154, 155, 290, 291, 296, 297, 323
spermatidler, 71
spermatogenez, 71, 73, 77, 155
spermatozoa, 71
Spermopsida, 293
Sphenophyta, 291–92
spiküller, 308
spinal kord, 166, 167
  beyaz madde, 172–73
  çapraz kesit, 179
  gri madde, 167
spinal sinirler, 173
spirakıllar, 318
spiral ikincil hücre duvarı, 209, 211
spirilla, 265
Spirogyra, 109
spiroketler, 265
spongosel, 308
spor oluşturanlar, 272
sporangia, 288, 289, 290, 291, 292, 296, 299
sporlar, 69, 73, 76, 260, 263–64, 272, 276, 278, 281, 290, 292, 297
sporofiller, 291, 292, 296
sporofit oluşumu, 288, 290
sporofit, 289, 291, 292, 294
sporofitik embriyo, 297
sporokarplar, 276, 277, 278, 279, 281
Sporozoa, 272
Squamata, 324
stamenler, 298, 299
stamenli kozalaklar, 294
statositler, 309, 310
sterilite, 156
sternum, 190
steroitler, 16, 147–48, 150, 155–56
steryomikroskop, 11
STH, 153
stigma, 299
stil, 299
strobila, 291
stroma, 30, 111, 112, 116
su dengesi, 132, 136–38, 150, 167, 315, 318
su kalıpları, 273, 277
su pireleri, 318
su vasküler sistemi, 319
subviral infeksiyon ajanları, 255
suçiçeği, 253
summasyon, 195
susuzlık, 167
sükroz, 120, 208
sülfat, 242, 266
sülfür iyonları, 211
sülfür, 259, 266
sülükler, 315
  sinir hücreleri, 170
süngerler, 170, 307–8
sürgün uçları, bitkilerde, 144
Sürüngen çağı, 322
sütürler, 191

şeker, floeme doğru hareket, 212
Şerit solucanları, 311

T hücreleri, 152, 240
talamus, 167, 169
tallofitler, 274, 288

tallus, 286
tam çiçekler, 298
taraklı denizanası, 310
taraklılar, 310, 312
taramalı elektron mikroskobu (SEM), 13
taramalı tünelleme mikroskobu, 13
tarsallar, 190
taşemen, 321
taşıyıcı moleküller, 19
Tek hücreli organizmalar, 1, 13, 110, 129, 272, 273, 275, 307, 314
Transport sistemler, 206
telofaz I, 60
telofaz II, 60
telofaz, 57
tendonlar, 191
tentaküller, 309, 310, 314
tenyalar, 310, 311–12
boşaltım sistemi, 132
ter bezleri, 147, 229
hücre yüzeyi, 23
terleme teorisi, 211
terleme, 211
Termitler, 264
Tersiyer dönemi, 295
tespih böcekleri, 318
testisler, 65, 71, 77, 85, 87, 154, 155–56
testosterone, 155
tetanoz, 195, 265
tetratlar, 59
Thermoasidofiller, 265
thilakoidler, 111, 112
thrombin, 241–42
tibia, 190
tilakoid membrane, 111, 115, 116–17
timosin, 157
timsahlar, 324
timus bezi, 149, 152, 239
timus, 147, 229
tiroid, 147, 151
tirokalsitonin, 151
tiroksin, 151
tirotropik hormon, 154
tohumlar, 144, 290, 294, 297
tohumlu bitkiler, 286
toksinler, 267
tomurcuklanma, 58, 69, 70
maya hücrelerinin aşamaları, 278
tomurcuklar, 144–45, 146
tonoplast, 30
toplama kanalı, 134
topuz, 278
torasik vertebra, 191
TPN, 116
trakeal system, 234
trakeler, 209
Trakeofita, 286
trakeofitler, 290–94
tranquilizers, 175
transdüksiyon, 58, 263
transformasyon, 58, 263
transmisyon elektron mikroskobu (TEM), 12
Trematoda, 311
trifosfopiridin nükleotid (TPN), 116
triiodotironin, 151
Trikarboksilik asit, 99. *ayrıca bk.* Krebs cycle
triküspit kapak, 225
triploid nukleus, 299
Triyas dönemi, 294, 324
tRNA, 265
tromboplastinler, 241–42
trombositler, 236, 240, 241–42
tropisms, 144
true stems, 286, 290, 291, 292
Tuatara, 324
tubular boşaltım sistemi, 311
tunikatlar, 320
turgor, 24, 212
tüy, 326
tuz dengesi, 129, 136–38, 150, 316, 318
tuzlu su, 129
tüy yıldızları, 319
tüyler, 324, 326
Tyndall, John, 2

uçuk, 253
ulna, 190
ureter, 134
uretra, 78, 79, 134
urik asit kristalleri, 133, 138
urik asit, 136, 138, 236
uriner meatus, 88
Urochordata, 320
uterine döngüsü, 82
uterus, 78, 79, 80, 81, 83, 154, 155
uyaran, 165, 174
uydu virüsleri, 255
uzay araçları, 6–7
uzun gün bitkileri, 146

üç başlı kas, 193
üre, 136, 137, 236
üreme davranışı, 167
üreme organları, 76–83
dişi, 78–81, 286, 287, 311
erkek, 77–78, 155, 287, 311
üreme, 69–83, 286, 316
aseksüel, 69–71, 278, 289, 316
ayrıca bk. hücresel üreme
döl almaşı, 73–76, 288
eşeyli, 71–73, 308
insan, 76–83
Monera, 263
vejetatif, 69, 276

vajina, 73, 79, 80, 81, 83
vakuoller, 24, 28, 30–32, 109, 132, 272
valves, kalp, 219
vasküler doku, 130, 207, 209, 287, 288, 289, 290
vasküler bitkiler, 143, 206–10, 286, 290–94
vasküler kambium, 207, 209, 292, 299, 300
vasküler, 207

vazopressin, 154
vejetatif üreme, 69, 276
ventriküler kasılma, 194
venüller, 223, 226
viral DNA, 252
viral kapsid, 252
virinolar, 255
virojenler, 255
viroidler, 255
virüsler, 251–54, 264
  altvirüsler, 251, 255
  bakteriye bağlananlar, 263
virüsoidler, 255
visseral kaslar, 193
visseral fonksiyonlar, 167
vital kuvvet, 2
vitalist doktrin, 2
vulva, 78, 79
vücut sıcaklığı, 167, 324

Watson, James, 6
Weiss, A., 4

X-ışını kontaktı mikroskopisi, 13
X-ray kristallografi, 252

yağ asitleri, 100
yağ bezleri, 147
yağ damlacıkları, 28
yağ sindirimi, 148
yağlar, 100, 112, 120, 148, 236
  solunum, 100–101
yağlar, 16, 19, 112
yaka kemikleri, 190
yakalı hücreler, 308
yalancı mantarlar, 279
yapraklar, 107, 145–46, 207, 208, 211–12, 286, 289, 291, 292, 294, 295, 299
  fotosentez, 120–21
yaratılışçılar, 1–2
yarıgeçirgen zar, 18–19, 210
yassı kurtlar, 310, 311
  boşaltım sistemi, 132
yassı solucanlar, 310, 311
  boşaltım sistemi, 133
  yönlendirilmiş hareketi, 171
yaşam. *bk.* Yaşamın başlangıcı
yengeçler, 220, 318
yeşil alg, 110, 281, 285–86, 290
yeşil kurbağa, 323
yılan yıldızı, 319
yılanlar, 324
yoksun çiçekler, 298
yosunlar, 206, 286, 288–89, 291
  hayat döngüsü, 74, 76
yosunlar, 273
yönlendirilmiş hareket, 171
yumurta hücreleri, 59, 288, 292, 295, 296
yumurta, 58, 71, 72, 73, 83, 138, 144, 290, 291, 297, 311–12, 322
yumurtalı kozalaklar, 294
yumurtlama döngüsü, 83, 154
yumurtlama öncesi faz, 155
Yumuşakçalar, 312, 314–15, 319
  açık dolaşım sistemi, 219
  kan, 222
  periferal sinir sistemi, 315
  solungaçlar, 315
yumuşakçalar, ayak, 314
yuvarlak solucanlar, 170, 313
yüksek enerjili bağlar, 118

Z (elektron alıcı), 116, 119
zar. *bk.* Hücre zarı
zekâ, 167
zevk, 167
Zicomicota, 277
zigotlar, 58, 59, 73, 81, 276, 286, 287, 288, 295, 296, 297, 308, 312
Z-line, 196
zona, 253

STEVEN D. GARBER

biyoloji

KENDİ KENDİNE ÖĞRETME KILAVUZU

Çeviri Editörleri: Prof. Dr. Ökkeş Yılmaz - Dr. Öğr. Üyesi Hatayi Zengin

biology

A SELF-TEACHING GUIDE

Virüsler canlı mı? Fotosentez nasıl meydana gelir? Klonlama eşeyli ya da eşeysiz üremenin bir şekli mi? Anton van Leeuwenhoek hangi çalışmaları ile bilinmektedir? *Biyoloji: Kendi Kendine Öğretme Kılavuzu*, İkinci Basımı ile bu soruların ve daha birçok şeyin cevabını keşfedeceksiniz.

Steven D. Garber, yeni gözden geçirilmiş bu basımda, yaşamın kökeni, evrim, hücre biyolojisi, üreme, fizyoloji ve botaniği de içeren bütün önemli biyolojik kavramları ve terimleri açıklıyor. Biyoloji'nin adım adım ve açıkça yapılandırılmış formatı, onu tüm seviyelerdeki öğrenciler için tamamen erişilebilir kılmakta ve yaşam biliminin tüm yönlerinin kolaylıkla anlaşılır olmasını sağlamaktadır.

Bütün "Kendi Kendine Öğretme Kılavuzları" gibi, Biyoloji, kendi alanınızda öğrendiklerinizi kendi hızınıza göre aşamalı biçimde inşa etmenizi sağlar. Sorular ve kendi kendini test etmeler her bölümdeki bilgileri pekiştirmenizi sağlayarak ilerlemenizi veya belirli ilgi alanlarına odaklanmanızı sağlar. Kullanışlı, güncel bilgilerle dolu bu açık ve özlü eser, yaşam biliminde uzmanlaşmak isteyen herkes için değerli bir öğrenme aracı ve referans kaynağıdır.



WILEY

nobel

NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD ŞTİ.
Ankara Büro: Mithatpaşa Cad. No.: 74/4 Kızılay ANKARA
Tel: +90312 418 20 10 Faks: +90312 418 30 20
Rasimpaşa Mah. Rıhtım Cad. Nemlizade Sok. Güleryüz Apt.
No:9 Daire:3 Kadıköy/ İSTANBUL Tel-Faks: +90216 418 20 10
nobel@nobelyayin.com - www.nobelyayin.com

KORSANI DEĞİL BENİ OKU

Okuyucu öneri ve eleştirileri için
okuyucu@nobelyayin.com
facebook.com/nobelyayin
twitter.com/nobelyayin
twitter.com/nobelkitap

ISBN 978-605-7895-60-8

YERLİ ÜRETİM

BİLİME ve EMEĞE EVET! FOTOKOPİ ve KORSANA HAYIR!

www.nobelkitap.com