

Hücre Turu

Prof. Dr. Bektaş TEPE

Genel Biyoloji

Bölüm 6



Hücrenin Hayat İçin Temel Rolü

- *Hücreler, biyolojideki canlı sistemler için neyse, kimyada atom da odur:* en temel yapı birimi.
- Şu anda bile, vücudunda pek çok farklı türde hücre senin için çalışıyor.
- Kas hücrelerinin kasılması sayesinde gözlerin bu satırları takip edebiliyor.
- Yanda, sinir hücrelerinin (turuncu) uzantılarının kas hücreleriyle (kırmızı) temas ettiği görülüyor.





Hücreler ve Sinir Sistemi Arasındaki Etkileşim

- Gözle gördüğün kelimeler, sinir hücreleri aracılığıyla beynine sinyaller olarak iletilir.
- Bu sinyaller, beyindeki diğer sinir hücrelerine aktarılır ve böylece algı oluşur.
- Ders çalışırken, hücrelerin arasında yeni bağlantılar kurulur ve bu bağlantılar öğrenmeyi mümkün kılar.
- Hafıza oluşumu ve öğrenme, sinir hücreleri arasındaki bu etkileşimle gerçekleşir.





Tüm Canlılar Hücrelerden Oluşur

- Tüm organizmalar hücrelerden meydana gelir; yaşamın yapı taşı hücredir.
- Biyolojik organizasyonun hiyerarşisinde hücre, canlı kabul edilen en basit yapıdır.
- Bazı canlılar, örneğin göl suyunda yaşayan bir ökaryot olan *Paramecium* gibi, tek hücrelidir.
- Bitkiler ve hayvanlar gibi daha büyük organizmalar ise çok hücrelidir ve birçok özelleşmiş hücrenin bir araya gelmesiyle oluşur.





Hücreler, Karmaşık Yapıların Temelidir

- Çok hücreli canlılarda, hücreler tek başlarına uzun süre hayatta kalamaz; birbirlerine bağımlıdırlar.
- Bu hücreler, dokular ve organlar gibi daha üst düzey organizasyonlara katılsalar bile, yapısal ve işlevsel olarak temel birim yine hücredir.
- Hücre, organizmanın en küçük bağımsız işlev gören birimi olmaya devam eder.
- Yaşamın karmaşık organizasyonları bile, hücre temelli yapıların düzenlenmesiyle oluşur.





Hücrelerin Ortak Kökeni ve Farklılaşması

- Tüm hücreler, geçmişte yaşamış hücrelerden türemiştir; ortak bir kökene sahiptirler.
- Dünya üzerindeki yaşamın uzun evrimsel tarihi boyunca hücreler birçok yönden değişime uğramıştır.
- Hücreler birbirlerinden oldukça farklı özellikler taşıyabilir.
- Buna rağmen, tüm hücreler bazı ortak özellikleri paylaşır.



Hücreleri Anlamanın Yolu: Araçlar ve Yöntemler

- Hücrelerin iç yapısını incelemek, çıplak gözle mümkün değildir.
- Bu nedenle, hücre biyologları mikroskop ve biyokimya gibi araç ve teknikler kullanır.
- Hücreyi detaylı bir şekilde anlayabilmek için önce bu araçların nasıl çalıştığını öğrenmek gerekir.
- Bu bölümde, hücreleri nasıl incelediğimizi öğrendikten sonra onların yapısal bileşenlerine dair bir gezintiye çıkacağız.





Mikroskobun Ortaya Çıkışı ve İlk Gözlemler

- Mikroskobun icadı 1590 yılında gerçekleşmiş, 1600'lerde ise daha da geliştirilmiştir.
- Robert Hooke, 1665 yılında meşe ağacı kabuğundaki ölü hücreleri mikroskopla inceleyerek hücre duvarlarını görmüştür.
- Antoni van Leeuwenhoek, mikroskop lenslerini ustalıkla geliştirerek yaşayan hücreleri görmeyi başarmıştır.
- 1674'te Hooke, van Leeuwenhoek'i ziyaret ettiğinde "küçük hayvancıklar" dünyasıyla ilk kez karşılaşmıştır.



İZLE



Işık Mikroskobu Nasıl Çalışır?

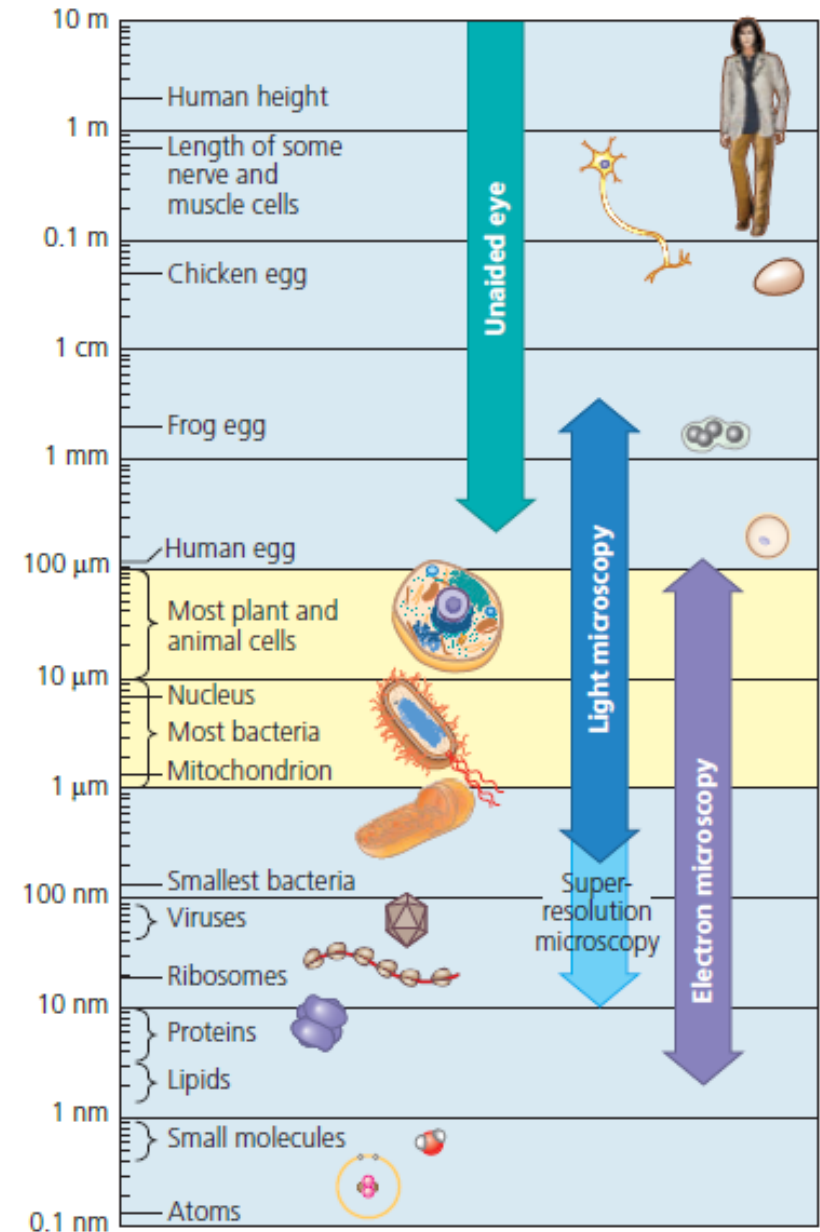
- Işık mikroskopunda, görünür ışık örnekten geçip cam merceklerden kırılarak büyütülmüş görüntü oluşturulur.
- Bu mikroskop türü, genellikle laboratuvarlarda kullanılan ve bilim tarihinde erken dönemlerden beri bilinen bir araçtır.
- Mercekler, ışığı kırarak örneğin gözle görülebilir ya da kamerayla kaydedilebilir biçimde büyütülmesini sağlar.

 Bi Dünya Biyoloji



Mikroskopik Görüntüyü Belirleyen Üç Temel Parametre

- Mikroskopide üç temel parametre büyütme, çözünürlük ve kontrasttır.
- Büyütme, görüntü boyutunun gerçek boyuta oranıdır; ışık mikroskopları yaklaşık 1000 kata kadar büyütme sağlar.
- Çözünürlük, iki noktanın ayrı olarak algılanabileceği en küçük mesafedir (ışık mikroskopunda $\sim 0.2 \mu\text{m}$).
- Kontrast ise görüntüdeki açık-koyu alanlar arasındaki parlaklık farkıdır.



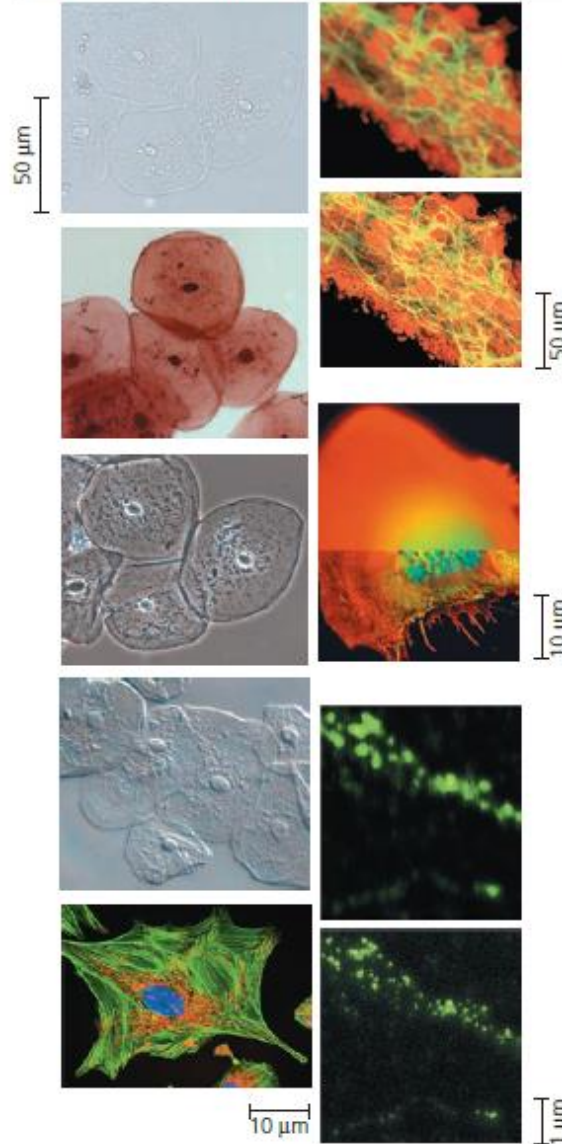
1 centimeter (cm) = 10^{-2} meter (m) = 0.4 inch
 1 millimeter (mm) = 10^{-3} m
 1 micrometer (μm) = 10^{-3} mm = 10^{-6} m
 1 nanometer (nm) = 10^{-3} μm = 10^{-9} m



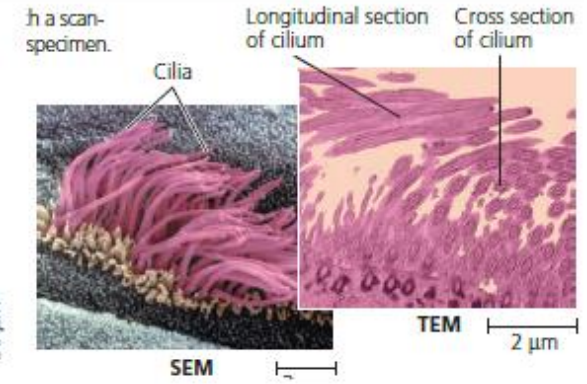
Işık Mikroskopunda Görüntü Kalitesini Artıran Yöntemler

- Kontrastı artırmak için hücre bileşenleri boyanabilir ya da etiketlenebilir.
- Farklı mikroskop türlerinin karşılaştırmalı örnekleri yanda sunulmuştur.
- Bu teknikler, hücresel yapıların daha net ve belirgin görülmesini sağlar.
- Geliştirilen yöntemler, özellikle yaşayan hücrelerin detaylı incelenmesinde oldukça etkilidir.

Light Microscopy (LM)



Electron Microscopy (EM)





Elektron Mikroskopunun Ortaya Çıkışı ve Temel Özellikleri

- 1950'lerde geliştirilen elektron mikroskobu, ışık yerine elektron demeti kullanır.
- Elektronların dalga boyu çok kısa olduğu için çözünürlük büyük ölçüde artmıştır (~2 nm'ye kadar).
- Bu, ışık mikroskobuna göre yaklaşık 100 kat daha yüksek çözünürlük anlamına gelir.
- Elektron mikroskopları sayesinde organeller gibi küçük hücresel yapılar detaylı biçimde görüntülenebilir.

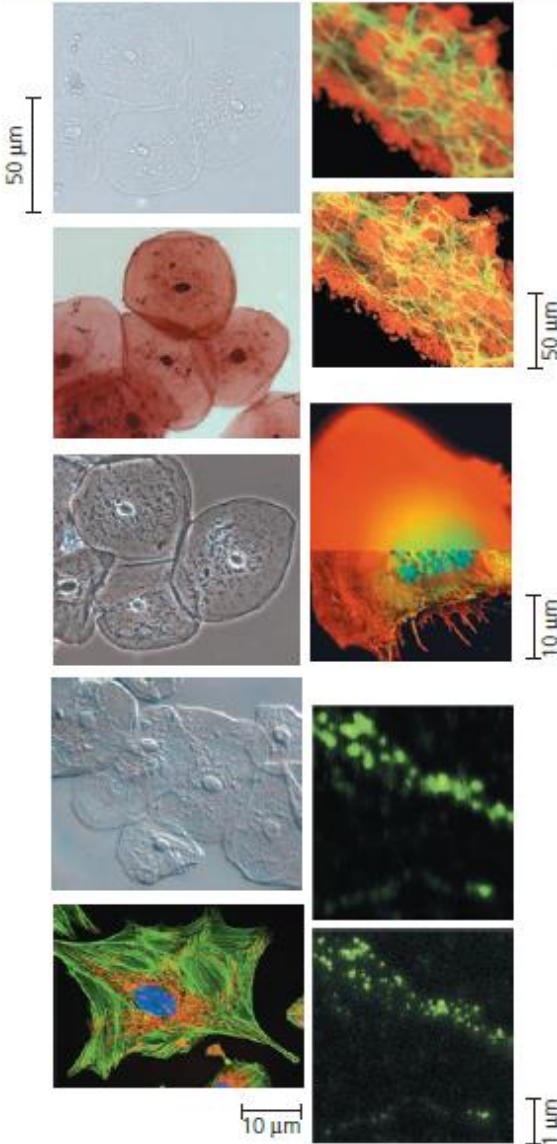




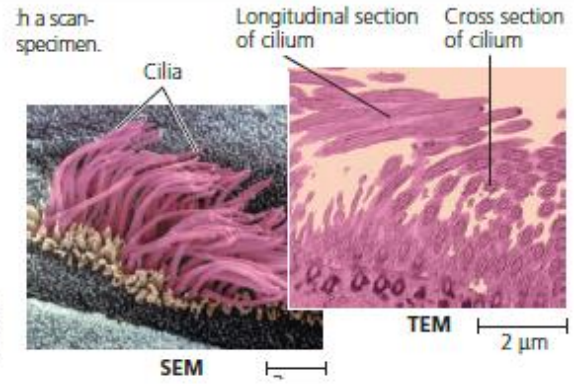
Taramalı ve Geçirimli Elektron Mikroskopları (SEM ve TEM)

- SEM, örneğin yüzeyini tarayarak üç boyutlu bir görüntü elde eder.
- Örnek genellikle ince bir altın tabakasıyla kaplanır ve yüzey elektronları algılanarak görüntü oluşturulur.
- TEM ise hücrenin iç yapısını incelemek için çok ince kesitlerden elektron geçirir.
- Ağır metallere boyanan yapılar, elektron yoğunluğunu artırarak iç yapıların seçilmesini sağlar.

Light Microscopy (LM)



Electron Microscopy (EM)





Elektron Mikroskopunun Avantajları ve Sınırlamaları

- Elektron mikroskobu, ışık mikroskopunun göremediği birçok alt hücresel yapıyı ortaya koymuştur.
- Ancak hazırlık süreci hücreyi öldürdüğü için canlı hücre çalışmaları yapılamaz.
- Mikrograflarda görülen bazı yapılar, hazırlık sürecinde oluşmuş yapaylıklar (artefaktlar) olabilir.
- Bu nedenle, görüntülerin biyolojik gerçekliği dikkatle değerlendirilmelidir.

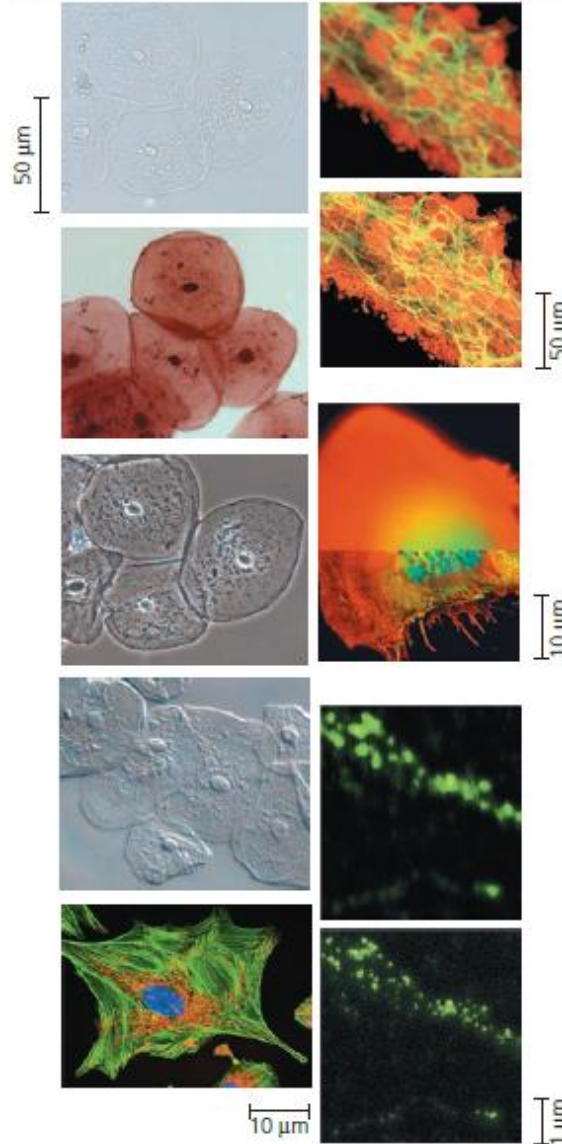




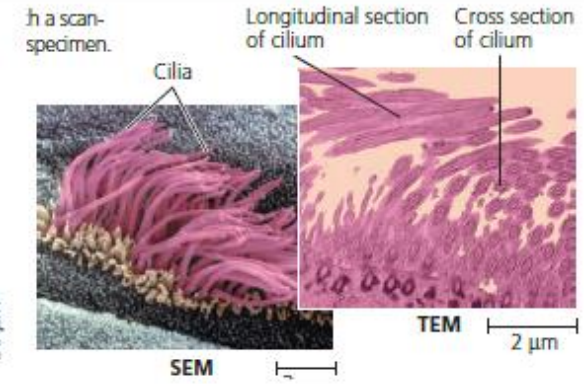
Gelişmiş Işık Mikroskobu Teknikleri

- Son yıllarda ışık mikroskopisinde yaşanan teknik ilerlemeler dikkat çekicidir.
- Floresan boyalarla etiketlenen hücre yapıları artık çok daha net görülebilmektedir.
- Konfokal ve dekonvolüsyon mikroskopisi ile üç boyutlu hücre dokuları daha keskin görüntülenir.
- Süper çözünürlüklü mikroskopi, 10–20 nm boyutundaki yapıları bile seçebilmeyi mümkün kılmıştır.

Light Microscopy (LM)



Electron Microscopy (EM)





Sitoloji ve Mikroskopi Arasındaki İlişki

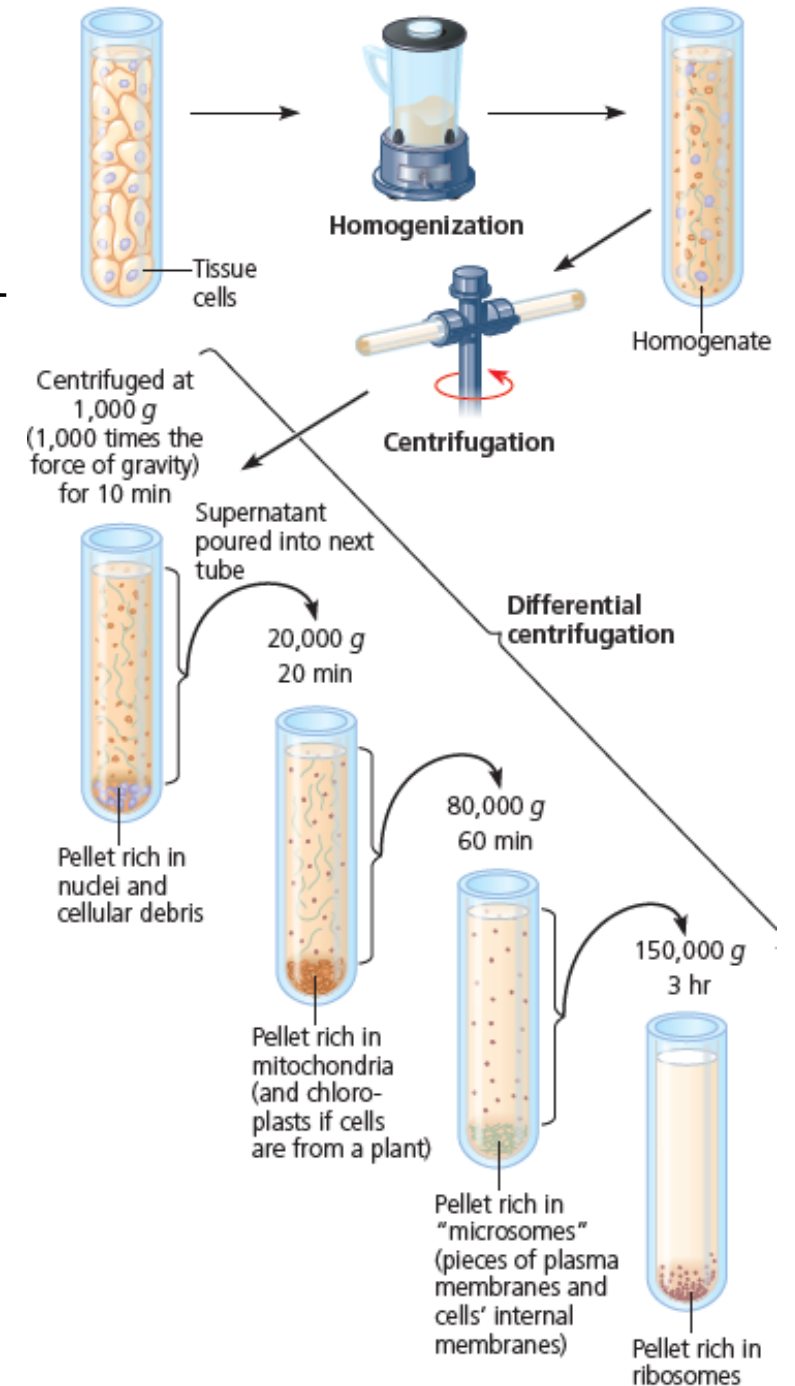
- Mikroskoplar, hücre yapısını inceleyen bilim dalı olan sitolojinin en önemli araçlarıdır.
- Ancak, hücresel işlevleri anlamak için sitoloji ile biyokimyanın birlikte değerlendirilmesi gerekir.
- Biyokimya, hücre metabolizması gibi kimyasal süreçleri inceleyerek yapının işleve dönüşümünü açıklar.
- Hücre fonksiyonları, yapı ile doğrudan bağlantılı olarak bu iki disiplinin entegrasyonu ile anlaşılır.





Hücre Fraksiyonlama: Hücre Bileşenlerini Ayırma Yöntemi

- Hücre fraksiyonlama, hücreyi parçalayarak farklı bileşenlerini ayırmaya yarayan bir tekniktir.
- Bu işlemde kullanılan santrifüj, farklı hızlarda dönerek bileşenleri büyüklüklerine göre çöktürür.
- Düşük hızlarda büyük parçalar, yüksek hızlarda ise daha küçük yapılar çökeltilir.
- Bu sayede, belirli hücre bileşenleri yalıtılarak işlevsel olarak incelenebilir.





Hücre Fraksiyonlamanın Biyolojiye Katkısı

- Fraksiyonlanan hücre bileşenleri üzerinde biyokimyasal testler yapılabilir.
- Örneğin, mitokondri fraksiyonlarında solunum enzimleri tespit edilmiştir.
- Elektron mikroskopuyla da mitokondri yoğunluğu gözlenmiş ve fonksiyonla ilişkisi kurulmuştur.
- Bu yöntem, hücresel yapılarla işlevleri arasında güçlü bir bağ kurma olanağı sağlamıştır.





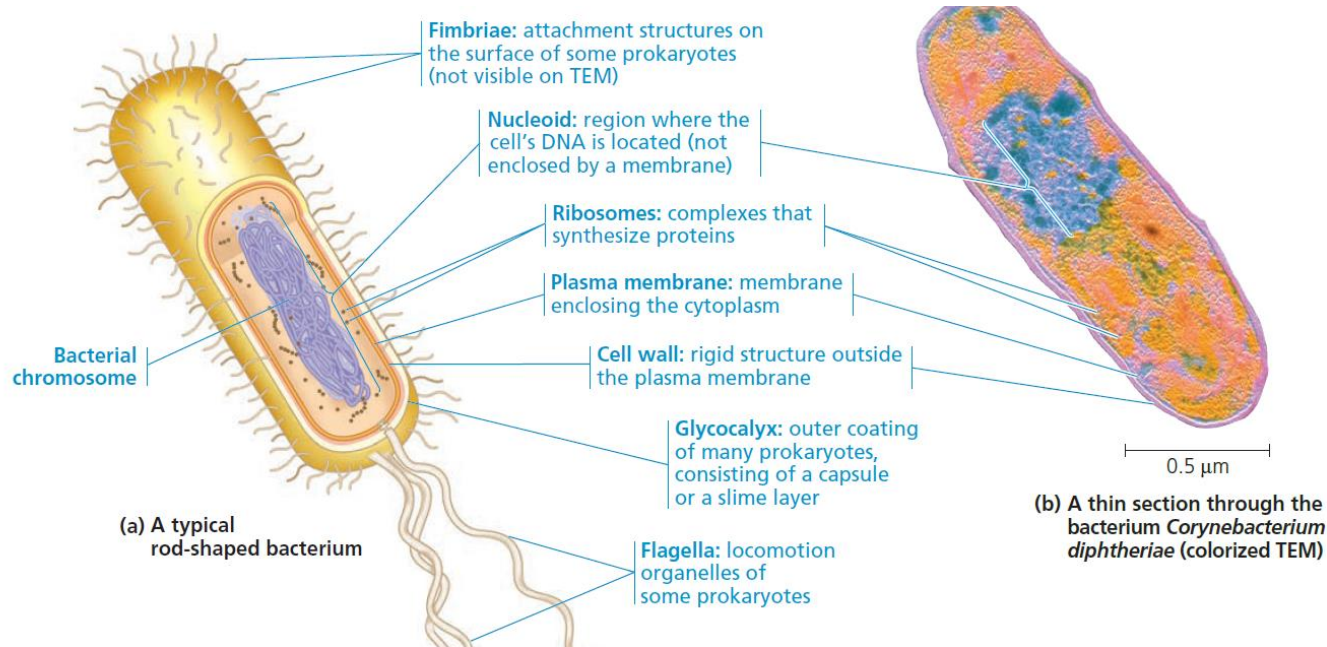
Hücre Tipleri ve Temel Özellikler

- Tüm organizmalar, temel yapı ve işlev birimi olan hücrelerden oluşur ve bu hücreler prokaryot ya da ökaryot olabilir.
- Bakteri ve Arkea gibi canlılar prokaryot hücre yapısına sahipken, protistler, mantarlar, hayvanlar ve bitkiler ökaryot hücrelerden oluşur.
- “Protist” terimi, çoğunluğu tek hücreli olan ve çeşitli yapılar gösteren ökaryot canlıları ifade eden genel bir ifadedir.
- Tüm hücrelerde plazma zarı, sitozol, DNA taşıyan kromozomlar ve protein sentezleyen ribozomlar bulunur.



Prokaryot ve Ökaryot Hücreler Arasındaki Temel Farklılık

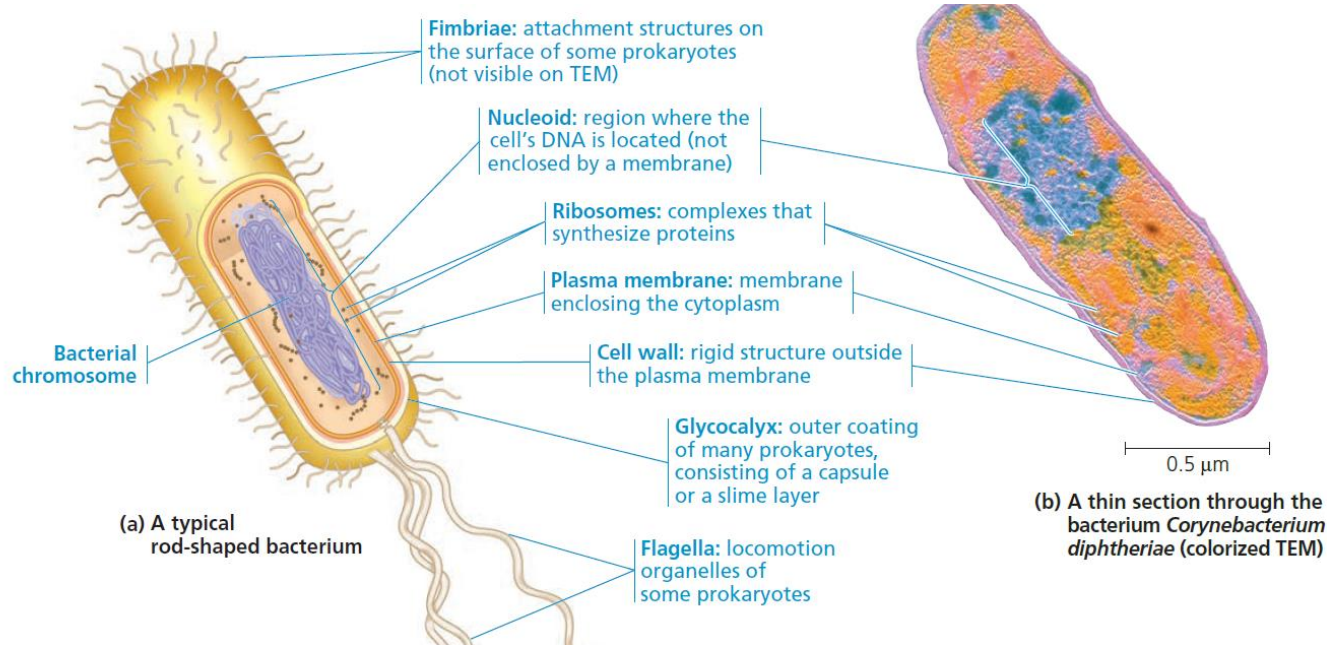
- **Önemli bir fark, DNA'nın konumudur:** Ökaryot hücrelerde DNA, çift zarla çevrili çekirdek içinde bulunur.
- Prokaryot hücrelerde ise DNA, zarla çevrili olmayan ve “nükleoid” adı verilen bir bölgede yer alır.





Prokaryot ve Ökaryot Hücreler Arasındaki Temel Farklılık

- “Ökaryot” kelimesi “gerçek çekirdek”, “prokaryot” ise “çekirdekten önce” anlamına gelir.
- Bu isimlendirme, prokaryotların evrimsel olarak daha erken ortaya çıktığını yansıtır.





Sitoplazma ve Organellerin Varlığı

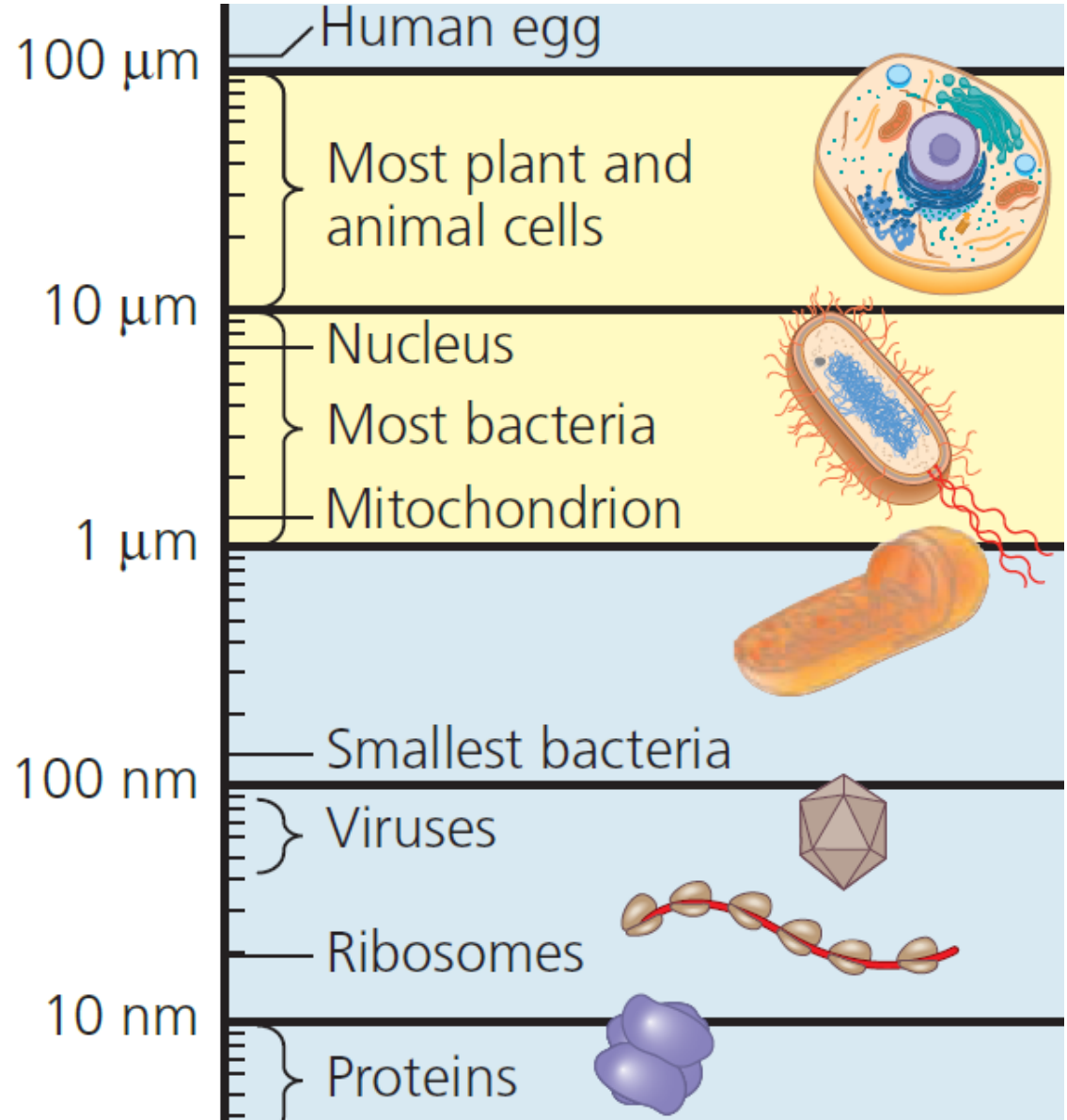
- Her iki hücre tipinde de iç kısım “sitoplazma” olarak adlandırılır, ancak ökaryotlarda bu terim sadece çekirdek ile plazma zarı arasını ifade eder.
- Ökaryot hücrelerde, sitozol içinde yer alan zarla çevrili birçok özel görevli organel bulunur.
- Prokaryot hücrelerde bu tür zarla çevrili yapılar genellikle bulunmaz.
- Yine de bazı prokaryotlarda, belirli tepkimelerin gerçekleştiği proteinlerle çevrili özel bölgeler yer alabilir.





Hücre Boyutu ve Fonksiyonel Sınırlar

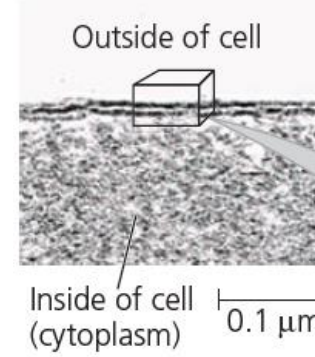
- Ökaryot hücreler genellikle prokaryotlardan çok daha büyüktür.
- En küçük hücreler, çapı $0.1-1.0 \mu\text{m}$ olan mikoplazmalardır ve yaşamsal faaliyetleri sürdürebilecek donanımına sahiptir.
- Tipik bakteriler $1-5 \mu\text{m}$ çapındayken, ökaryot hücreler genellikle $10-100 \mu\text{m}$ arasında değişen büyüklüktedir.
- Hücre metabolizmasını sürdürebilmek için, hücrenin boyutunda alt ve üst sınırlar vardır.



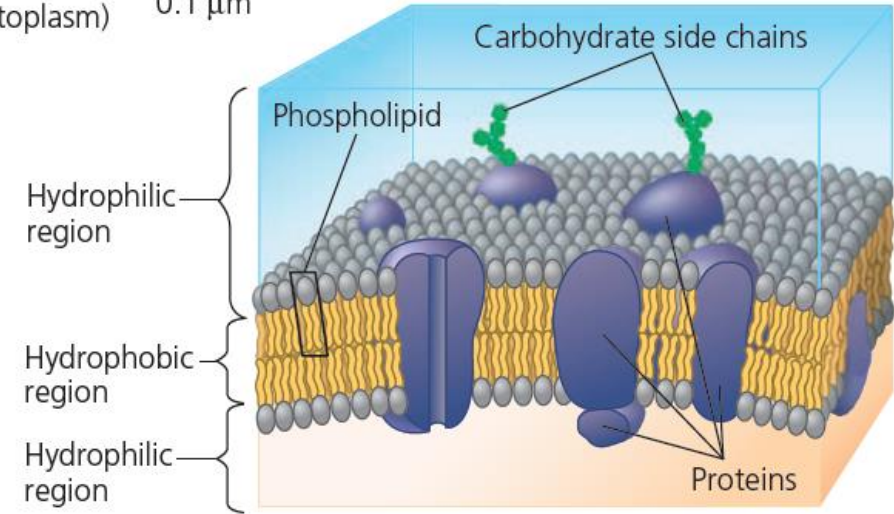


Yüzey Alanı-Hacim Oranı ve Hücre Şekli

- Plazma zarı, hücrenin ihtiyaç duyduğu oksijen, besin ve atık maddelerin alışverişini sağlar.
- Hücre büyüdükçe, hacim yüzey alanından daha hızlı artar; bu da madde alışverişi için sorun oluşturabilir.
- Küçük hücreler, daha yüksek yüzey alanı/hacim oranına sahip oldukları için daha verimli çalışır.
- Bu nedenle hücreler genellikle mikroskobik boyuttadır ve bazıları, örneğin sinir hücreleri, madde alışverişini artırmak için uzun ve ince şekiller kazanır.



(a) TEM of a plasma membrane. The plasma membrane, here in a red blood cell, appears as a pair of dark bands separated by a light band.

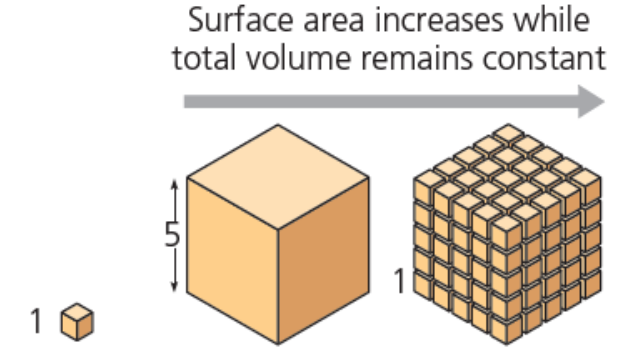


(b) Structure of the plasma membrane



Yüzey Alanını Artırma Stratejileri

- Büyük organizmaların hücreleri küçük olanlardan daha büyük değildir; sadece daha fazla sayıda hücre içerirler.
- Yüzey alanını artırmak için bazı hücreler, örneğin bağırsak hücreleri, mikrovilüs adı verilen ince uzantılar geliştirir.
- Mikrovilüsler, hacimde ciddi bir artış olmadan yüzey alanını büyük ölçüde artırır.
- Bu yapı, çevreyle yoğun madde alışverişi yapan hücrelerde özellikle önemlidir.



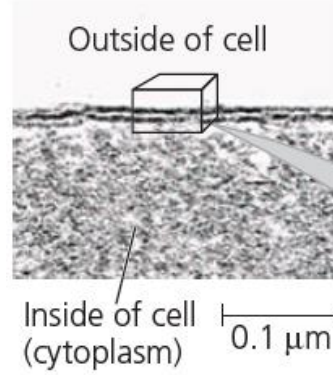
Total surface area [sum of the surface areas (height × width) of all box sides × number of boxes]	6	150	750
Total volume [height × width × length × number of boxes]	1	125	125
Surface-to-volume (S-to-V) ratio [surface area ÷ volume]	6	1.2	6



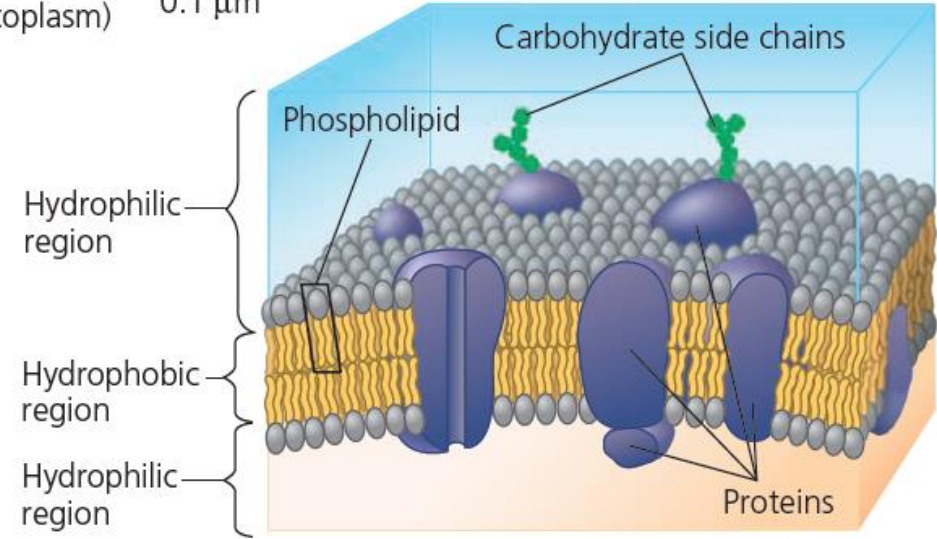


Ökaryot Hücrenin İç Yapısına Genel Bakış

- Ökaryot hücreler, plazma zarına ek olarak, iç organellerle bölünmüş karmaşık bir yapıya sahiptir.
- Bu organeller, farklı metabolik süreçlerin aynı anda gerçekleşmesine imkân tanıyan özgül ortamlar oluşturur.
- Plazma zarı ve organel zarları, hücresel metabolizmaya doğrudan katılır; çünkü birçok enzim doğrudan bu zarlar üzerine yerleşmiştir.
- Hücre zarlarının temel yapısı çift katlı fosfolipit ve çeşitli proteinlerden oluşur.



(a) **TEM of a plasma membrane.** The plasma membrane, here in a red blood cell, appears as a pair of dark bands separated by a light band.



(b) **Structure of the plasma membrane**



İZLE



Zarların Özelleşmiş Yapısı ve İşlevleri

- Her zar tipi, işlevine uygun özgün lipid ve protein bileşimlerine sahiptir.
- Örneğin, mitokondri zarlarındaki enzimler hücre solunumunda görev yapar.
- Zarlar, hücre organizasyonunun temel yapı taşıdır ve bu nedenle ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

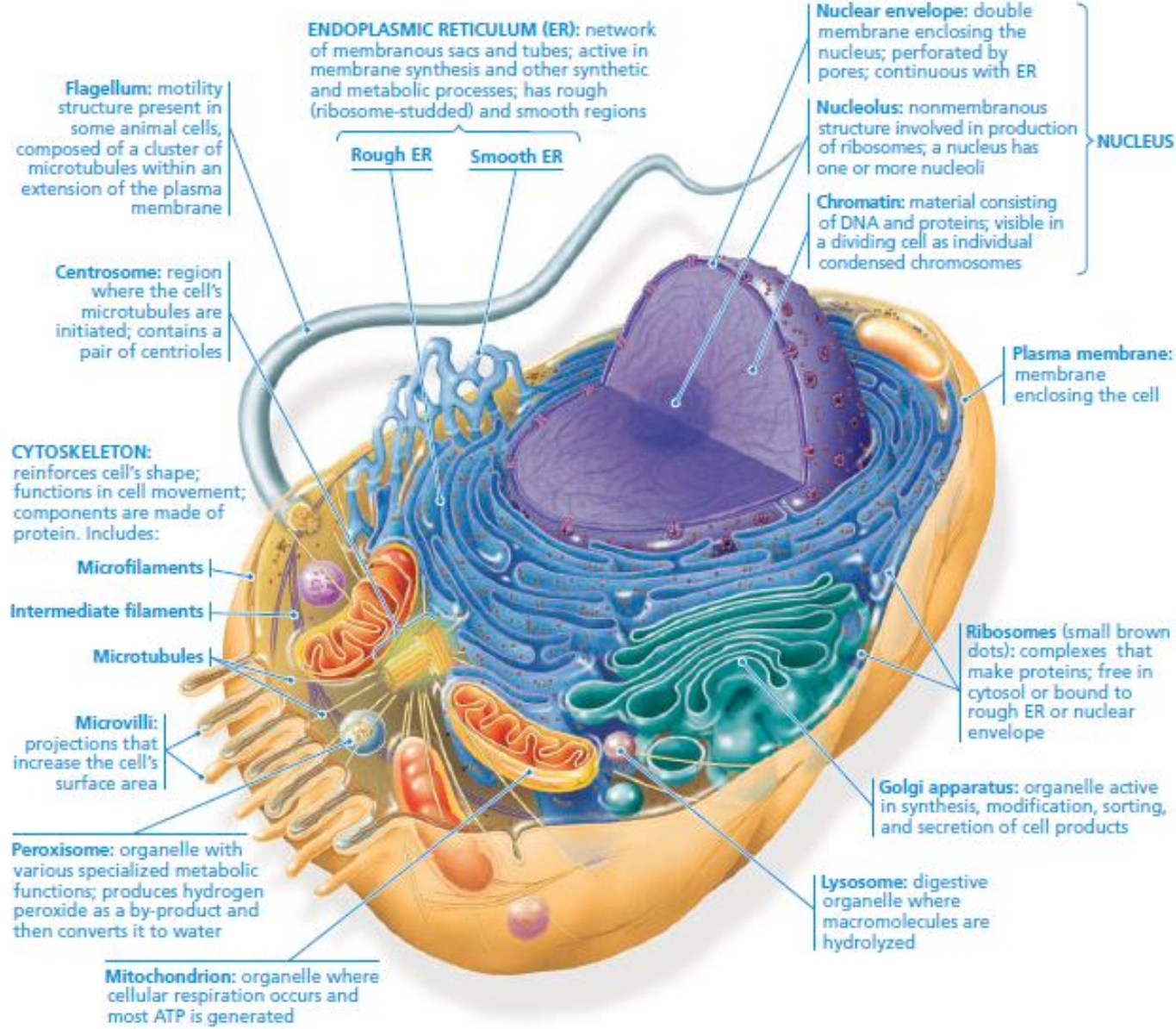
Bi Dünya Biyoloji

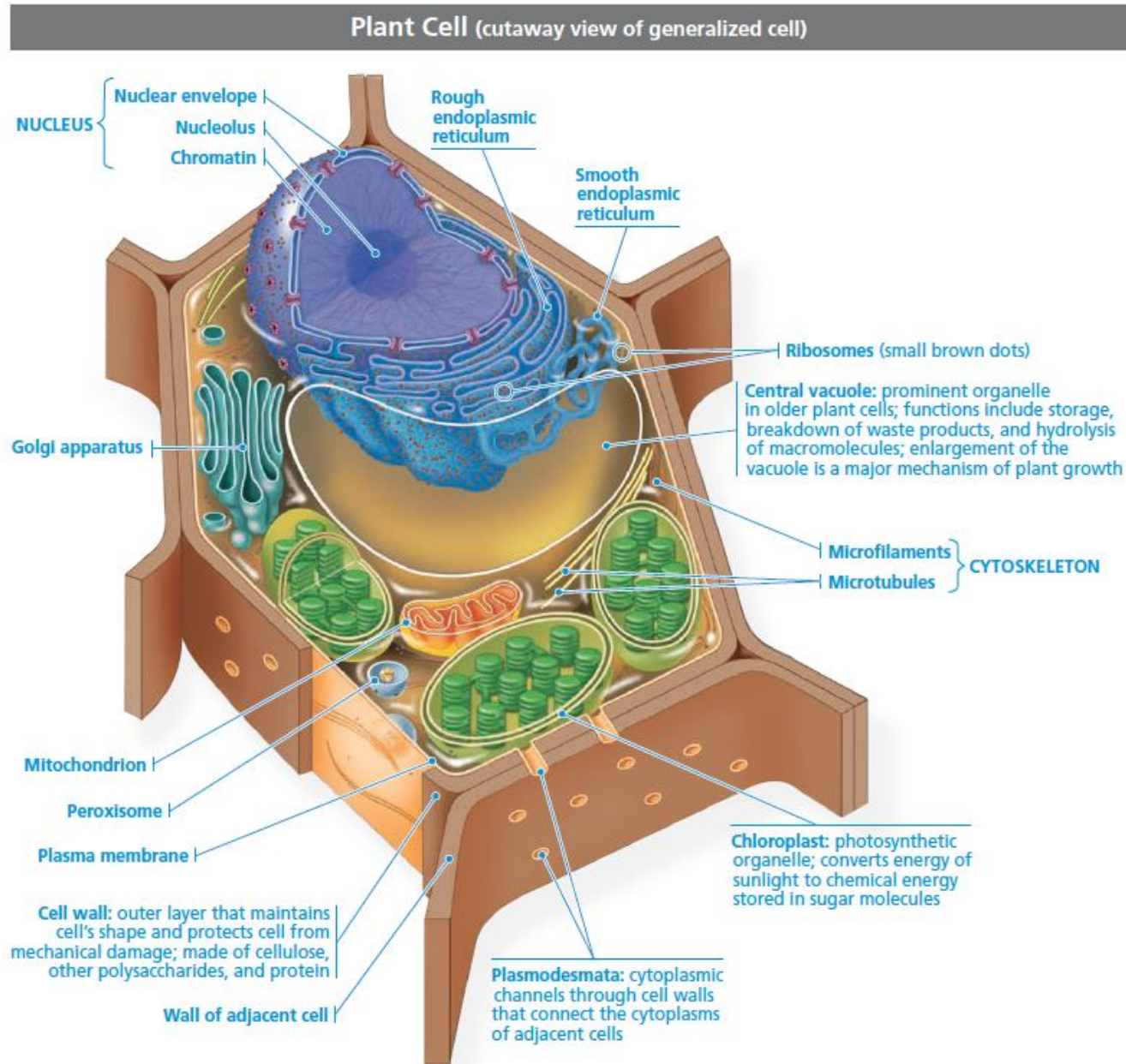


Bektaş Tepe
gezimania_tr



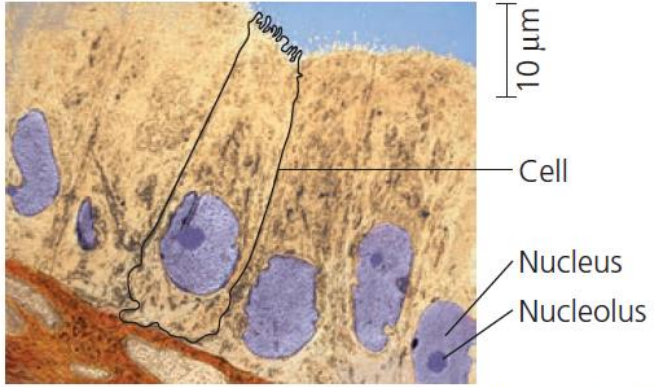
Animal Cell (cutaway view of generalized cell)





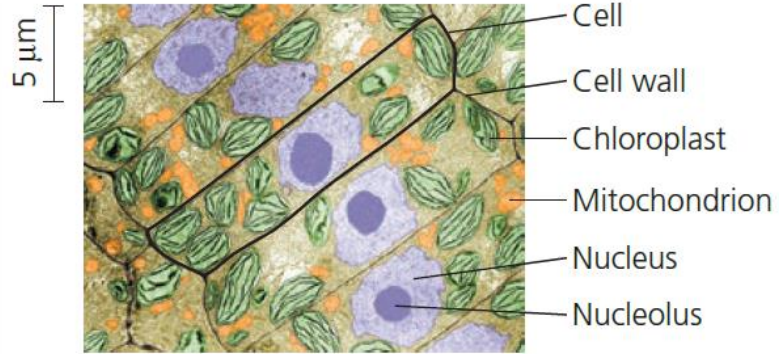


Animal Cells

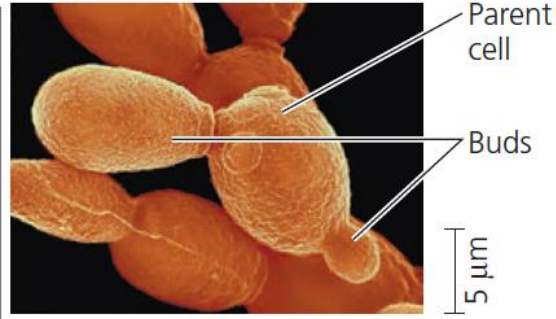


Human cells from lining of uterus (colorized TEM)

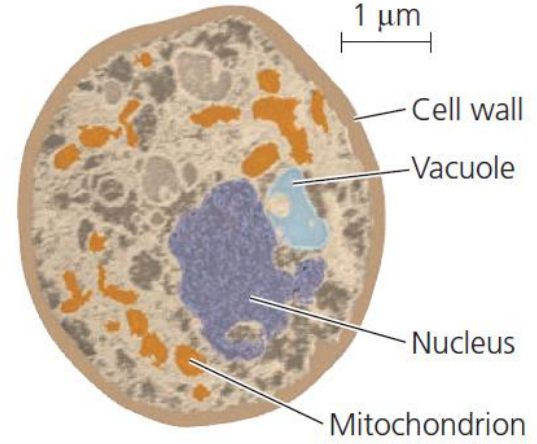
Plant Cells

Cells from duckweed (*Spirodela oligorrhiza*), a floating plant (colorized TEM)

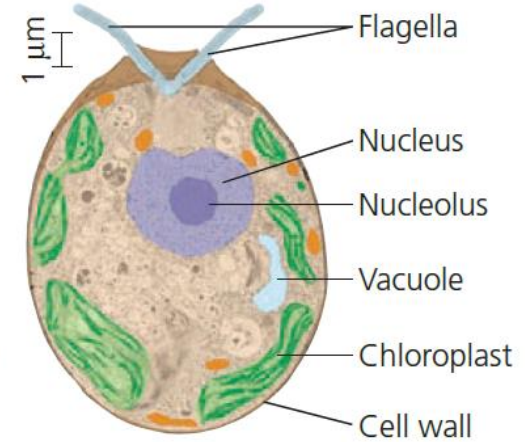
Fungal Cells



Yeast cells: reproducing by budding (above, colorized SEM) and a single cell (right, colorized TEM)



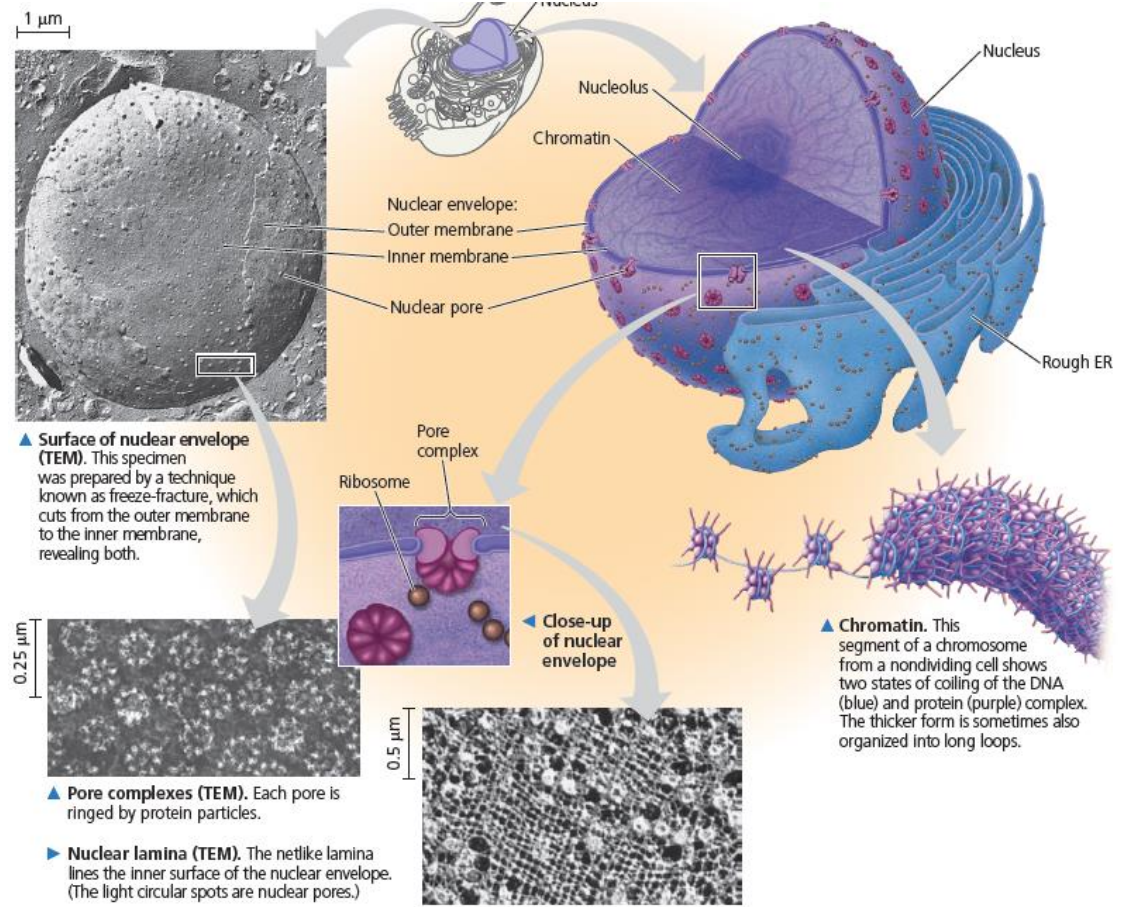
Unicellular Eukaryotes

Unicellular green alga *Chlamydomonas* (above, colorized SEM; right, colorized TEM)



Genetik Kontrolün Merkezi: Çekirdek ve Ribozomlar

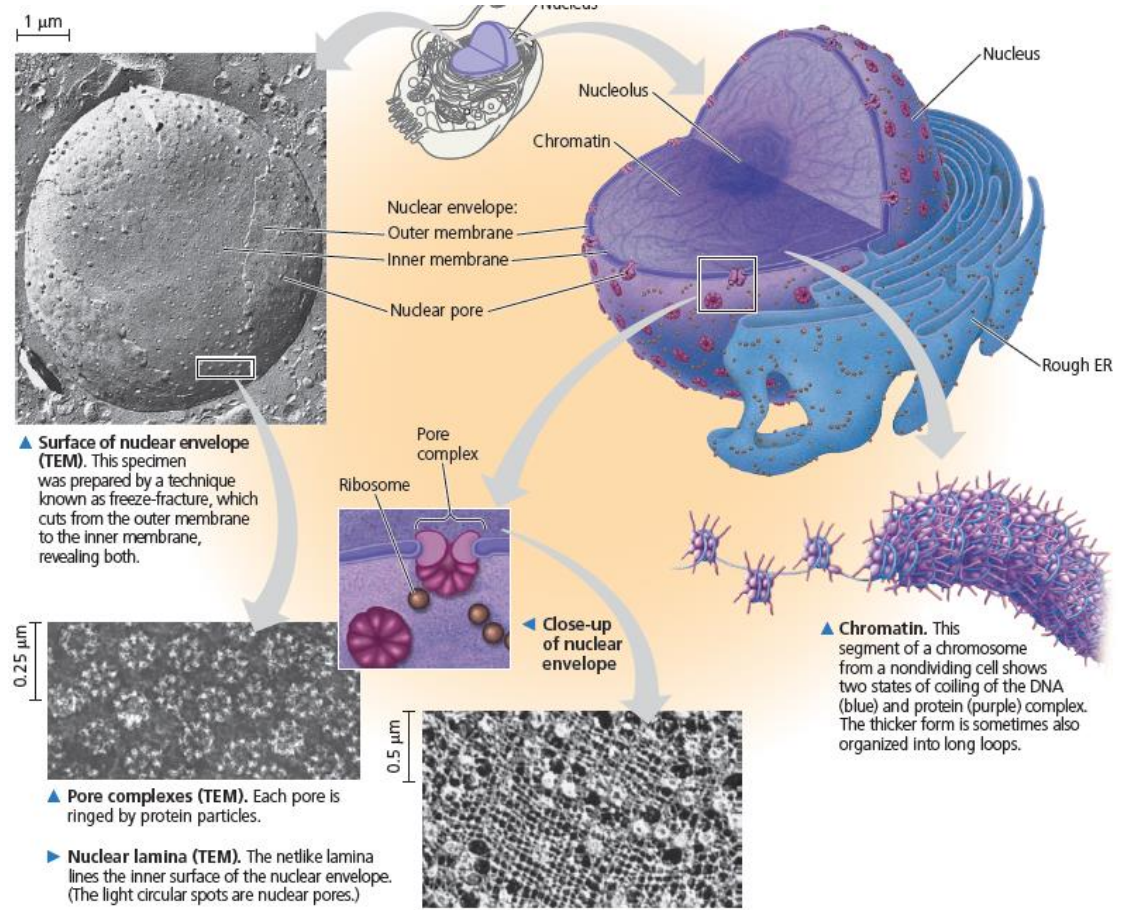
- Genetik bilgiyi taşıyan DNA'nın büyük kısmı çekirdekte yer alır; protein üretimi ise ribozomlar tarafından gerçekleştirilir.
- Bu iki yapı, ökaryot hücrede genetik kontrolün temel bileşenleridir.
- Çekirdek, genellikle en belirgin organeldir ve yaklaşık 5 µm çapındadır.
- Çekirdek zarı, çekirdeği sitoplazmadan ayıran çift katlı bir zar yapısıdır.





Çekirdek Zarının Yapısı ve Görevleri

- Çekirdek zarındaki iki zar tabakası, proteinlerle birlikte yaklaşık 20–40 nm genişliğinde bir boşlukla ayrılır.
- Zarlar üzerindeki gözenek yapıları (pore complex), protein ve RNA gibi makromoleküllerin giriş-çıkışını düzenler.
- Çekirdek tarafı, nükleer laminadan oluşan bir protein ağı ile desteklenir.
- Nükleer matriksin, genetik materyalin organizasyonunda rol oynadığı düşünülmektedir.





Kromatin ve Kromozom Yapısı

- DNA, kromozom adı verilen yapılara organize edilmiştir; her kromozom, uzun bir DNA molekülü ve çeşitli proteinlerden oluşur.
- Bu proteinler, DNA'yı sarmalayarak çekirdeğe sığacak hale getirir.
- DNA-protein kompleksi olan kromatin, hücre bölünmediği zamanlarda mikroskopta dağınık bir kütle gibi görünür.
- Hücre bölünmesine hazırlanırken kromozomlar daha yoğun hale gelir ve mikroskopta ayrı ayrı seçilebilir.





Türlere Göre Kromozom Sayıları ve Nükleolus

- Her ökaryot türün kendine özgü bir kromozom sayısı vardır; örneğin, insan hücresinde 46, sperm ve yumurtada ise 23 kromozom bulunur.
- Meyve sineği hücresinde bu sayı genellikle 8, üreme hücrelerinde ise 4'tür.
- Nükleolus, bölünmeyen çekirdekte yer alan belirgin bir yapıdır ve ribozomal RNA (rRNA) üretiminden sorumludur.
- Ayrıca nükleolusta, sitoplazmadan gelen proteinlerle birlikte ribozom alt birimleri bir araya getirilir.





Ribozomların Oluşumu ve mRNA İle Etkileşimi

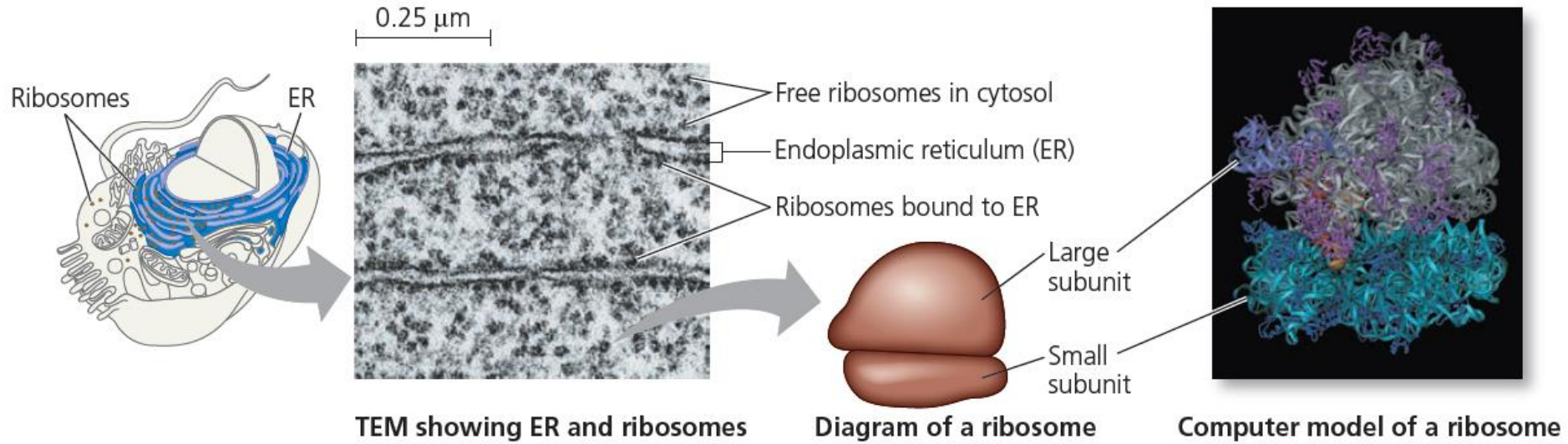
- Ribozom alt birimleri, nükleer gözeneklerden geçerek sitoplazmaya ulaşır ve burada tam ribozom yapısını oluştururlar.
- Çekirdek, DNA'dan aldığı talimatlarla haberci RNA (mRNA) sentezleyerek protein sentezini yönlendirir.
- mRNA, çekirdekten sitoplazmaya taşınır ve burada ribozomlar tarafından polipeptit dizilerine çevrilir.
- Genetik bilginin RNA aracılığıyla proteine dönüştüğü bu süreç, ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.





Ribozomlar: Hücrenin Protein Üretim Merkezleri

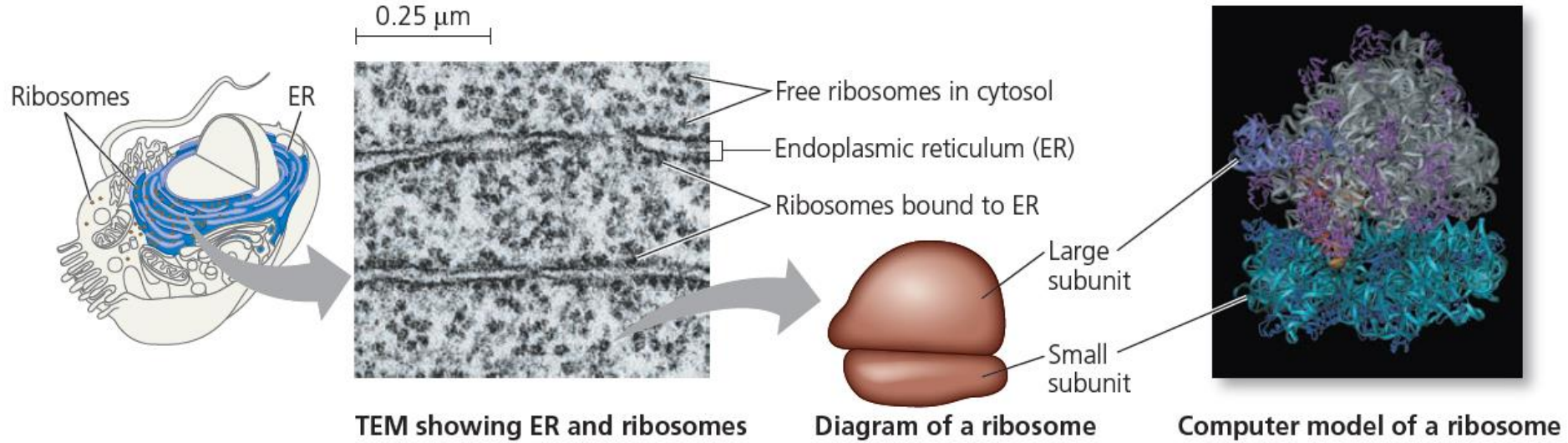
- Ribozomlar, ribozomal RNA ve proteinlerden oluşan kompleks yapılar olup protein sentezinden sorumludur.
- Zarla çevrili olmadıkları için ribozomlar organel olarak sınıflandırılmaz.





Ribozomlar: Hücrenin Protein Üretim Merkezleri

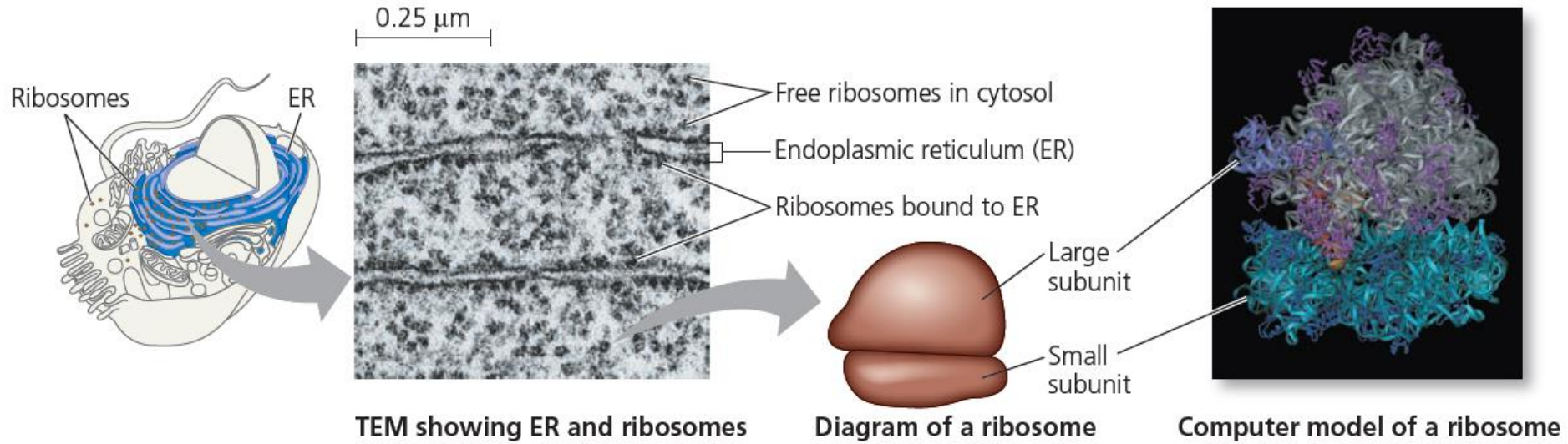
- Protein sentezinin yoğun olduğu hücrelerde ribozom sayısı ve belirgin nükleolus yapıları dikkat çeker.
- Örneğin, sindirim enzimleri üreten pankreas hücrelerinde milyonlarca ribozom bulunur.





Ribozomların Hücre İçindeki Yerleşimi ve İşlevi

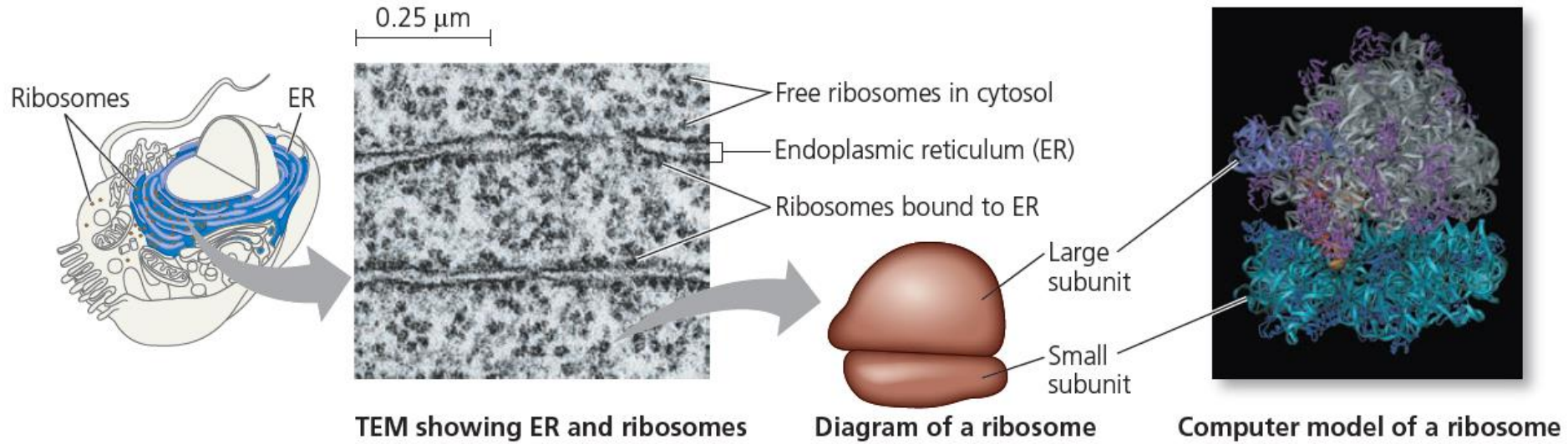
- Ribozomlar sitozolde serbest halde ya da endoplazmik retikulumun dış yüzeyine bağlı olarak bulunabilir.
- Serbest ribozomlar genellikle sitozolde görev yapan proteinleri sentezler.





Ribozomların Hücre İçindeki Yerleşimi ve İşlevi

- Bağlı ribozomlar ise zar yapısına gömülecek, organellerde paketlenecek ya da hücre dışına gönderilecek proteinleri üretir.
- Özellikle salgı proteinleri üreten hücrelerde bağlı ribozomların oranı oldukça yüksektir.





Endomembran Sistemi: Hücre İçi Taşıma ve Metabolizma Ağı

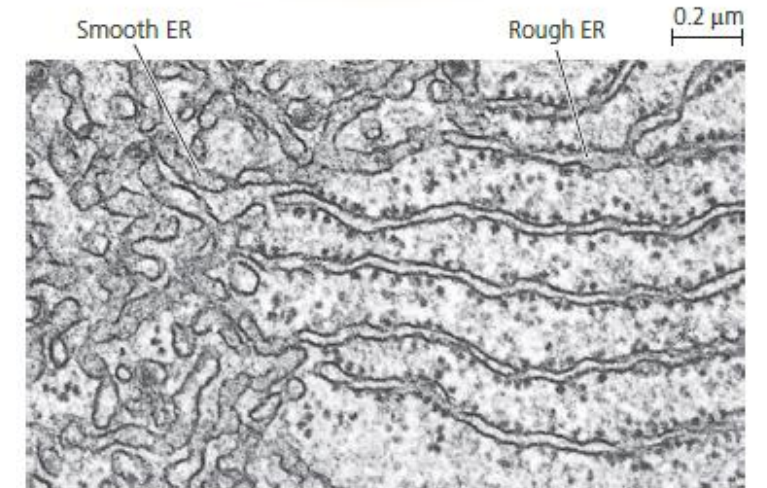
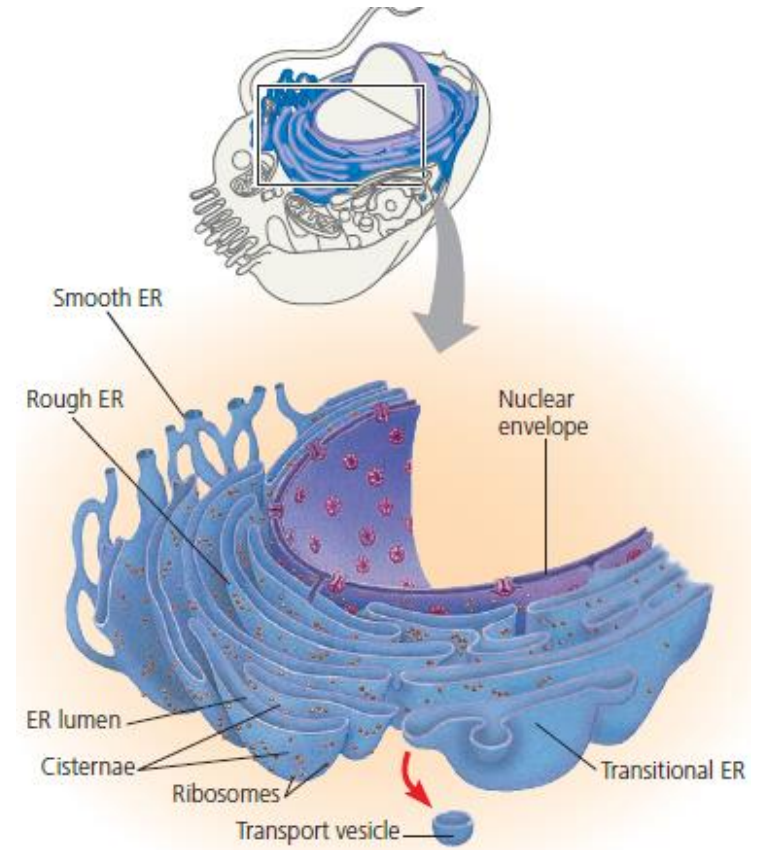
- Endomembran sistemi, ökaryotik hücredeki çeşitli zarla çevrili organelleri kapsar.
- Bu sistem; protein sentezi, protein taşınması, lipid metabolizması ve zehirli maddelerin detoksifikasyonunda görev alır.
- Organeller arası zar bağlantıları doğrudan olabilir veya vezikül transferiyle sağlanabilir.
- Sistem içindeki zarlar yapı ve işlev açısından farklılık gösterebilir; bu yapılar zamanla değişebilir.





Endoplazmik Retikulum: Hücrenin Biyosentetik Fabrikası

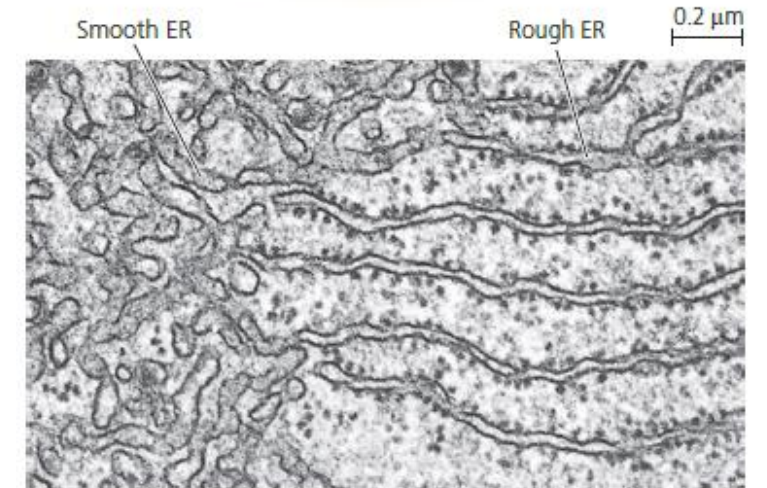
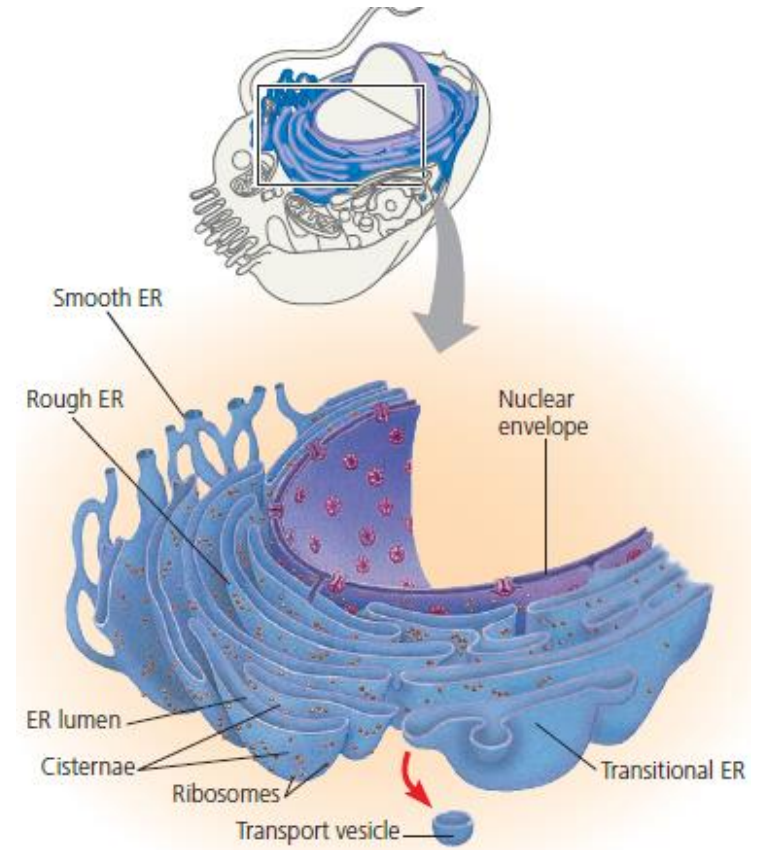
- Endoplazmik retikulum (ER), birçok ökaryotik hücrede toplam zar yapısının yarısından fazlasını oluşturur.
- ER, iç içe geçmiş tübül ve keseciklerden (sisternae) oluşan geniş bir zar ağıdır.
- ER zarı, iç kısmındaki ER lümeni (ya da sisternal boşluk) ile sitozolü birbirinden ayırır.
- ER zarı, çekirdek zarı ile birleşik olduğundan, iki zar arasındaki boşluk ER lümeni ile sürekli.





Düz ve Granüllü ER: Yapı ve İşlev Farklılıkları

- **ER'nin iki temel bölgesi vardır:** ribozomsuz yüzeye sahip olan düz ER ve ribozomlarla kaplı olan granüllü (ya da pürüzlü) ER.
- Düz ER, dış yüzeyinde ribozom bulunmamasıyla ayırt edilir.
- Granüllü ER, elektron mikroskopunda pürüzlü görünüm veren ribozomlarla kaplıdır.
- Çekirdeğin dış zarı da ribozom taşıdığından, granüllü ER ile süreklilik gösterir.





Düz ER'nin Hücre İçindeki Rolü

- Düz endoplazmik retikulum (ER), hücre tipine göre değişen çeşitli metabolik işlevlerde görev alır.
- Lipid sentezi, karbonhidrat metabolizması, ilaç ve zehirlerin detoksifikasyonu ile kalsiyum iyonlarının depolanması bu işlevler arasındadır.
- Düz ER'nin enzimleri, yağlar, steroidler ve yeni zar fosfolipitlerinin sentezinde görev yapar.
- Bu işlevler hücre tipine göre özelleşmiş biçimde gerçekleşir.





Steroid Hormon Üretiminde Düz ER

- Hayvan hücrelerinde düz ER tarafından üretilen steroidlere omurgalılarıdaki cinsiyet hormonları ve adrenal bez hormonları örnek verilebilir.
- Bu hormonları sentezleyen ve salgılayan testis ve over gibi hücreler düz ER açısından zengindir.
- Düz ER'nin yapısal özellikleri, bu hücrelerin işlevsel gereksinimleriyle uyumludur.
- Hormon üretiminde görevli hücrelerin düz ER bakımından zengin olması, yapı-işlev ilişkisini ortaya koyar.





Düz ER ile İlaç ve Zehirlerin Detoksifikasyonu

- Düz ER, özellikle karaciğer hücrelerinde ilaç ve zehirlerin detoksifikasyonunda görev yapar.
- Bu süreçte ilaç moleküllerine hidroksil grupları eklenerek daha suda çözünebilir hale getirilirler.
- Fenobarbital gibi barbitüratlar, düz ER'de bu şekilde metabolize edilen ilaçlara örnektir.
- Detoksifikasyon enzimlerinin artışı, ilaçlara karşı tolerans gelişmesine yol açar.





Düz ER'nin İlaç Toleransına Etkisi

- Alkol ve bazı ilaçlar, düz ER'nin çoğalmasını ve detoksifikasyon enzimlerinin artışını tetikler.
- Bu durum, aynı etkinin sağlanabilmesi için daha yüksek ilaç dozları gerektirebilir.
- Düz ER'deki bu artış, başka ilaçların da etkisini azaltabilir.
- Örneğin, barbitürat kullanımı bazı antibiyotiklerin etkinliğini düşürebilir.



Düz ER'de Kalsiyum Depolama ve Hücresel Tepkiler

- Düz ER, kas hücrelerinde kalsiyum iyonlarını sitozolden ER lümenine pompalar.
- Sinir uyarısı aldığında bu iyonlar sitozole geri geçerek kas kasılmasını tetikler.
- Diğer hücre türlerinde ise kalsiyum salınımı farklı hücresel yanıtları başlatabilir.
- Örneğin, yeni sentezlenen proteinleri taşıyan veziküllerin salgılanması bu yanıtlardan biridir.





Granüllü ER ve Protein Salgısı

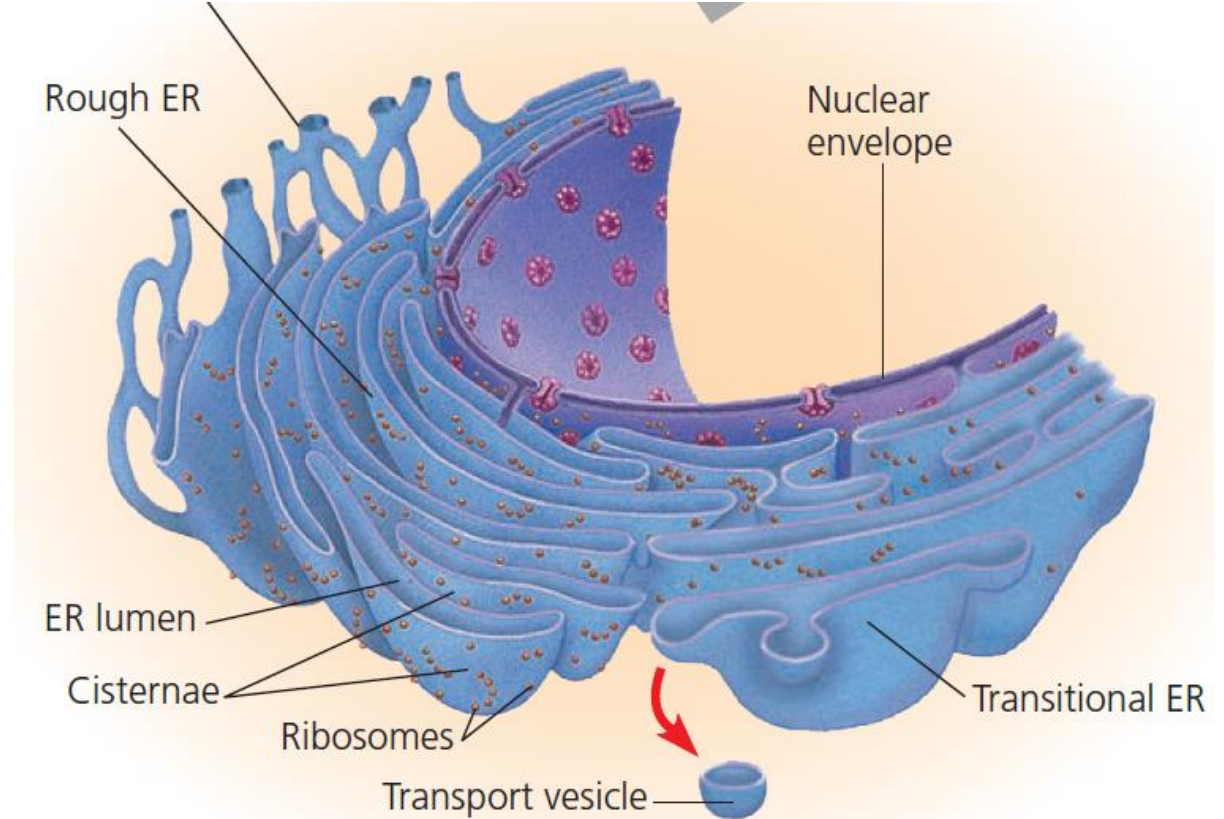
- Pek çok hücre, granüllü ER'ye bağlı ribozomlar tarafından üretilen proteinleri salgılar.
- Örneğin, pankreastaki bazı hücreler insülini ER'de sentezleyip kana verir.
- Ribozoma bağlı polipeptit zinciri, ER zarı üzerindeki bir por aracılığıyla lümene geçer.
- Bu sırada polipeptit zinciri katlanarak işlevsel yapısına ulaşır.





Glikoproteinlerin Sentezi ve ER'de Ayrıştırma

- Çoğu salgı proteini, kovalent bağlı karbonhidrat içeren glikoproteinlerdir.
- Karbonhidratlar, ER zarı üzerine yerleşmiş enzimler tarafından proteine bağlanır.
- Salgı proteinleri, sitozoldeki serbest ribozomlarla üretilen proteinlerden ER zarıyla ayrılır.
- Bu proteinler, yanda gösterilen geçiş ER'sinden çıkan veziküllere paketlenerek taşınır.





Granüllü ER'nin Hücre Zarına Katkısı

- Granüllü ER sadece salgı proteinlerini üretmekle kalmaz, aynı zamanda hücre zarı için yapı da üretir.
- Zar proteinleri ve fosfolipitler ribozomdan büyüyerek doğrudan ER zarına gömülür.
- ER zarı, bu bileşenleri üretip büyürken, taşıma vezikülleriyle endomembran sistemine gönderilir.
- Fosfolipitler, sitozoldeki öncüllerden ER enzimleriyle sentezlenir.





Golgi Aygıtına Genel Bakış

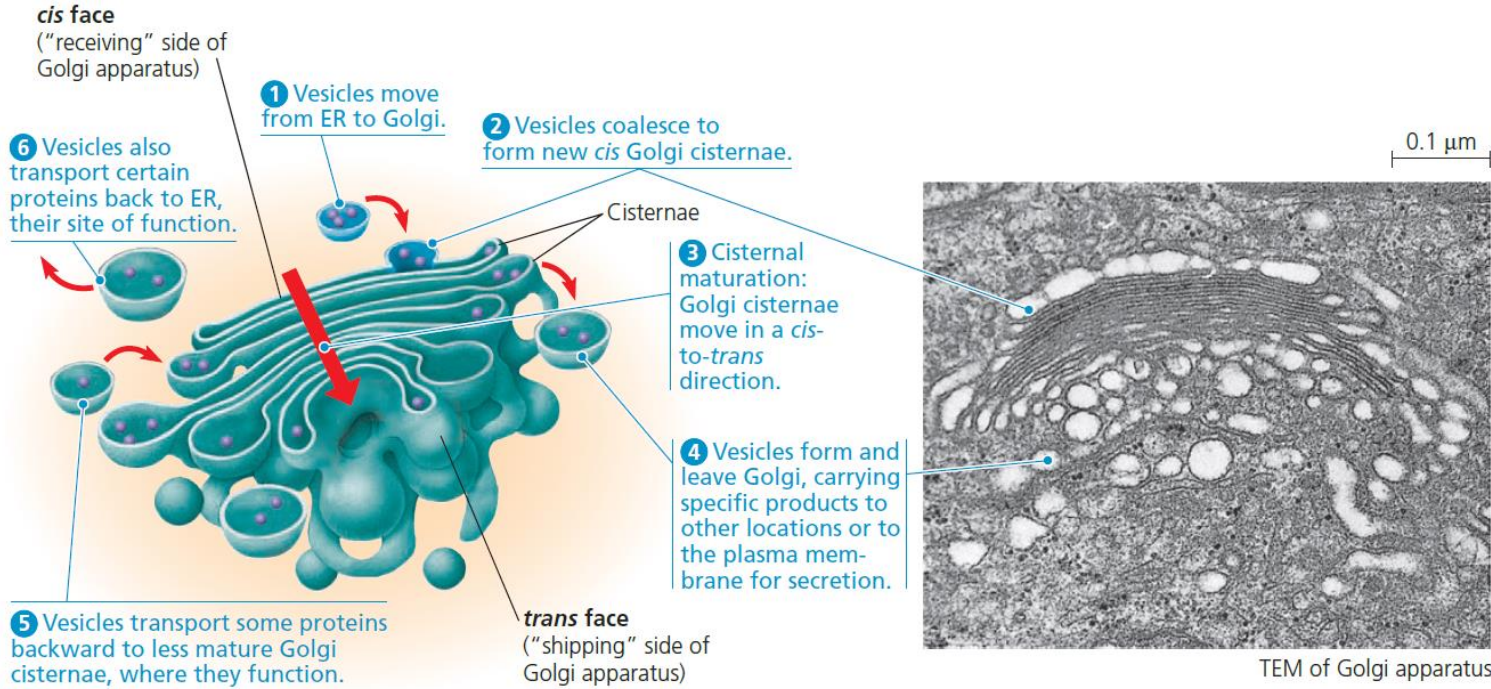
- Golgi aygıtı, hücrede bir tür "alma, düzenleme ve gönderme merkezi" gibi işlev görür.
- ER'den çıkan taşıma vezikülleri çoğunlukla Golgi aygıtına yönelir.
- Golgi, ER ürünlerini (örneğin proteinleri) modifiye eder, depolar ve hücre içindeki farklı yerlere gönderir.
- Özellikle salgı yapmaya uzmanlaşmış hücrelerde Golgi aygıtı oldukça gelişmiştir.





Golgi'nin Yapısal Özellikleri

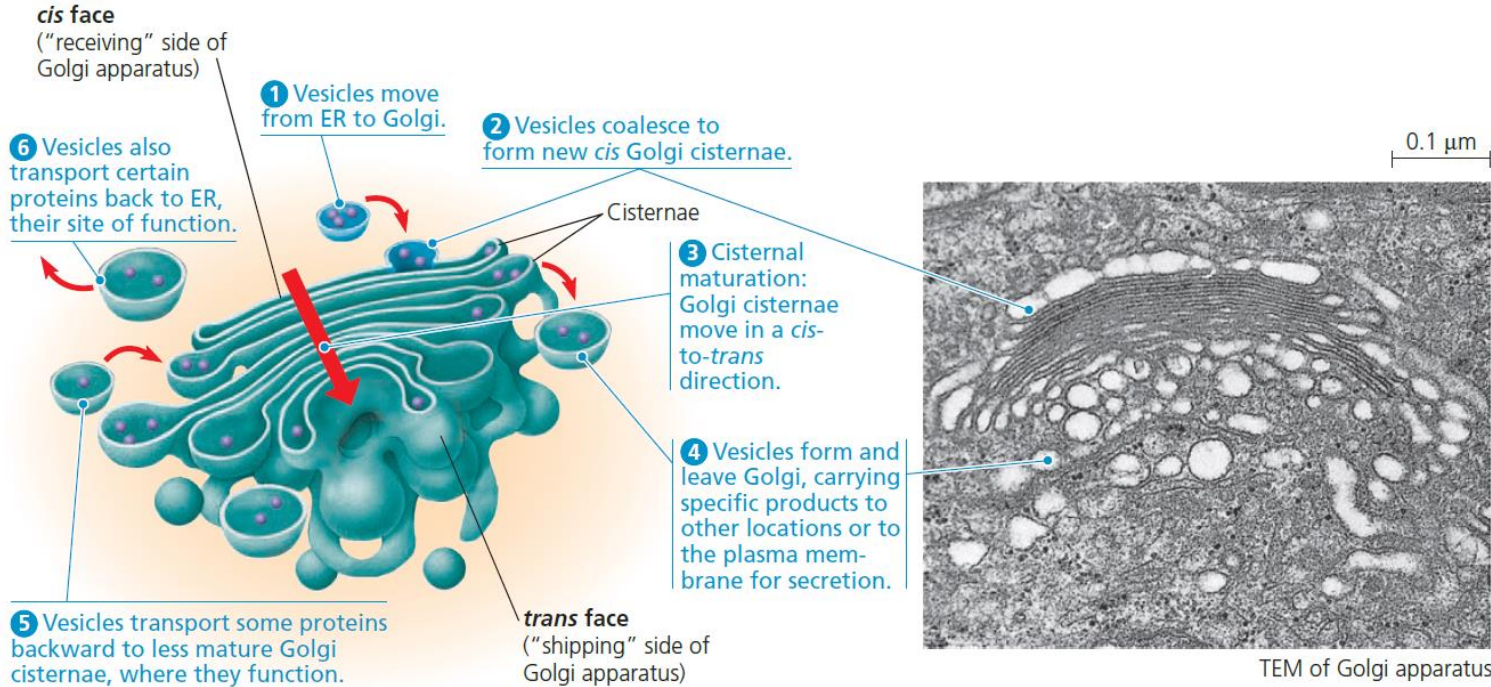
- Golgi aygıtı, birbirine bitişik yassılaştırmış zar yığınları olan sisternadan oluşur.
- Her sisterna, iç kısmını sitozolden ayıran bir zarla çevrilidir.





Golgi'nin Yapısal Özellikleri

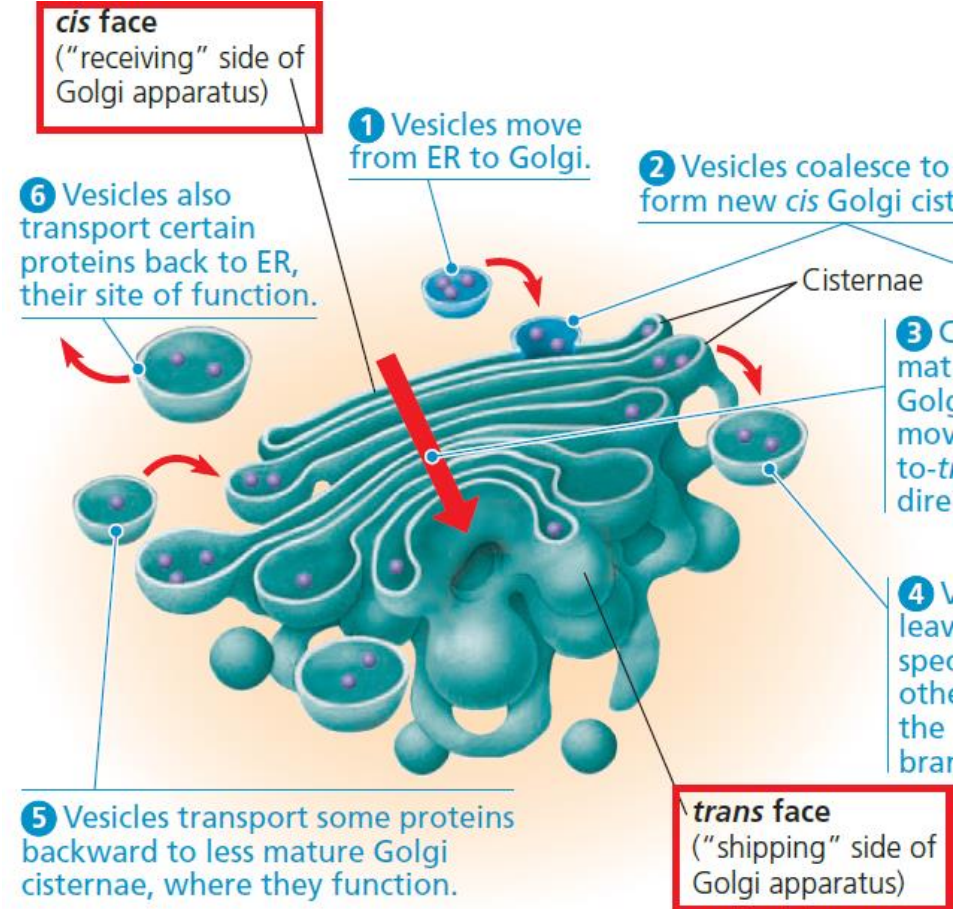
- Golgi'ye yakın bölgede yoğunlaşmış veziküller, materyal transferinde rol alır.
- Bu yapı, üst üste konmuş pita ekmeği görünümündedir.





Cis ve Trans Yüzleri

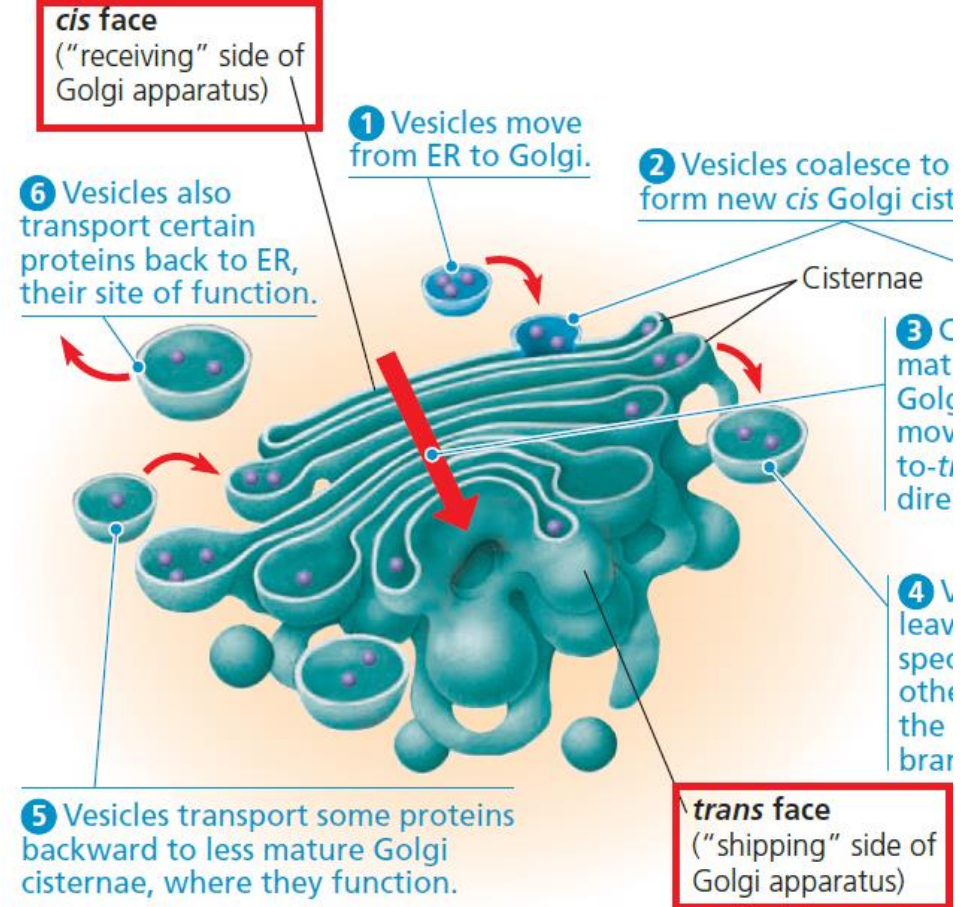
- **Golgi aygıtının iki yüzü vardır:** cis yüz ve trans yüz.
- Cis yüzü, genellikle ER'ye yakındır ve veziküllerin ilk ulaştığı kısımdır.
- Trans yüzü, işlenmiş ürünlerin yeni veziküllerle diğer yerlere gönderildiği çıkış noktasıdır.
- Sisternaların bu yapısı yönlüdür; zar kalınlığı ve bileşimi yüzler arasında farklılık gösterir.





Golgi'de Ürünlerin İşlenmesi

- ER'den gelen ürünler, Golgi boyunca cis'ten trans'a ilerledikçe çeşitli modifikasyonlara uğrar.
- Örneğin, ER'de sentezlenen glikoproteinlerin karbonhidrat yapıları burada değiştirilebilir.
- Golgi, bazı şeker birimlerini çıkarıp yerine yenilerini ekleyerek farklı karbonhidratlar üretir.
- Ayrıca zar fosfolipitlerinde de değişiklikler yapılabilir.





Golgi'nin Üretim Görevleri

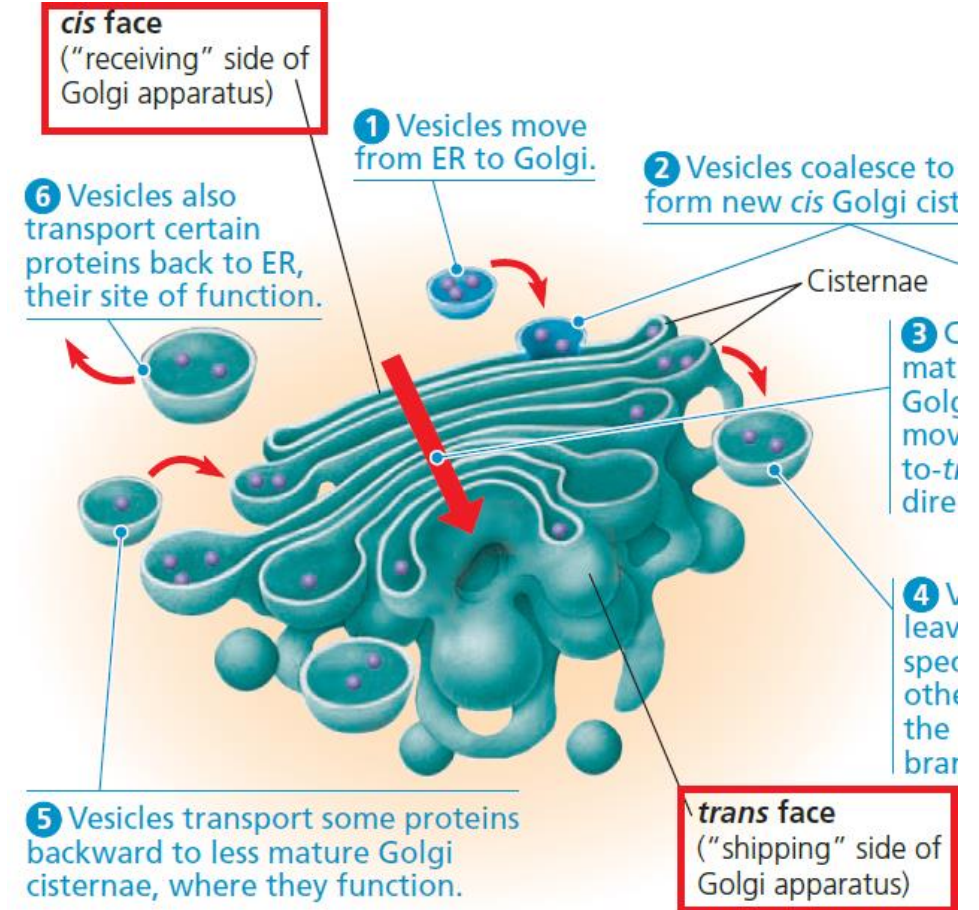
- Golgi aygıtı yalnızca işleme değil, bazı makromoleküllerin üretimini de gerçekleştirir.
- Örneğin, bitki hücrelerinde bulunan pektinler ve bazı diğer polisakkaritler burada üretilir.
- Bu ürünler, selülozla birlikte hücre duvarına katılır.
- Protein dışındaki salgı ürünleri de trans yüzeyden çıkıp veziküllerle hücre dışına taşınır.





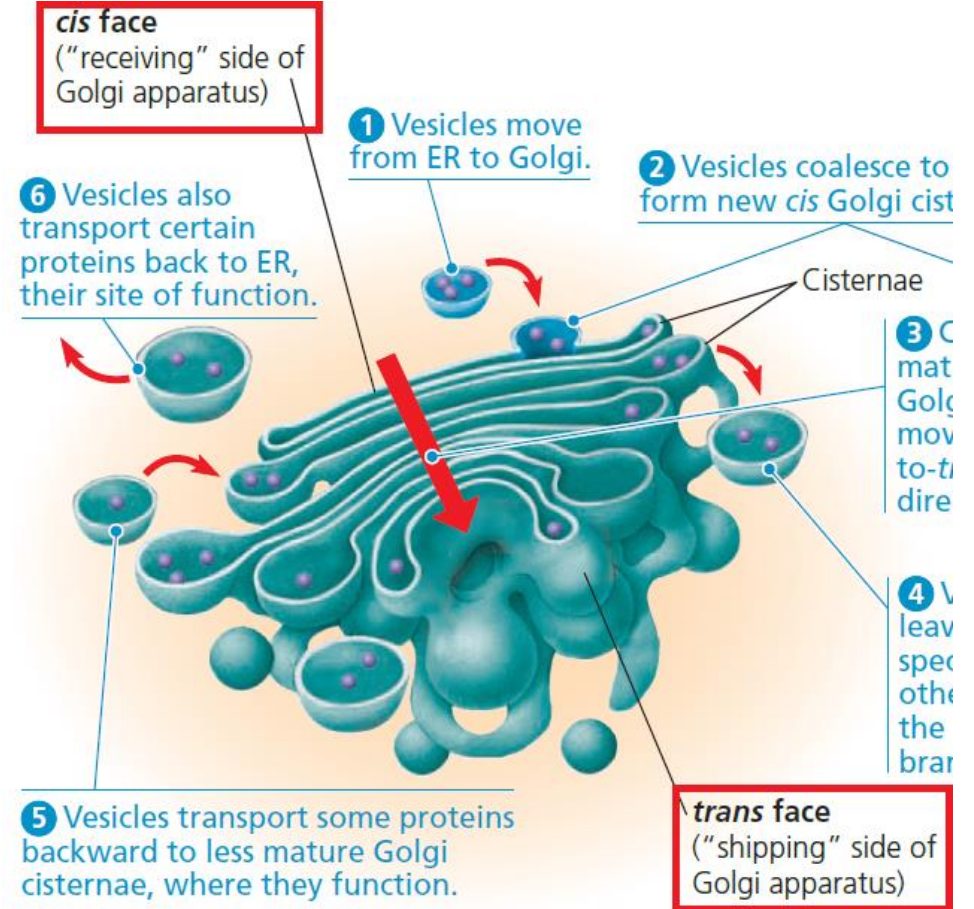
Dinamik Bir Yapı: Sisternaların İlerlemesi

- Golgi'nin yapısı uzun süre durağan kabul edilse de, yeni veriler daha dinamik bir modele işaret eder.
- Sisternal olgunlaşma modeli, sisternaların cis'ten trans'a ilerleyerek ürünlerini taşıdığını savunur.
- Her sisterna, özgün enzim takımları taşıyarak ürünleri aşamalı biçimde modifiye eder.



Golgi'den Çıkış: Hedefe Yönlendirme

- Ürünler, trans yüzeyden veziküllerle ayrılmadan önce sınıflandırılır ve hedeflerine yönlendirilir.
- Golgi ürünlerine eklenen moleküler işaretler (örneğin fosfat grupları), bu sınıflandırmada rol oynar.
- Bu işaretler, posta etiketleri gibi çalışarak veziküllerin doğru yerlere gitmesini sağlar.
- Taşıma veziküllerinin zarlarındaki yüzey molekülleri, belirli hedeflerle etkileşerek doğru bağlantıyı sağlar.





Hücresel Sindirimin Kalbi: Lizozomlar

- Lizozom, ökaryotik hücrelerin makromolekülleri parçalaması için kullandığı hidrolitik enzimleri içeren zarlı bir keseciktir.
- Bu enzimler, lizozomun içindeki asidik ortamda en verimli şekilde çalışır.
- Lizozom zarının yırtılması durumunda, sitozoldeki nötr pH nedeniyle enzimler aktifliğini kaybeder.
- Ancak çok sayıda lizozomun sızıntı yapması hücreyi kendi kendini sindirerek yok edebilir.





Lizozomların Kökeni ve Koruma Mekanizması

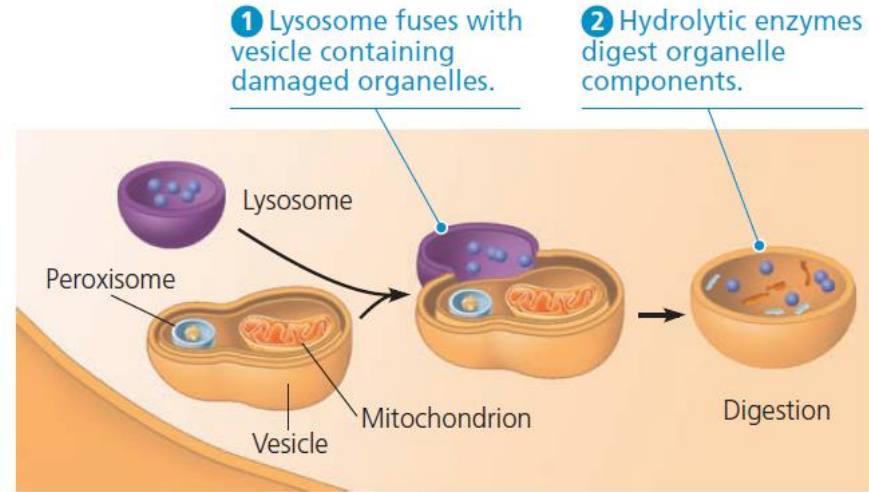
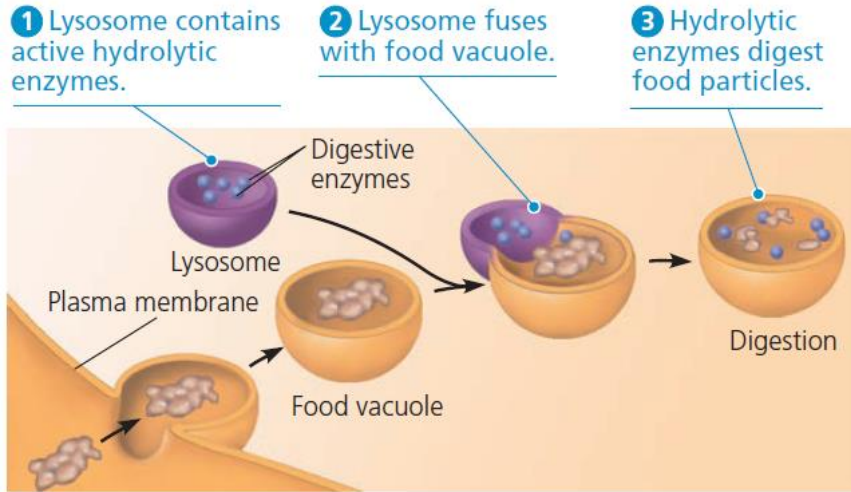
- Hidrolitik enzimler ve lizozom zarı, granüllü endoplazmik retikulumda üretilir ve Golgi aygıtında işlenerek şekillenir.
- Bazı lizozomlar, Golgi aygıtının trans yüzeyinden tomurcuklanarak oluşur.
- Lizozom zarının iç yüzeyindeki proteinler ve sindirim enzimleri, özgün üç boyutlu yapıları sayesinde enzimatik yıkıma karşı korunur.





Fagositoz: Hücrelerin Beslenme ve Savunma Mekanizması

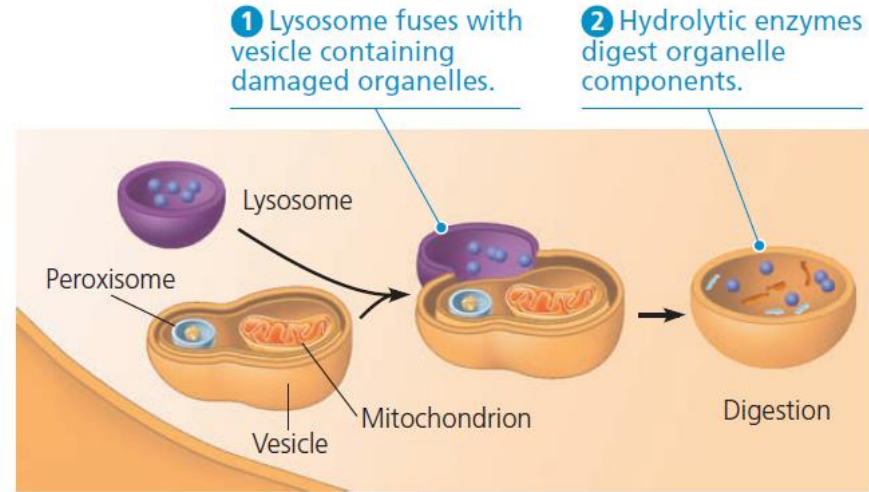
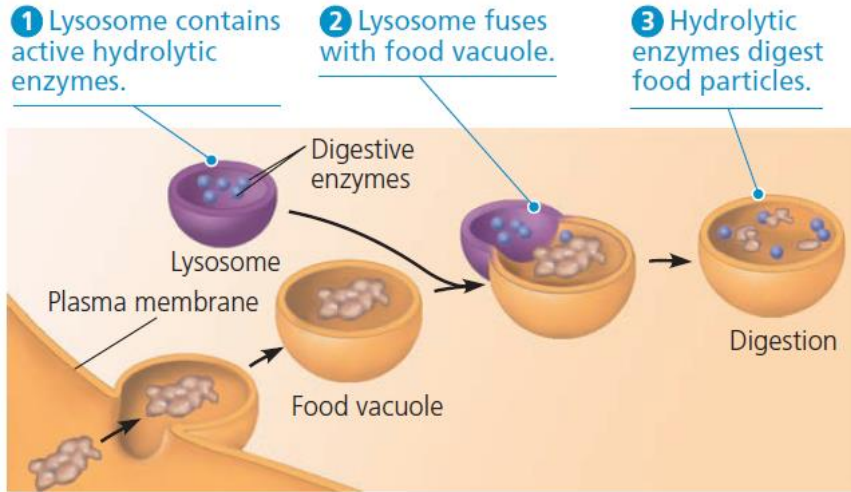
- Tek hücreli ökaryotlar, küçük organizmaları ya da besin parçacıklarını fagositoz yoluyla yutarak lizozomlarla sindirir.
- Bu işlemde oluşan besin kofulu, lizozomla birleşerek içeriğini sindirir.





Fagositoz: Hücrelerin Beslenme ve Savunma Mekanizması

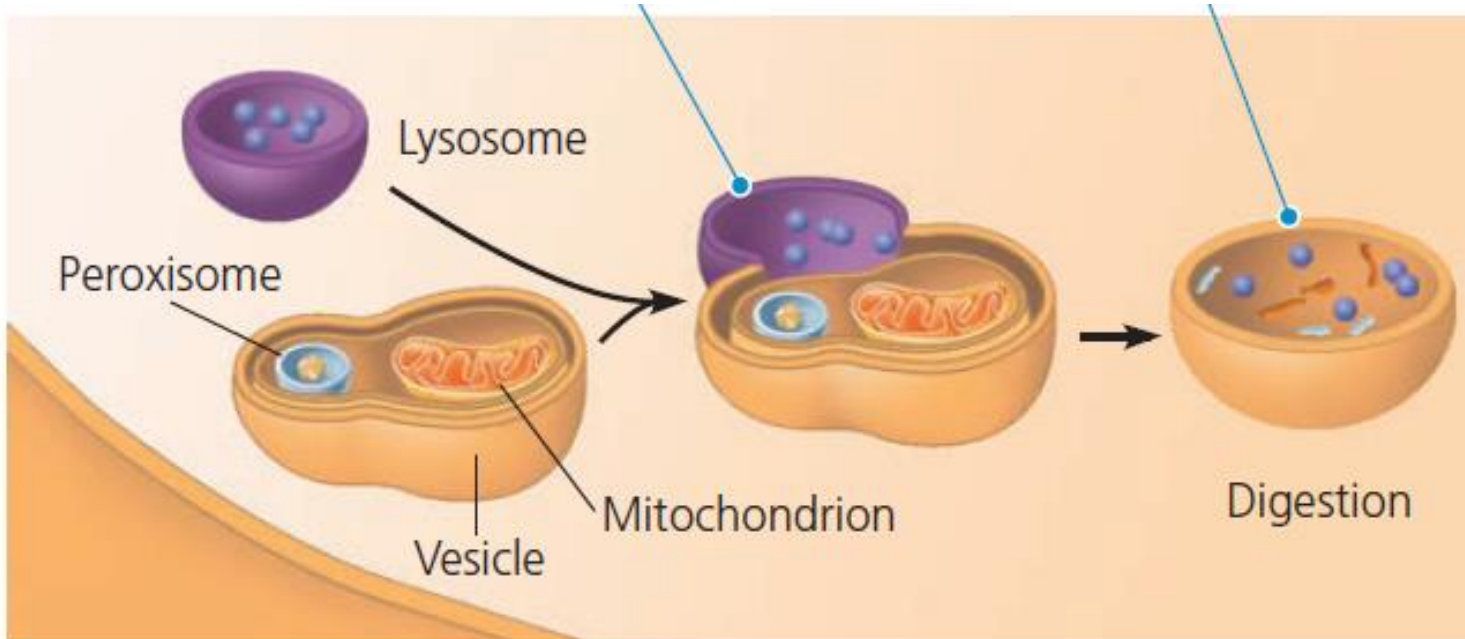
- Sindirim ürünleri sitozole geçerek hücrenin besin ihtiyacını karşılar.
- İnsan bağışıklık sistemi hücrelerinden makrofajlar da bakterileri fagosite ederek yok eder.





Otoliz ve Hücresel Yenilenme: Otofaji

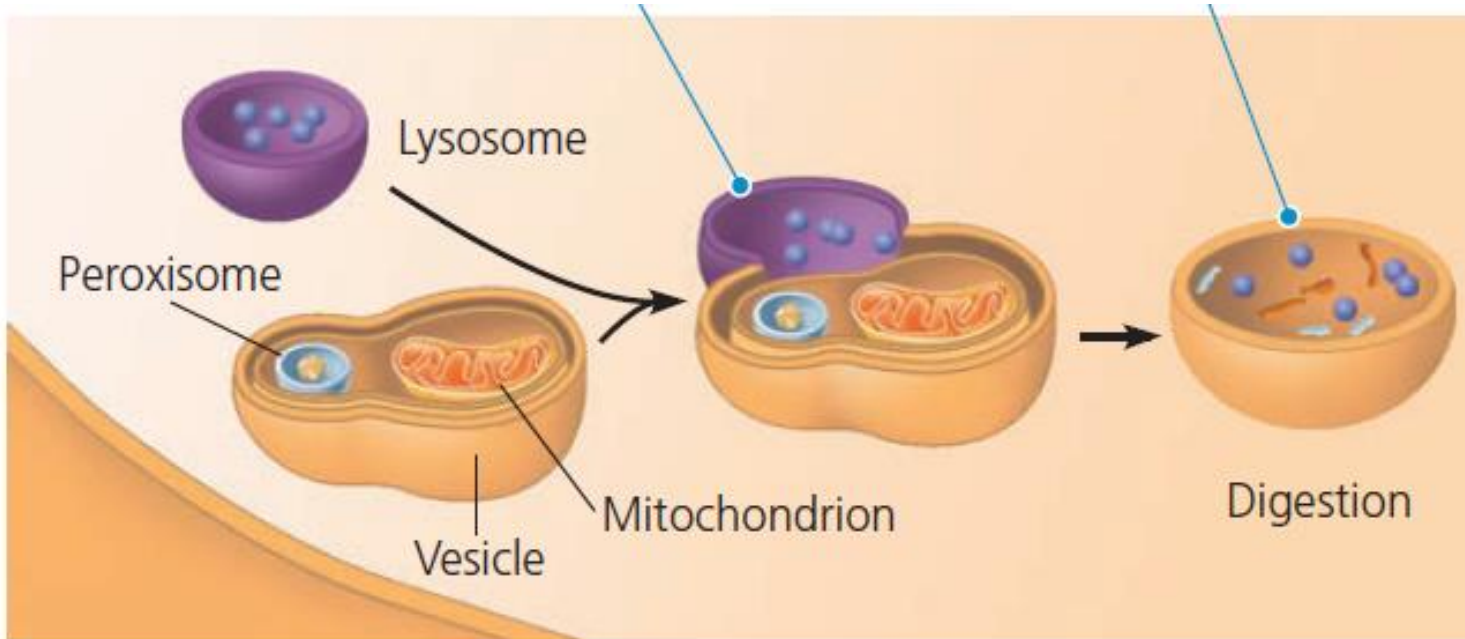
- Lizozomlar, hücre içi geri dönüşüm süreci olan otofajiyi gerçekleştirerek hasarlı yapıları parçalar.
- Bu süreçte hasarlı organel ya da sitozol kısmı çift zarla çevrilir, ardından lizozomla birleşir.





Otoliz ve Hücresel Yenilenme: Otofaji

- Lizozomal enzimler iç zarı ve içeriğini parçalayarak monomerleri yeniden kullanılmak üzere sitozole salar.
- Örneğin bir karaciğer hücresi, lizozomlar sayesinde haftalık olarak makromoleküllerinin yarısını geri dönüştürür.





Lizozomal Depo Hastalıkları: Sindirimin Sekteye Uğraması

- Kalıtsal lizozomal depo hastalıklarında, hücrelerdeki lizozomlarda bir enzim eksik ya da işlevsizdir.
- Bu durumda sindirilemeyen maddeler lizozomlarda birikerek hücre fonksiyonlarını bozar.
- Tay-Sachs hastalığında, yağları parçalayan bir enzim eksiktir ve beyin hücrelerinde lipid birikimi oluşur.
- Neyse ki, bu tür hastalıklar genel nüfusta nadir görülür.





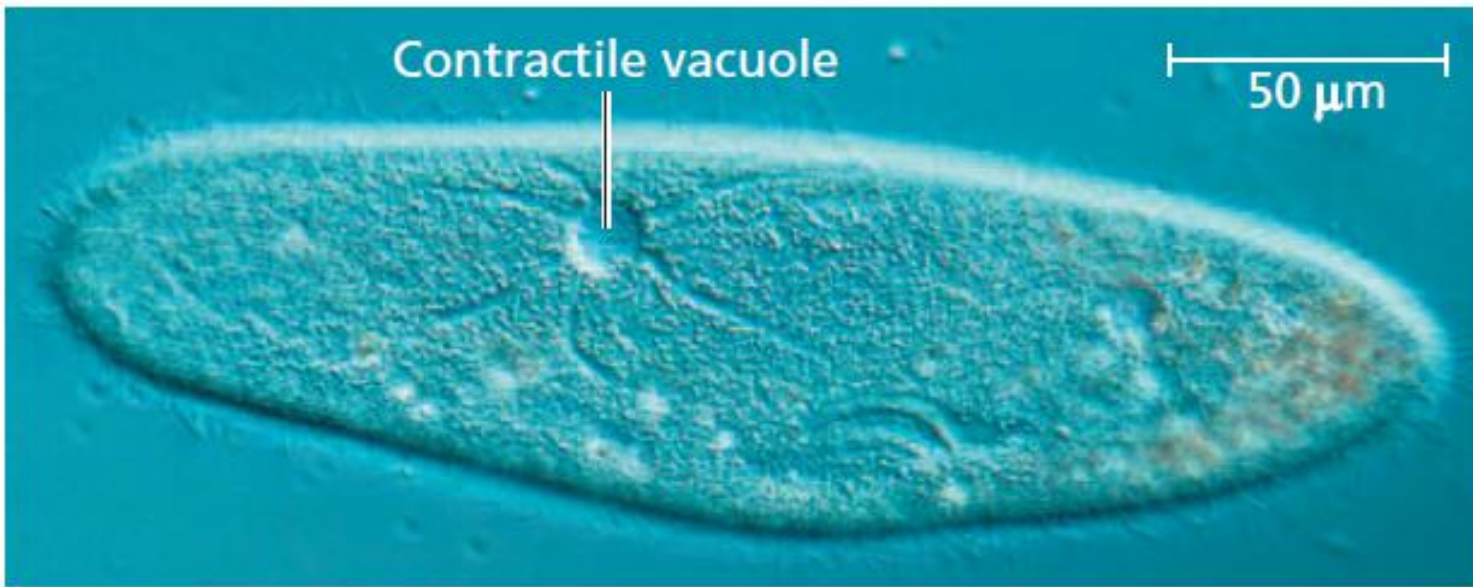
Kofulların Kaynağı ve Temel Özellikleri

- Kofullar, endoplazmik retikulum ve Golgi aygıtından türeyen büyük keseciklerdir.
- Hücrenin endomembran sistemi içinde yer alan yapılar arasında sayılır.
- Koful zarları seçici geçirgendir; bu sayede koful içeriği, sitozolden farklıdır.



Farklı Hücrelerde Koful Fonksiyonları

- Fagositozla oluşan besin kofulları, daha önce açıklanmıştır.
- Tatlı suda yaşayan tek hücreli ökaryotlarda, kontraktil kofullar fazla suyu dışarı pompalayarak hücre içi dengeyi sağlar.



İZLE



Farklı Hücrelerde Koful Fonksiyonları

- Bitki ve mantar hücrelerindeki bazı kofullar, lizozomlara benzer şekilde enzimatik hidroliz gerçekleştirir.
- Ayrıca bazı kofullar, tohum hücrelerinde protein gibi organik bileşikleri depo eder.

Bi Dünya Biyoloji



Bektaş Tepe
gezimania_tr



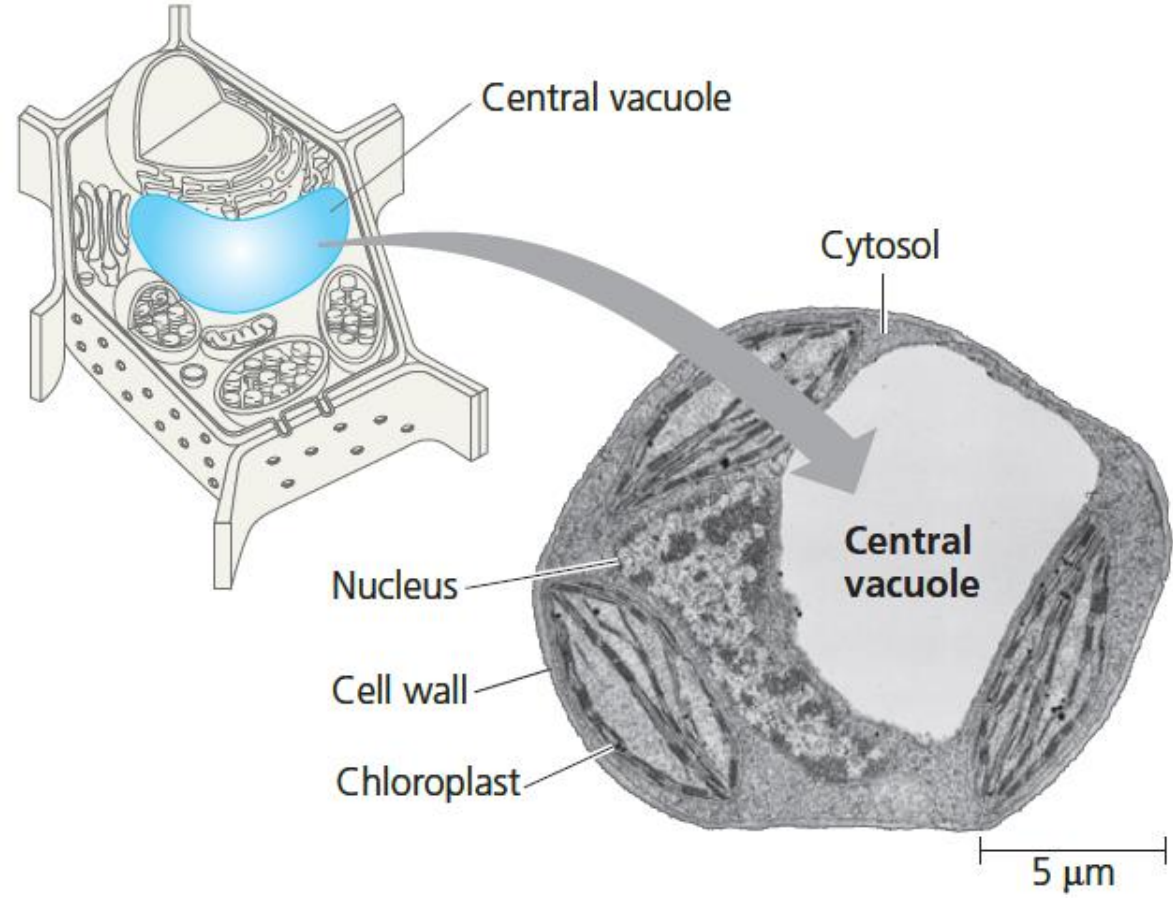
Kofulların Savunma ve Renk Fonksiyonları

- Bitki kofulları, hayvanlar için zehirli ya da tatsız bileşikler depolayarak bitkinin korunmasına yardımcı olur.
- Bazı bitki kofulları, polen taşıyan böcekleri cezbetmeye yarayan kırmızı ve mavi gibi pigmentleri içerir.



Merkezî Koful ve Bitki Hücresindeki Rolü

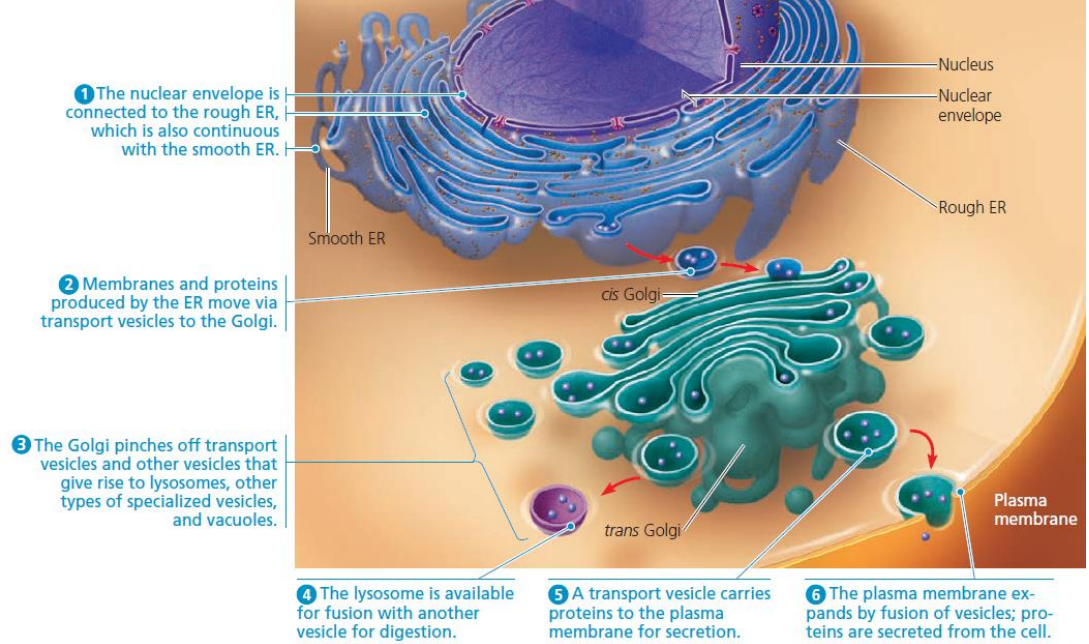
- Olgun bitki hücreleri, küçük kofulların birleşmesiyle oluşan büyük bir merkezî koful içerir.
- Merkezî kofulun içindeki sıvıya hücre özsuyu (cell sap) denir; potasyum ve klorür gibi inorganik iyonları depolar.
- Bu koful, su alarak hücre büyümesini sağlar; yeni sitoplazma üretimine gerek kalmadan hücre genişler.
- Sitoplazma, çoğunlukla merkezî koful ile plazma zarı arasında ince bir tabaka hâlinde yer alır.





Endomembran Sistem: Hücre İçi Trafik'in Merkezi

- Endomembran sistem, hücre içi zarların ve proteinlerin çeşitli organeller arasında nasıl hareket ettiğini düzenler.
- Aşağıda, zar lipidleri ve proteinlerinin ER'den Golgi'ye ve oradan diğer organellere doğru ilerleyişi gösterilmektedir.
- Bu süreçte zarın moleküler yapısı ve metabolik işlevleri, içeriğiyle birlikte değişime uğrar.
- Endomembran sistemi, hücre bölmelerinin organizasyonunda dinamik ve karmaşık bir rol üstlenir.





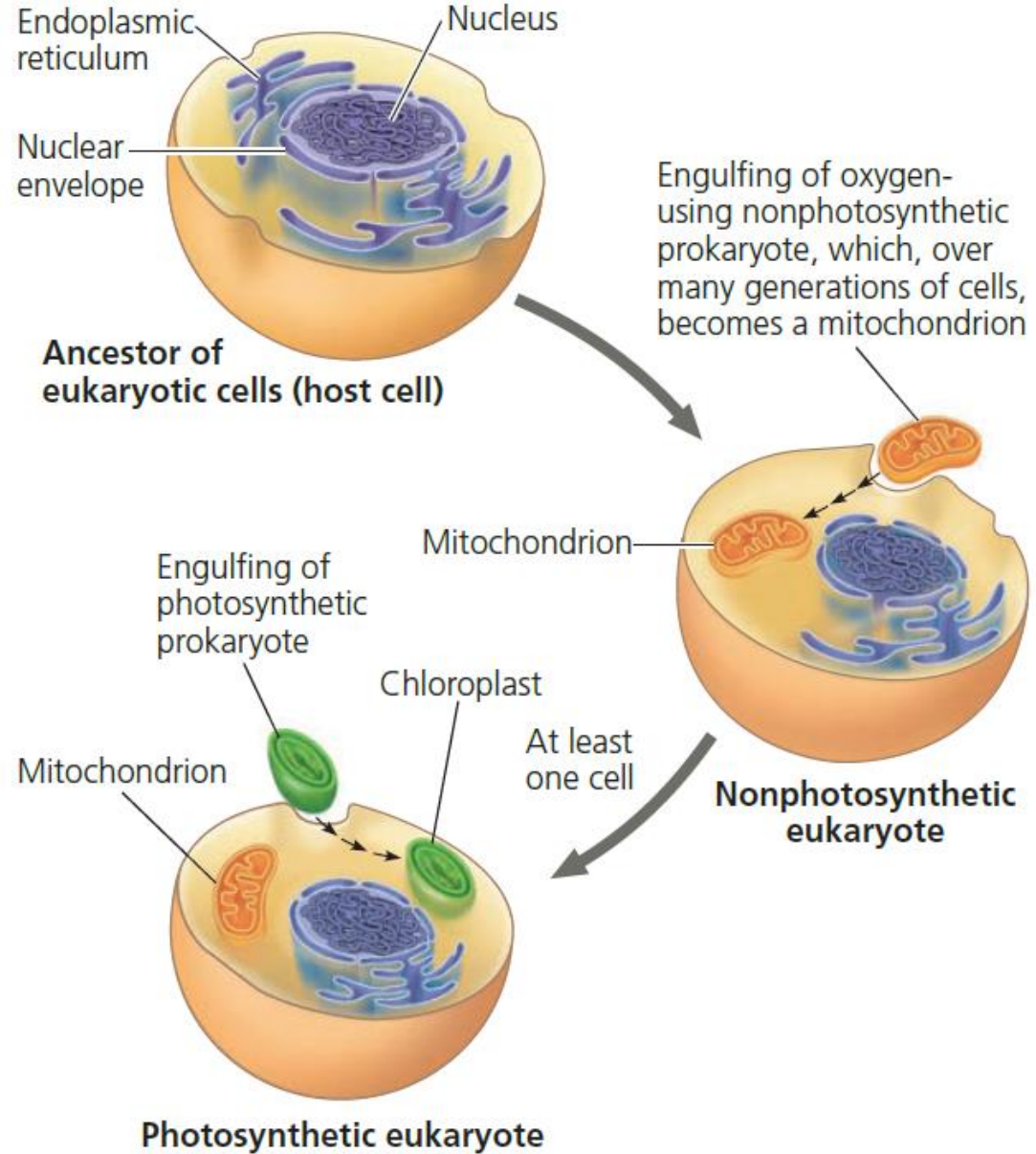
Enerji Dönüşümünde Uzman Organeller

- Mitokondri ve kloroplastlar, hücrelerin çevreden aldıkları enerjiyi kullanabilir forma dönüştüren organellerdir.
- Mitokondriler, oksijen kullanarak şeker ve yağlardan ATP üretir; bu sürece hücresel solunum denir.
- Kloroplastlar ise fotosentez yaparak güneş ışığını kimyasal enerjiye dönüştürür.
- Bu iki organel, hücresel işlevlerin sürdürülmesinde temel enerji kaynaklarını sağlar.



Mitokondri ve Kloroplastların Kökeni: Endosimbiyoz Teorisi

- Mitokondri ve kloroplastların bakterilere benzer yapıları, endosimbiyoz teorisi ile açıklanır.
- Bu teoriye göre, bir ökaryot atası, oksijen kullanan bir prokaryotu yutarak onunla simbiyotik bir ilişki kurmuştur.
- Zamanla bu ilişki kalıcı hale gelmiş ve mitokondriye sahip ilk ökaryotik hücre oluşmuştur.
- Daha sonra bu hücrelerden biri, fotosentetik bir prokaryotu yutarak kloroplast içeren hücrelerin atası hâline gelmiştir.





Endosimbiyozun Kanıtları: Yapı ve Genetik Özellikler

- Mitokondri ve kloroplastlar, diğer organellerden farklı olarak çift zarla çevrilidir.
- Kloroplastlarda ayrıca zar sisteminden oluşan iç yapılar bulunur.
- Bu organellerin içinde bakteri benzeri halkasal DNA'lar ve kendi ribozomları yer alır.
- Ayrıca, kendi proteinlerini sentezleyebilir ve hücre içinde büyüüp çoğalabilirler; bu da özerk yapıda olduklarını gösterir.





Peroksizom: Oksidatif İşlevlere Sahip Organeller

- Mitokondri ve kloroplastlara ek olarak peroksizomlar da önemli metabolik işlevler üstlenir.
- Peroksizomlar, oksidatif tepkimeler yoluyla zararlı maddeleri zararsız hâle getirir.
- Bu organelin kökeni ve diğer organellerle ilişkisi hâlâ net olarak bilinmemektedir.
- Peroksizom, enerji dönüşümü olmasa da hücrel metabolizmada kritik bir rol oynar.





Mitokondri: Ökaryot Hücrelerde Enerji Üssü

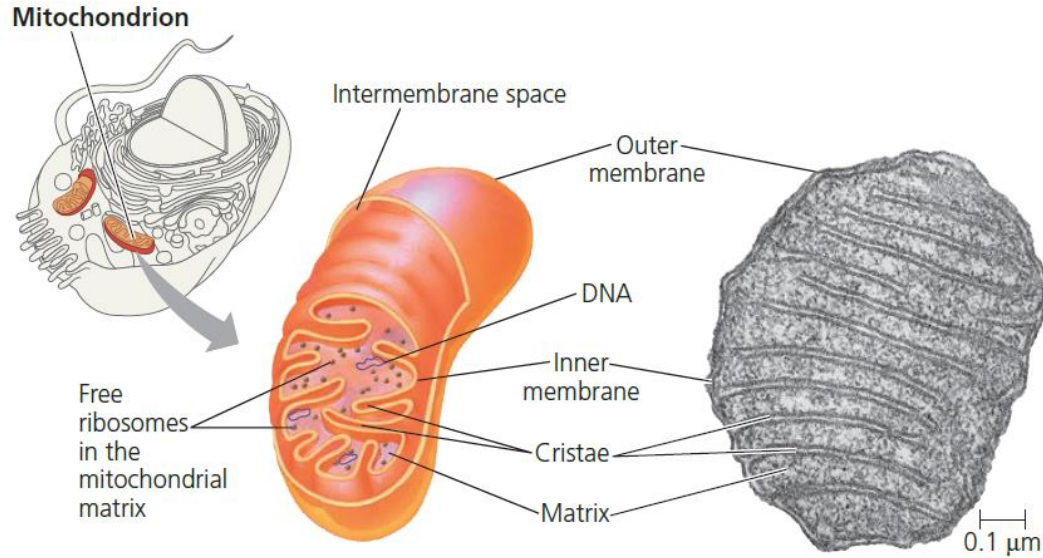
- Mitokondriler, bitki, hayvan, mantar ve çoğu tek hücreli ökaryot hücrede bulunur.
- Hücredeki mitokondri sayısı, hücrenin metabolik aktivitesiyle doğru orantılıdır.
- Örneğin, hareket eden veya kasılan hücreler daha fazla mitokondri içerir.
- Bazı hücrelerde tek büyük bir mitokondri bulunurken, çoğunlukla yüzlerce ya da binlercesi yer alır.



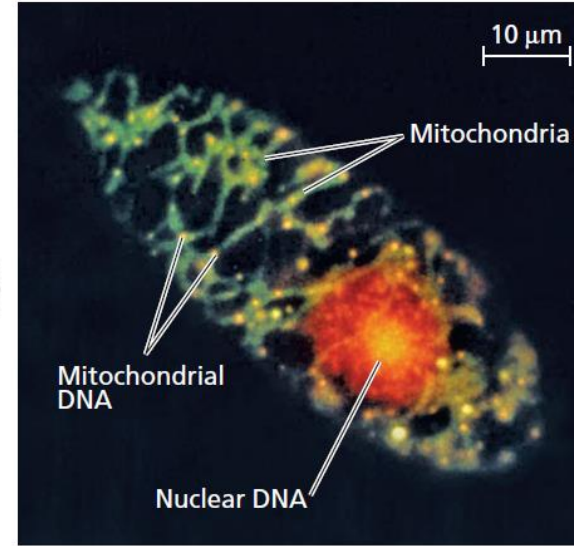


Mitokondrinin Yapısal Özellikleri

- Mitokondri iki zarla çevrilidir; her biri özgün proteinlerle dolu fosfolipit çift katmanıdır.
- Dış zar düzgünken, iç zar kıvrımlıdır ve bu kıvrımlara krista adı verilir.



(a) Diagram and TEM of mitochondrion

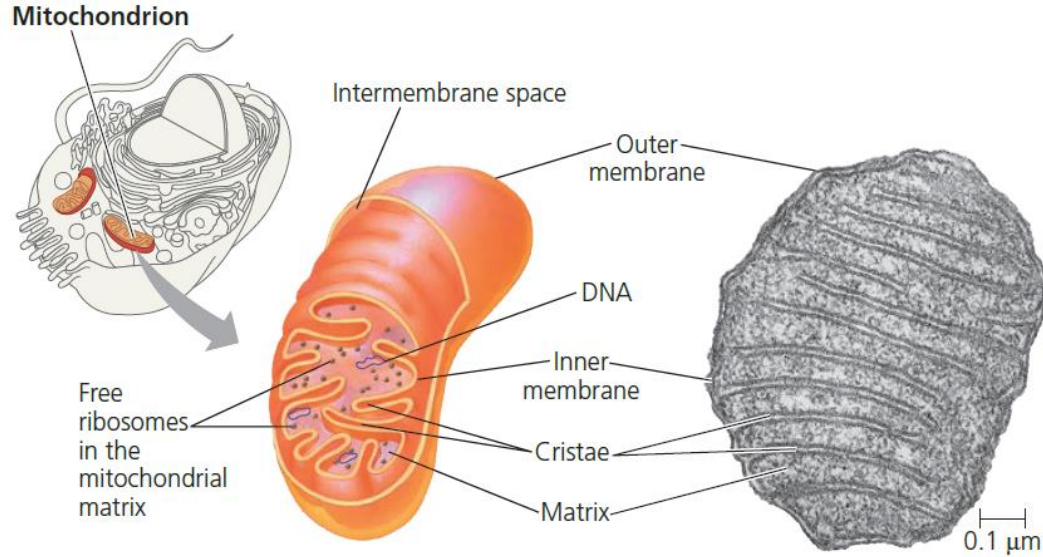


(b) Network of mitochondria in *Euglena* (LM)

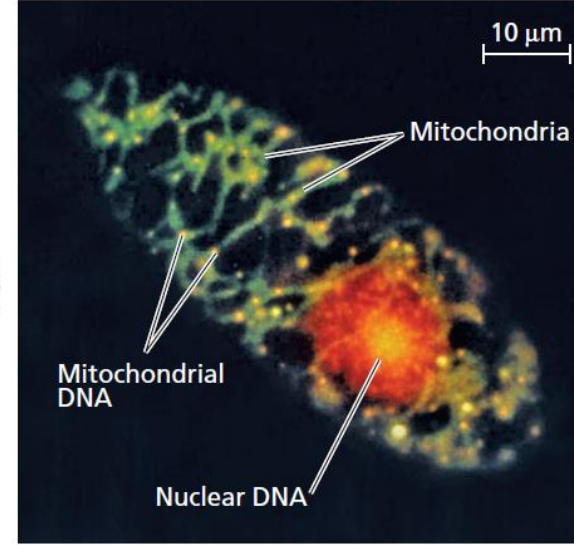


Mitokondrinin Yapısal Özellikleri

- *İç zar, mitokondriyi iki bölmeye ayırır:* zarlar arası boşluk ve mitokondri matriksi.
- Matrikste mitokondriyal DNA, ribozomlar ve çeşitli enzimler yer alır.



(a) Diagram and TEM of mitochondrion



(b) Network of mitochondria in *Euglena* (LM)



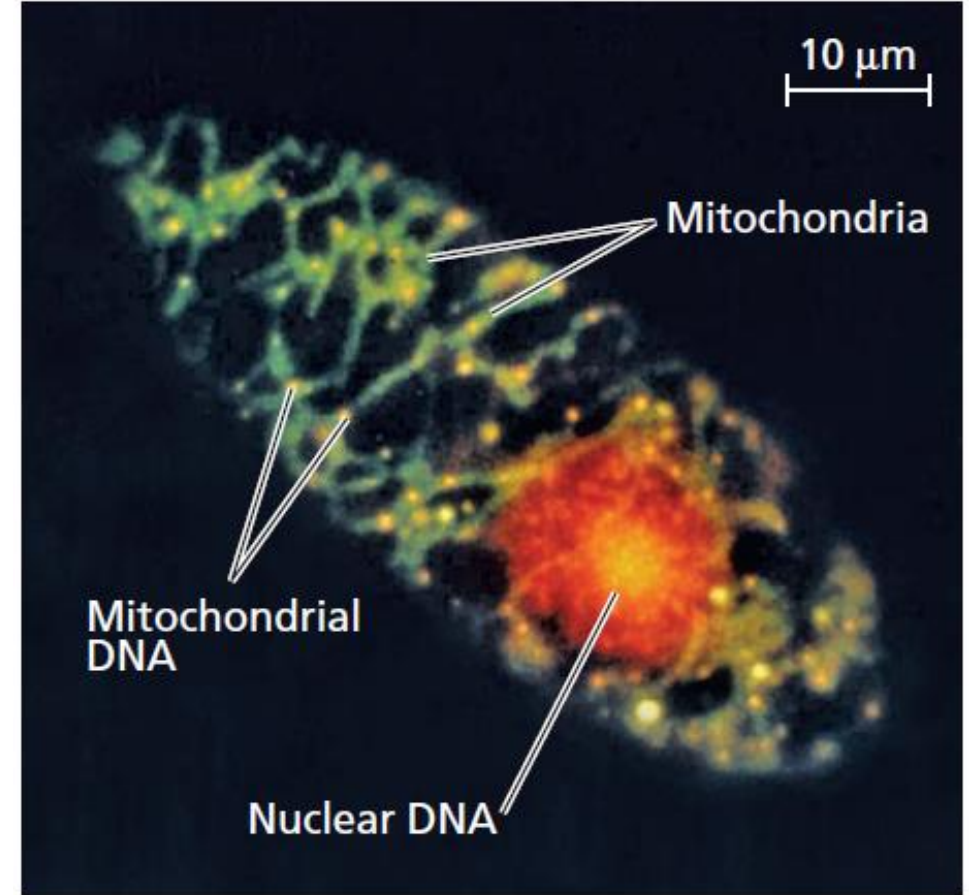
Hücresel Solunumun Merkezi

- Matriks içerisindeki enzimler, hücresel solunum basamaklarının bazılarını katalizler.
- ATP üretimini sağlayan enzim dâhil olmak üzere bazı solunum proteinleri iç zara gömülüdür.
- Krista yapısı, iç zarın yüzey alanını artırarak solunum verimini artırır.
- Bu durum, “yapı–işlev uyumu”nun güzel bir örneğidir.



Mitokondrilerin Dinamik Doğası

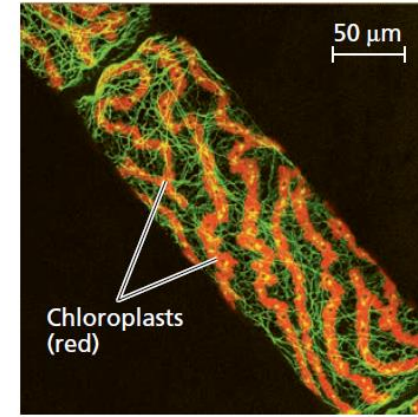
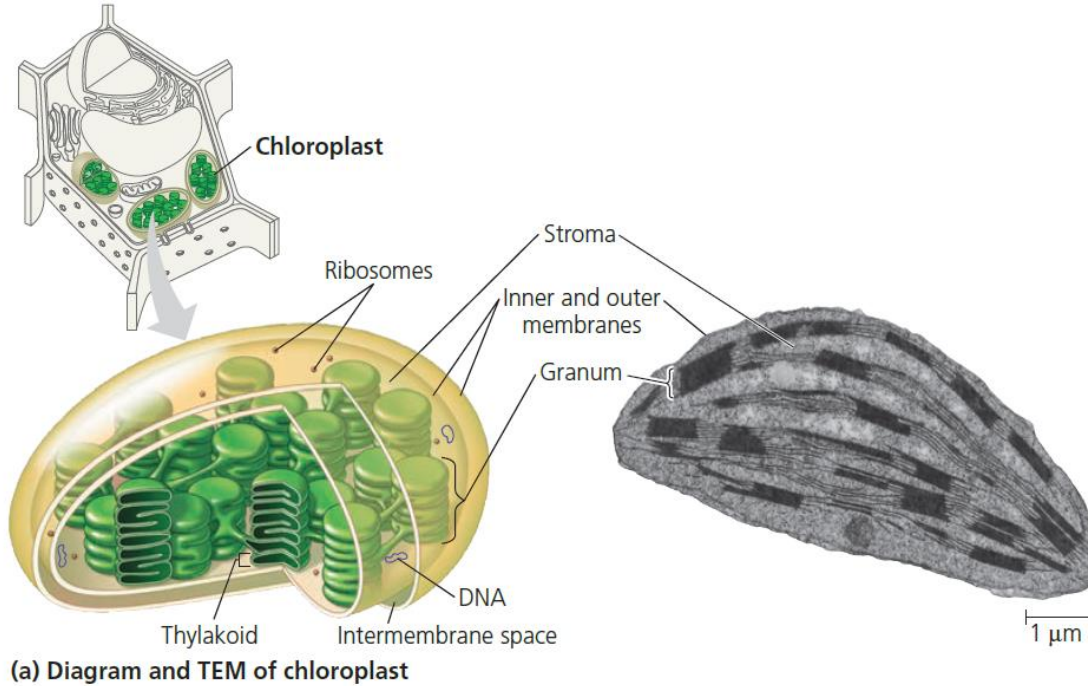
- Mitokondriler genellikle 1–10 mikrometre uzunluğundadır.
- Canlı hücrelerin zaman atlamalı görüntüleri, mitokondrilerin hareket ettiğini ve şekil değiştirdiğini gösterir.
- Mitokondriler bölünebilir, birleşebilir ve dallanmış tübüler ağlar oluşturabilir.
- Bu durum, yanda görüldüğü gibi, onların durağan yapılar olmadığını ortaya koyar.





Kloroplast: Işık Enerjisinin Yakalanması

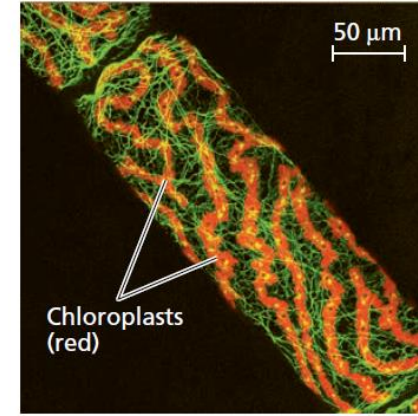
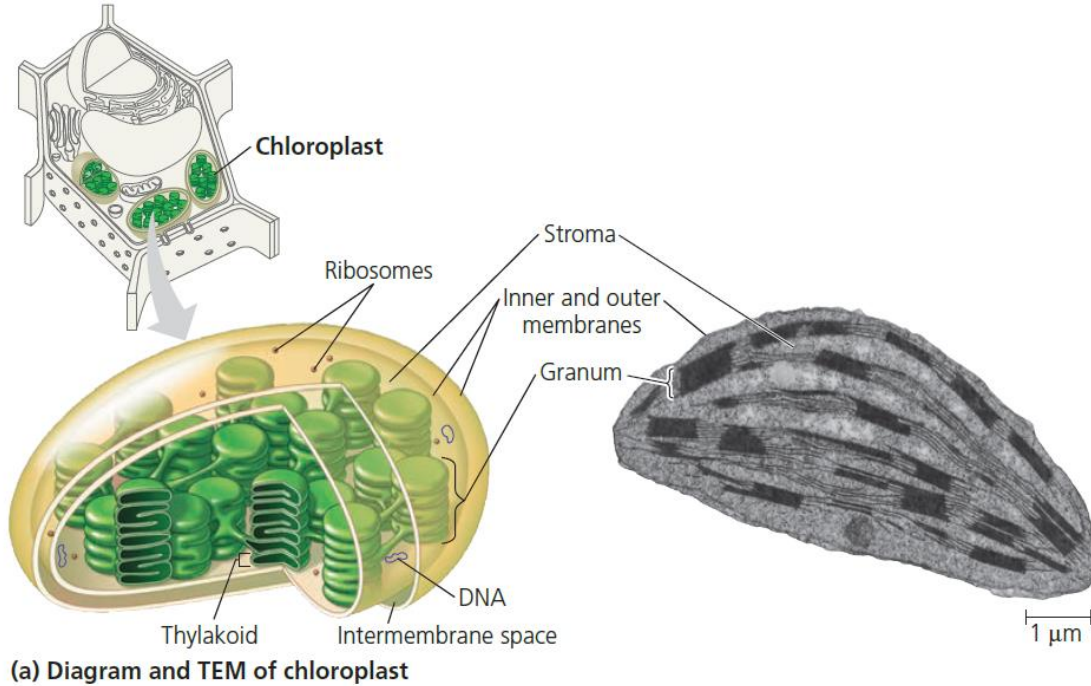
- Kloroplastlar, fotosentezle şeker üretimini sağlayan yeşil pigment klorofil içerir.
- Bu merceksi organeller, bitkilerin yeşil kısımlarında ve alglerde bulunur.





Kloroplast: Işık Enerjisinin Yakalanması

- Kloroplastlar yaklaşık 3–6 mikrometre uzunluğundadır.
- İç yapılarındaki moleküller fotosentez sürecine katılır.

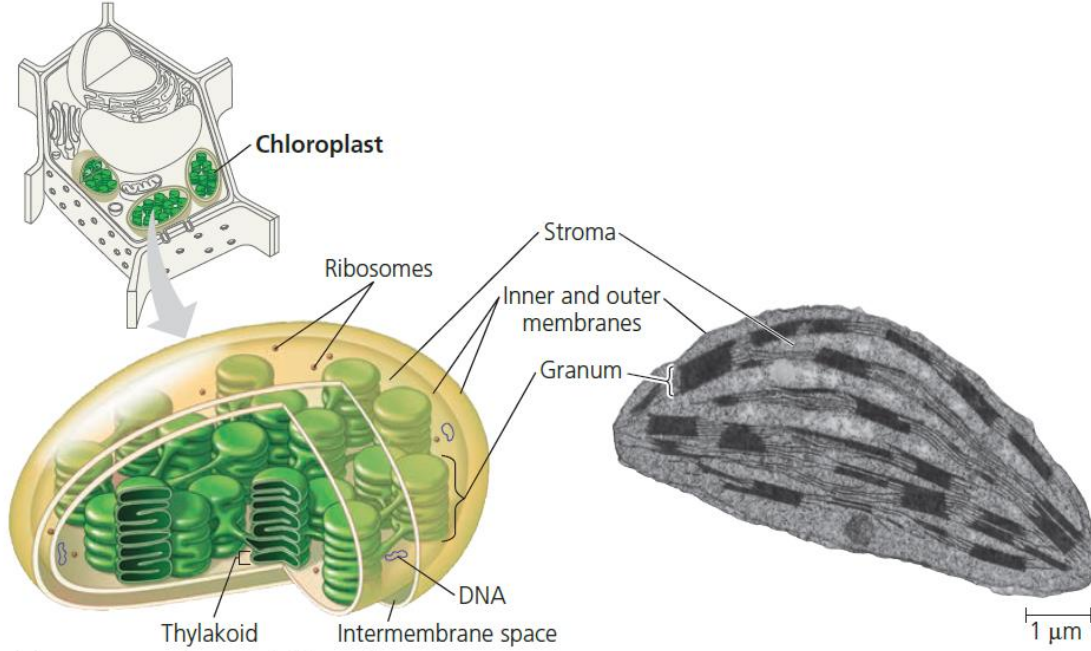


(b) Chloroplasts in an algal cell

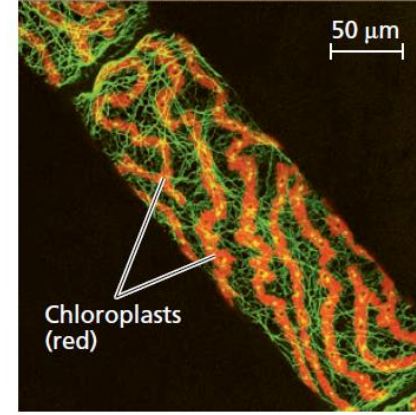


Kloroplastın İç Yapısı

- Kloroplast, iki zarla çevrilidir; aralarında ince bir zarlar arası boşluk yer alır.
- İç kısımda, yassı ve bağlantılı keseciklerden oluşan tilakoid sistem bulunur.



(a) Diagram and TEM of chloroplast

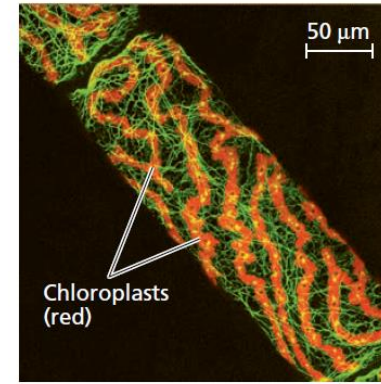
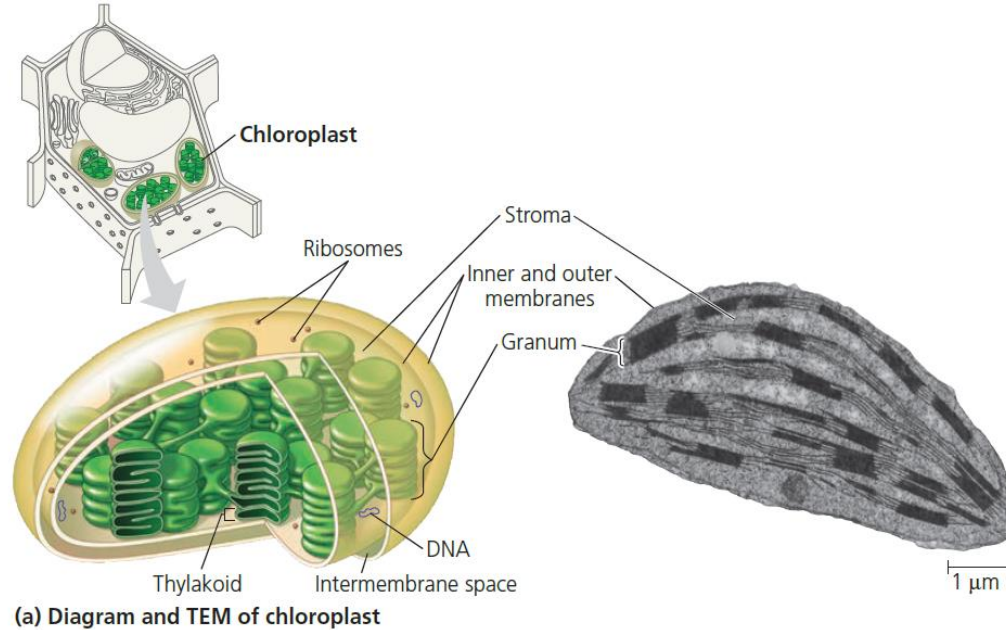


(b) Chloroplasts in an algal cell



Kloroplastın İç Yapısı

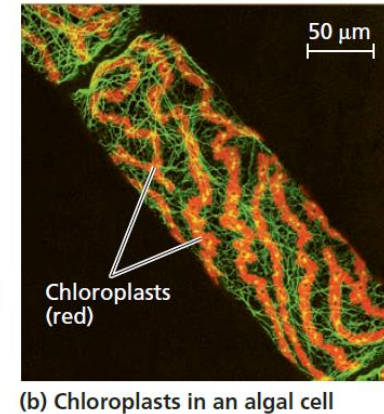
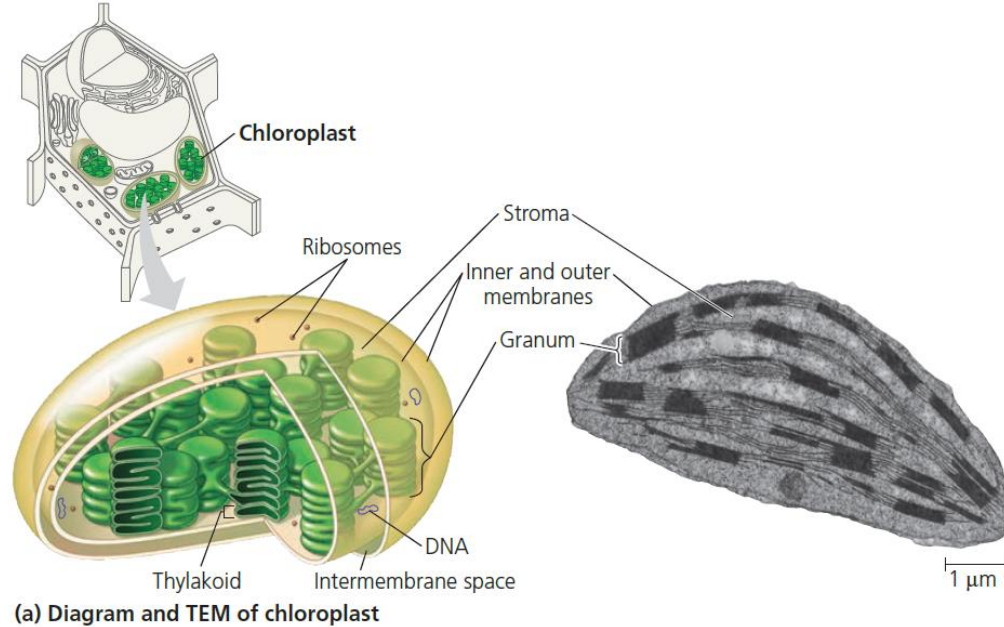
- Tilakoidler bazı bölgelerde üst üste dizilerek grana adı verilen yapılar oluşturur.
- Tilakoidlerin dışındaki sıvı kısım olan stroma, DNA, ribozomlar ve birçok enzimi içerir.





Kloroplastta İşlevsel Bölünme

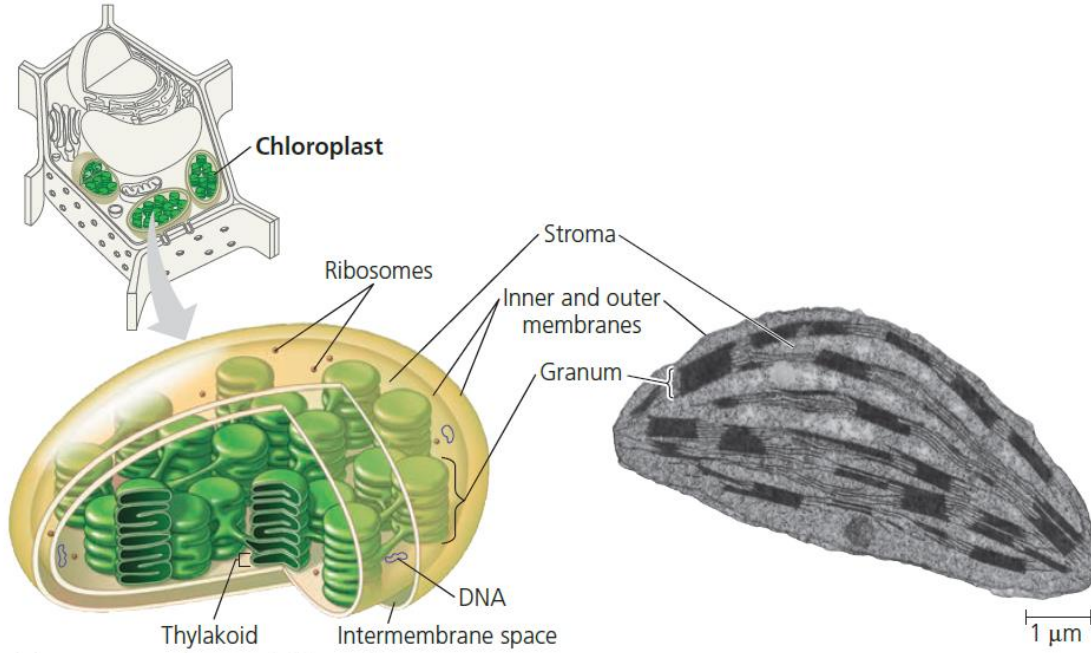
- **Kloroplast zarı, yapıyı üç bölgeye ayırır:** zarlar arası boşluk, stroma ve tilakoid boşluğu.
- Bu bölünme, fotosentez sırasında ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüştürülmesini kolaylaştırır.



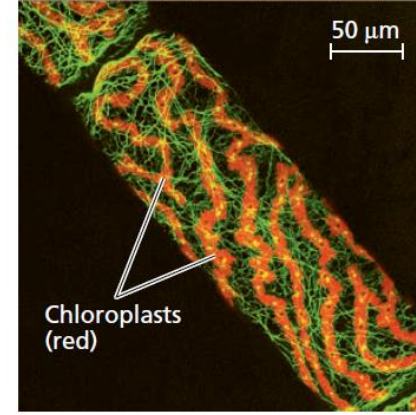


Kloroplastta İşlevsel Bölünme

- Bölmeli yapı, görevlerin farklı yerlerde gerçekleşmesini sağlar.
- Fotosentez detayları, 10. Bölümde daha ayrıntılı ele alınacaktır.



(a) Diagram and TEM of chloroplast



(b) Chloroplasts in an algal cell



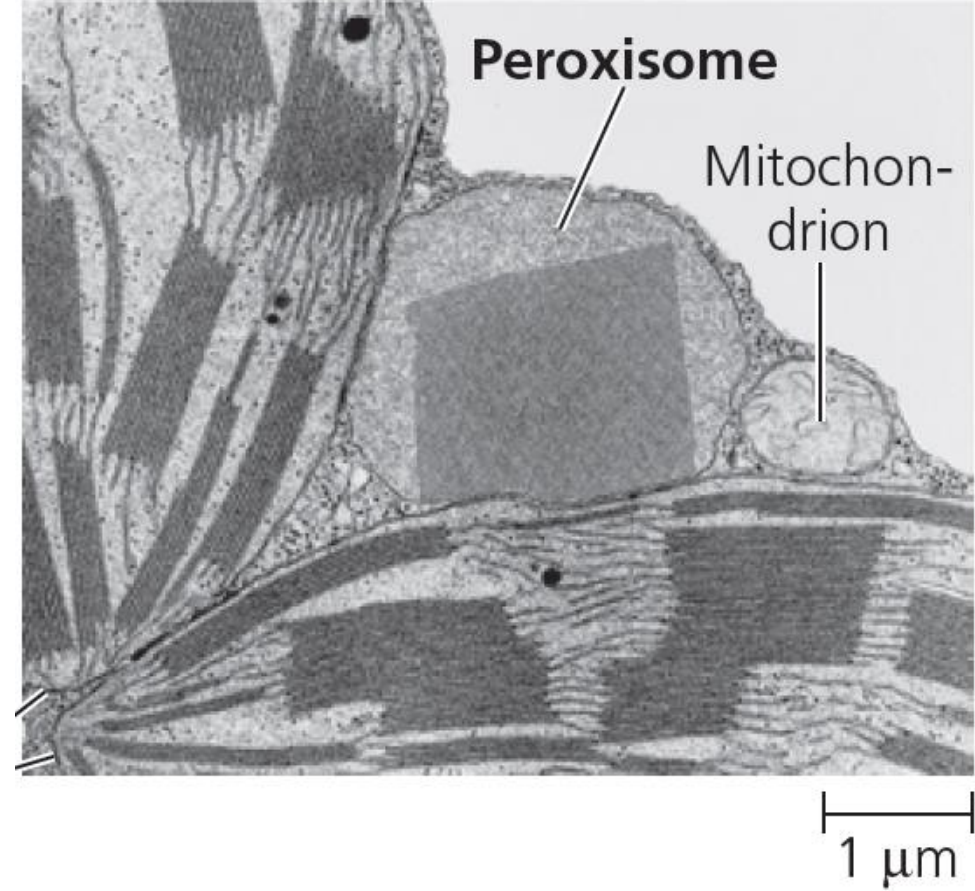
Kloroplastların Dinamikliği ve Plastit Ailesi

- Kloroplastlar da mitokondriler gibi şekil değiştirebilir, büyüyebilir ve kendini çoğaltabilir.
- Sitoplazma içinde, hücre iskeleti izleri boyunca diğer organellerle birlikte hareket ederler.
- Kloroplast, plastit adı verilen organel ailesinin özel bir üyesidir.
- Plastit türleri arasında, nişasta depolayan renksiz amiloplast ve pigment içeren kromoplast da bulunur.



Peroksizomlar: Hücrede Özelleşmiş Bölmeler

- Peroksizom, tek zarla çevrili ve metabolik işlevlere sahip özel bir organeldir.
- İçerdikleri enzimler, farklı maddelerden hidrojen alarak oksijene aktarır ve bu süreçte hidrojen peroksit (H_2O_2) oluşur.
- H_2O_2 üretimi, peroksizomun ismini aldığı kimyasal tepkimenin ürünüdür.
- Bu reaksiyonların hücrede çok yönlü işlevleri vardır.





Peroksizomların İşlevleri

- Bazı peroksizomlar, yağ asitlerini küçük moleküllere ayırır ve bunlar mitokondrilere taşınarak enerji üretiminde kullanılır.
- Karaciğerdeki peroksizomlar, alkol ve diğer zararlı bileşikleri O_2 kullanarak detoksifiye eder.
- Oluşan H_2O_2 toksiktir ancak peroksizomlar bunu suya çeviren bir enzime de sahiptir.
- Bu durum, hücrede bölmeli yapının işlevsel önemine güzel bir örnektir.



Glikoksizomlar ve Bitki Tohumları

- Bitki tohumlarındaki yağ depolayan dokularda “glikoksizom” adlı özel peroksizomlar bulunur.
- Bu organeller, yağ asitlerini şekere dönüştüren süreci başlatır.
- Yeni filizlenen bitki, fotosentez yapabilene kadar bu şekeri enerji ve karbon kaynağı olarak kullanır.





Peroksizomların Kökeni ve Çoğalması

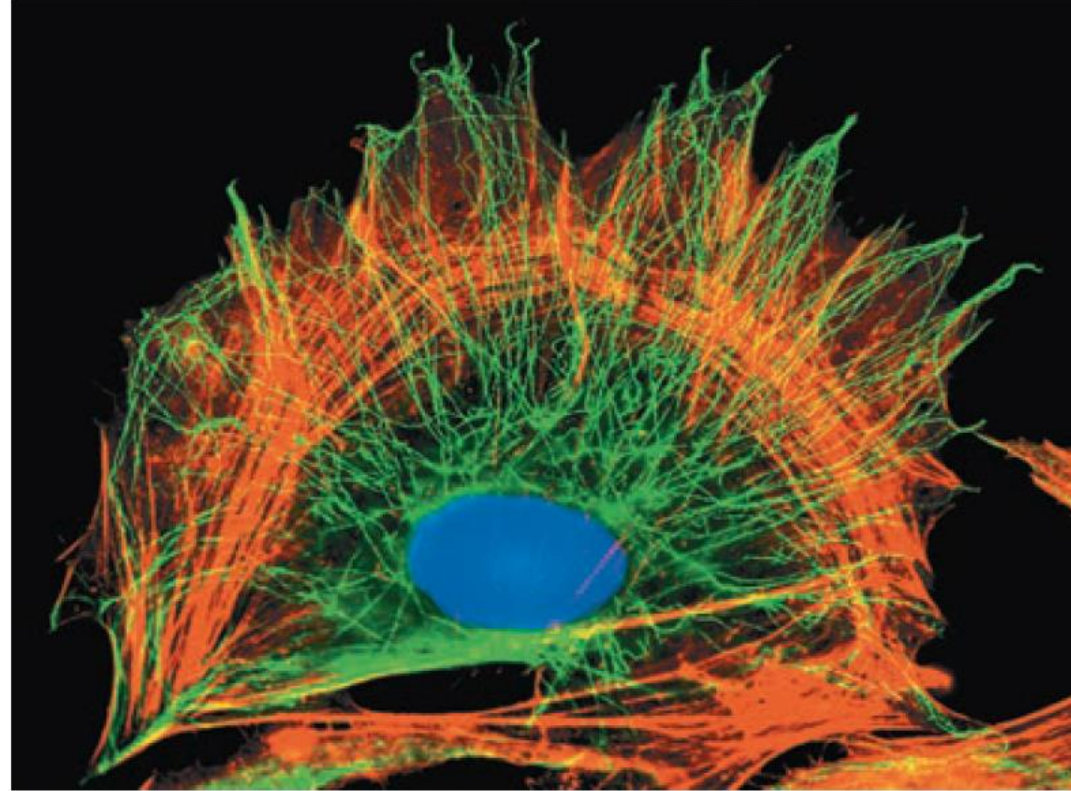
- Peroksizomların diğer organellerle ilişkisi hâlâ kesin olarak bilinmemektedir.
- Sitoplazma ve endoplazmik retikulumda üretilen protein ve lipidleri bünyelerine katarak büyürler.
- Kendi içlerinde de lipid sentezleyebilirler ve yeterli büyüklüğe ulaştıklarında bölünerek çoğalabilirler.
- Bu süreç, bazı bilim insanlarını endosimbiyotik köken fikrine yöneltmiştir, ancak bu görüş hâlen tartışmalıdır.





Hücre İskeleti: Yapısal Organizasyonun Temeli

- İlk mikroskop çalışmalarında organellerin sitozolde serbestçe yüzdüğü sanılıyordu.
- Gelişen mikroskop teknolojileriyle, sitoplazma boyunca uzanan “hücre iskeleti” keşfedildi.
- Hücre iskeleti, hücresel yapıları ve işlevleri organize eden bir ağ yapısıdır.
- Bu ağ, mikofilamentler, mikrotübüller ve ara filamentlerden oluşur.



10 μ m





Hücre İskeletinin Destekleyici Rolü

- Hücre iskeleti, hücreye mekanik destek sağlar ve şeklini korumasına yardımcı olur.
- Bu destek özellikle hücre duvarı bulunmayan hayvan hücrelerinde kritik önemdedir.
- Hücre iskeletinin dayanıklılığı, bileşenleri arasındaki dengeli kuvvetlerle sağlanır.
- Organeller ve enzimler için bağlanma noktaları sunarak hücre içi düzenini sağlar.





Hücre İskeletinin Dinamik Doğası ve Hareket

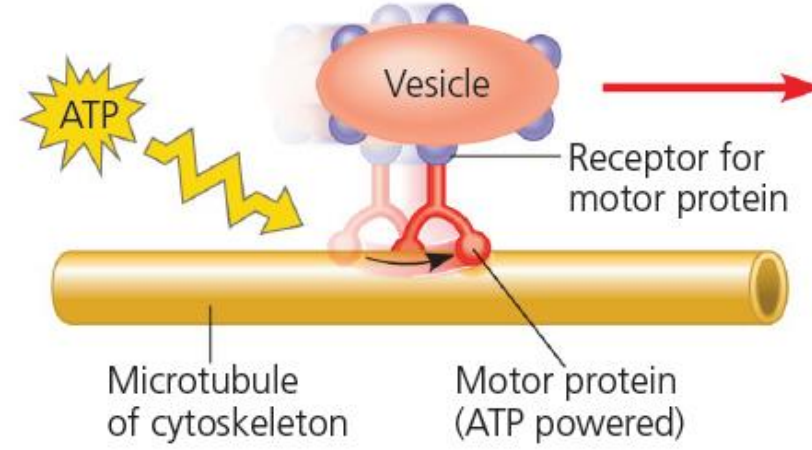
- Hücre iskeleti sabit değil; bir bölgede sökülüp başka bir yerde yeniden kurulabilir.
- Bu dinamik yapı sayesinde hücre şekli değiştirilebilir.
- Hücre içi hareketlilik (örneğin organel taşınması) bu yapılar sayesinde gerçekleşir.
- Hücre iskeleti, motor proteinlerle birlikte çalışarak hücre içi ve dışı hareketleri mümkün kılar.



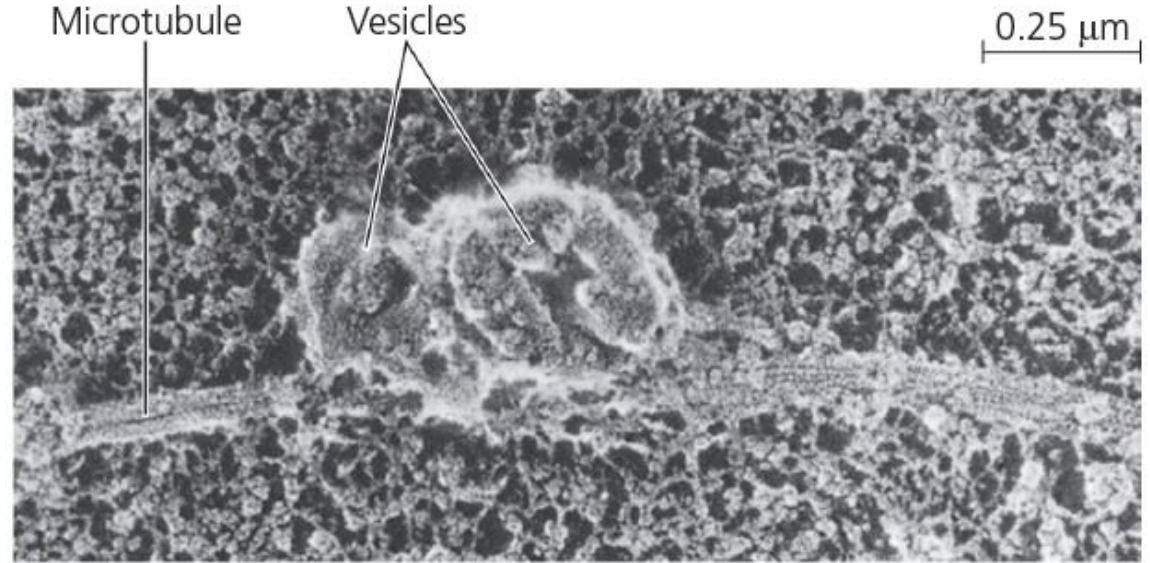


Hücre İçi Taşımacılık ve Hücre Hareketi

- Motor proteinler, hücre iskeleti boyunca organel ve vezikülleri “yürüyerek” taşır.
- Örneğin, sinir hücrelerinde nörotransmitter taşıyan veziküller, akson boyunca taşınır.
- Hücre iskeleti, zarın içe doğru bükülmesini sağlayarak fagositik veziküller oluşmasına da katkı sağlar.
- Bu sistem, hem hücre içi iletişimde hem de çevresel yanıt mekanizmalarında kilit rol oynar.



(a) Motor proteins that attach to receptors on vesicles can “walk” the vesicles along microtubules or, in some cases, along microfilaments.



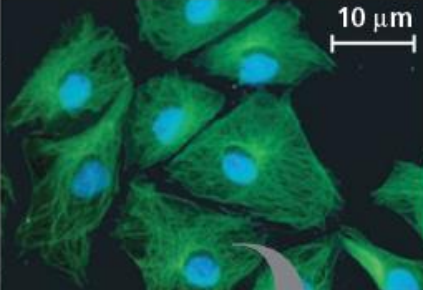


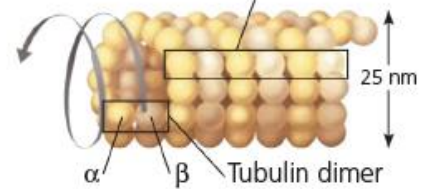
Hücre İskeletinin Temel Bileşenleri

- *Hücre iskeleti üç ana lif türünden oluşur:* mikrotübüller, mikrofilamentler ve ara filamentler.
- Mikrotübüller en kalın yapıyken, mikrofilamentler (ya da aktin filamentleri) en incedir.
- Ara filamentlerin çapı ise bu iki yapı arasında yer alır.

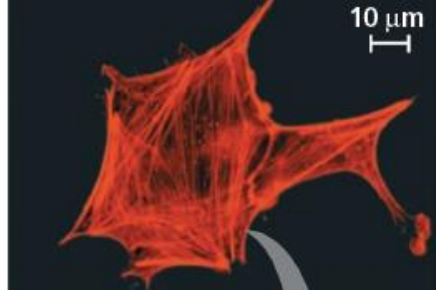
The Structure and Function of the Cytoskeleton

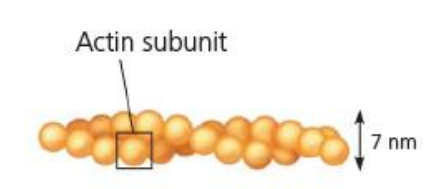
Microtubules (Tubulin Polymers)	Microfilaments (Actin Filaments)	Intermediate Filaments
Hollow tubes	Two intertwined strands of actin	Fibrous proteins coiled into cables
25 nm with 15-nm lumen	7 nm	8–12 nm



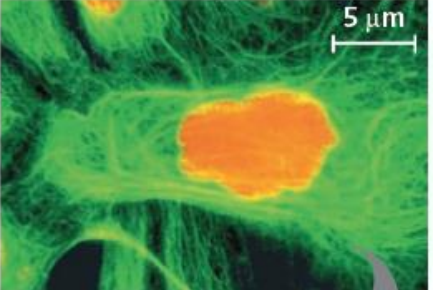


Column of tubulin dimers
25 nm
α β Tubulin dimer





Actin subunit
7 nm





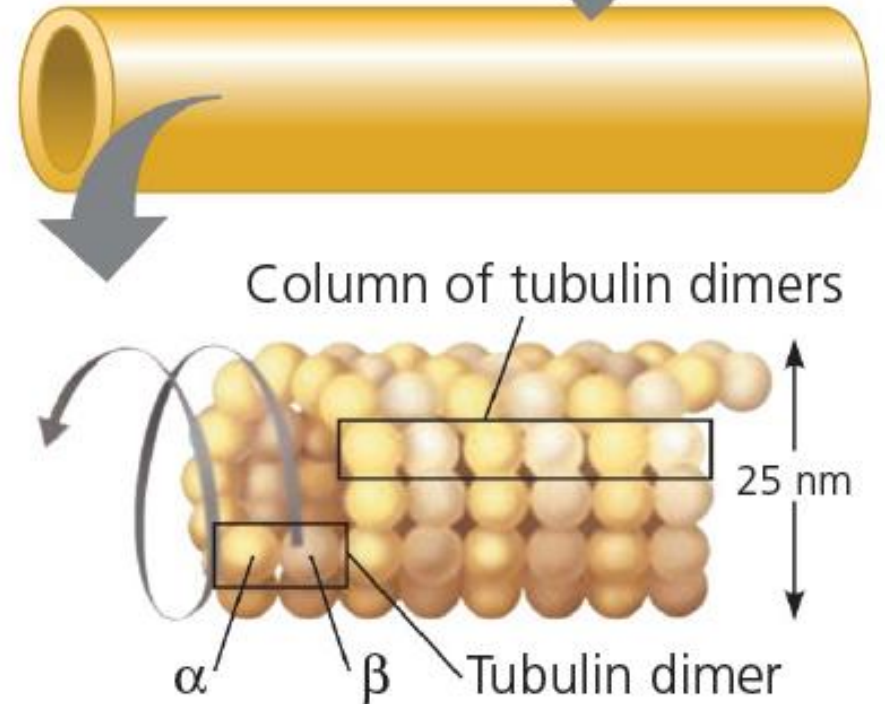
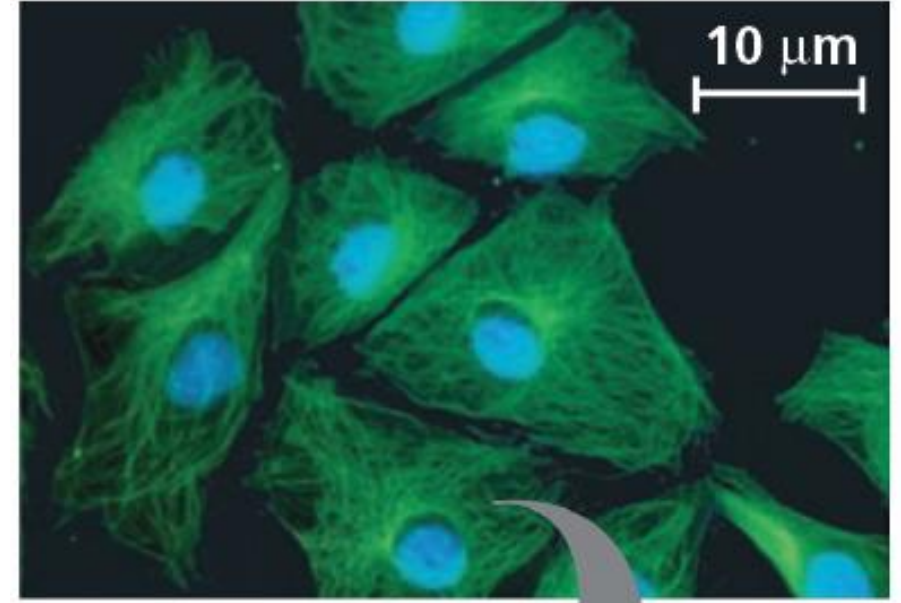
Keratin proteins
Fibrous subunit (keratins coiled together)
8–12 nm





Mikrotübüllerin Yapısı ve Özellikleri

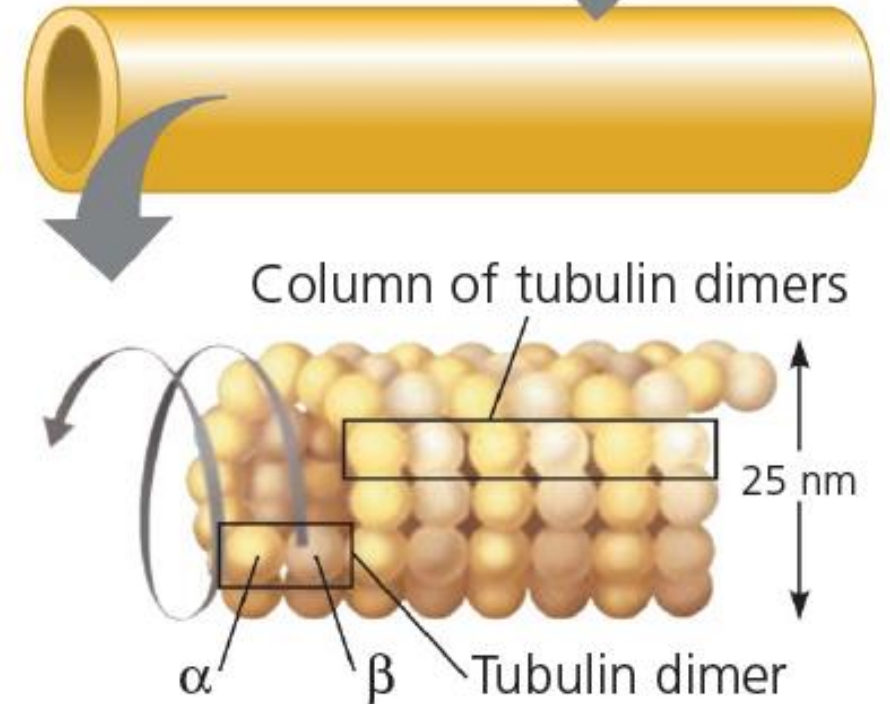
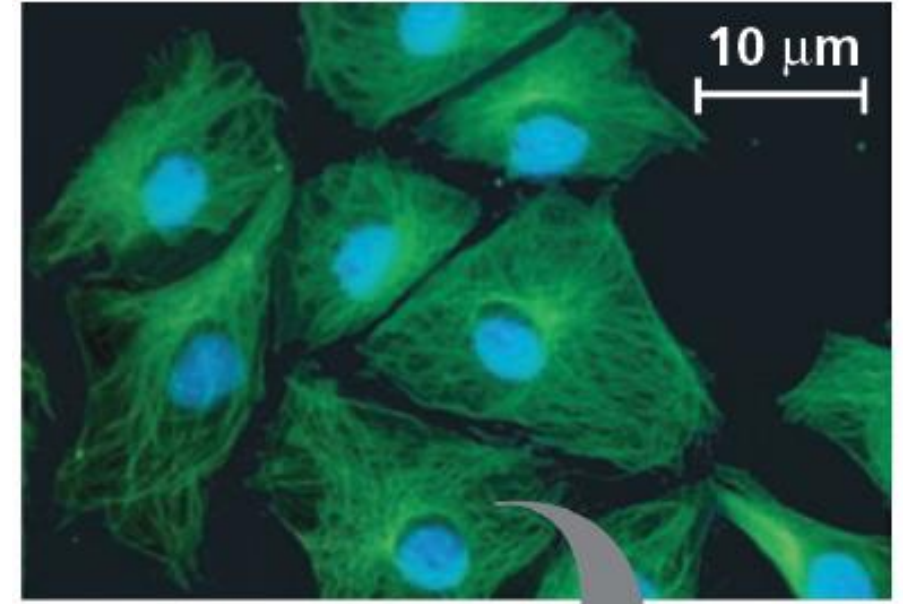
- Mikrotübüller, tüm ökaryotik hücrelerde bulunan içi boş çubuklardır.
- Bu yapılar, tübülün adı verilen küresel proteinlerden oluşur.
- Her tübülün, α -tübülün ve β -tübülün alt birimlerinden oluşan bir dimerdir.
- Mikrotübüller, tübülün dimerlerinin eklenmesiyle uzayıp kısalabilir.





Mikrotübüllerde “Artı Uç” Dinamiği

- Tübülün dimerlerinin yönelimi nedeniyle mikrotübül uçları birbirinden farklıdır.
- Bir uç, diğerine göre çok daha hızlı şekilde dimer ekleyip çıkarabilir.
- Bu uca “artı uç” adı verilir; hem ekleme hem çıkarma hızı burada daha yüksektir.
- Bu yapı, mikrotübüllerin hücre içi işlevlerini dinamik biçimde yürütmesini sağlar.





Mikrotübüllerin Hücredeki Roller

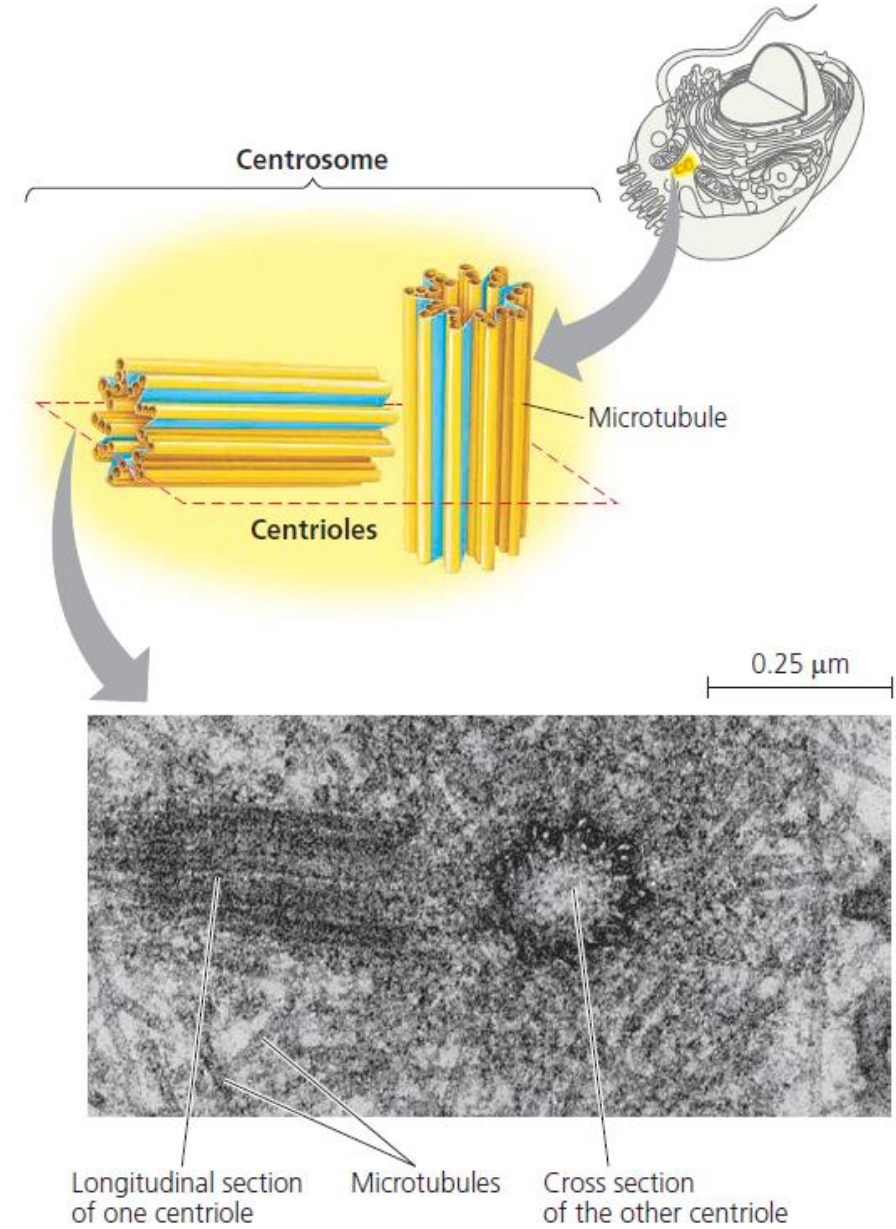
- Mikrotübüller, hücrenin şeklini koruyup destekleyen yapılardır.
- Motor proteinlerle birlikte, organellerin hücre içinde taşınmasını sağlarlar.
- Örneğin, taşıma işlemleri sırasında vezikülleri ER'den Golgi'ye, oradan plazma zarına yönlendirirler.
- Mikrotübüller hücre bölünmesi sırasında kromozom ayrılmasında görev alırlar.





Sentrozom ve Sentriyoller: Mikrotübül Organizatörleri

- Hayvan hücrelerinde mikrotübüller, çekirdeğe yakın bir bölgede yer alan sentrozomdan uzanır.
- Bu bölgedeki mikrotübüller, hücre iskeletinin sıkışmaya karşı direnç gösteren kirişleri gibi iş görür.
- Sentrozomun içinde, her biri üçlü mikrotübül gruplarından oluşan halka biçiminde dizilmiş iki sentriyol bulunur.
- Ancak her ökaryotik hücrede sentrozom ve sentriyol bulunmaz; bazı hücreler mikrotübül organizasyonunu farklı yollarla düzenler.





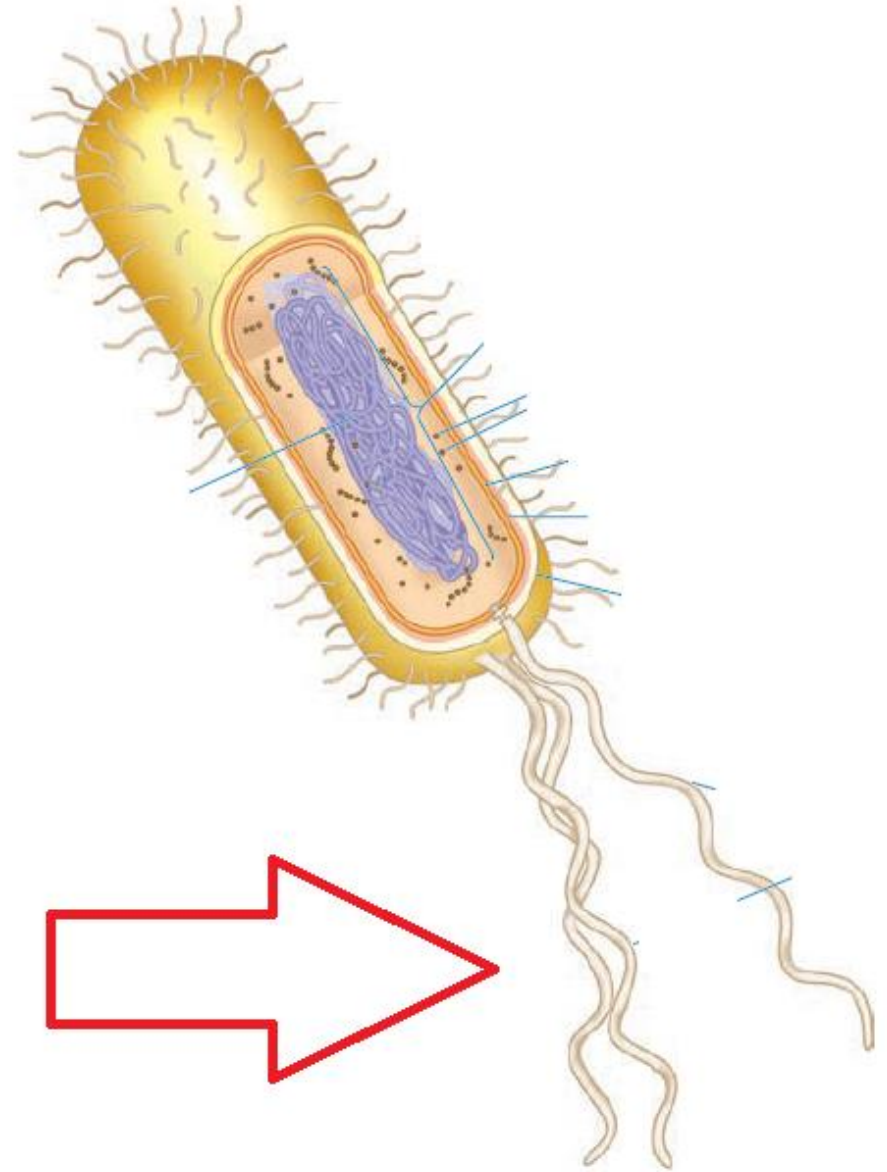
Mikrotübüllerin Organizasyonu: Genel Bir Bakış

- Sentrozomlar, hayvan hücrelerinde mikrotübüllerin düzenlenmesinde merkezi rol oynar.
- Sentriyoller, mikrotübül oluşumunu destekleyebilir ama şart değildir.
- Pek çok ökaryotik hücre, mikrotübül organizasyonunu sentrozomsuz da gerçekleştirebilir.
- Bu çeşitlilik, hücre türleri arasında organizasyon mekanizmalarının farklılık gösterebileceğini ortaya koyar.



Kamçılar ve Sillerin Temel Özellikleri

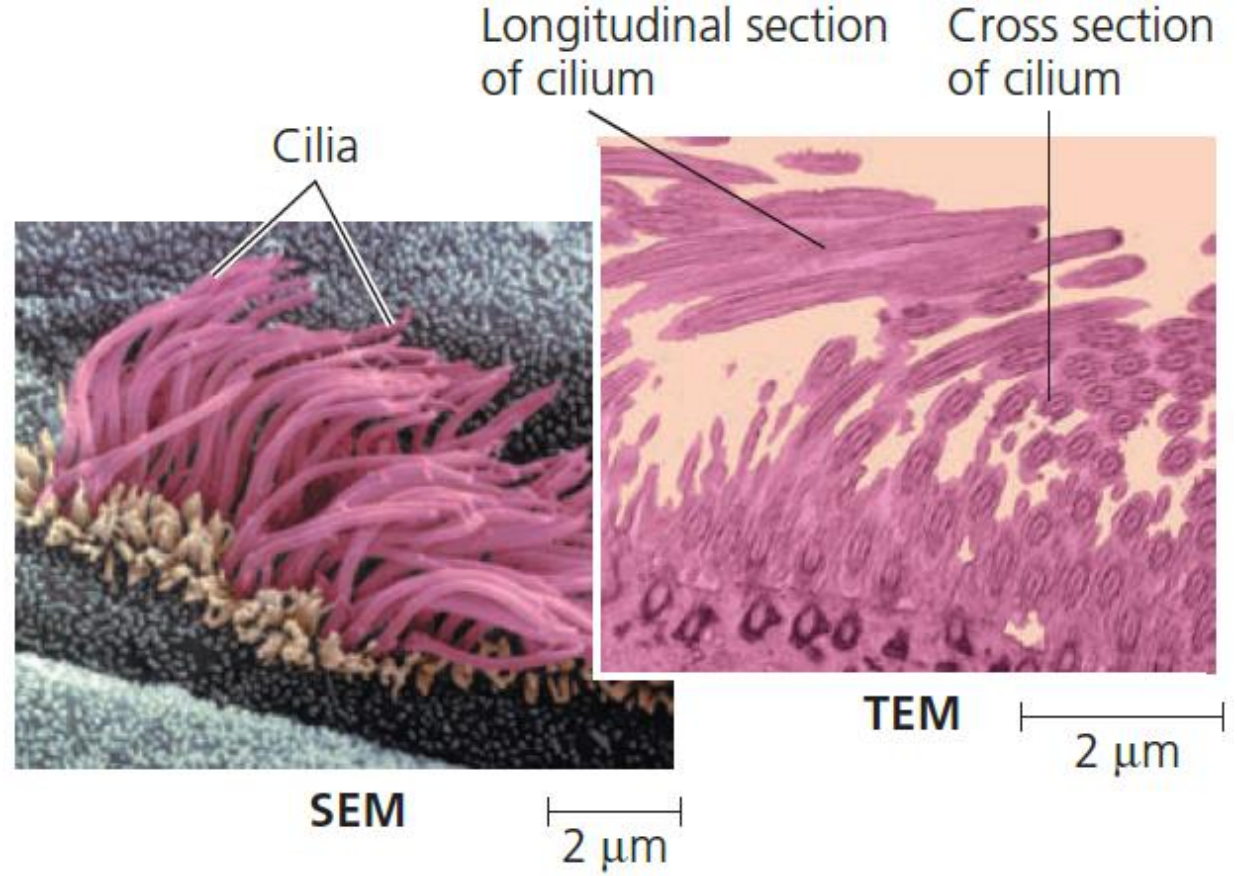
- Ökaryot hücrelerde yer alan siller ve kamçılar, mikrotübül içeren özel uzantılardır.
- Bu yapılar hücre zarından dışarı doğru uzanır ve hücre hareketinde veya sıvı taşınmasında görev alır.
- Siller ve kamçılar bazı tek hücreli ökaryotların suda hareket etmesini sağlar; ayrıca hayvan, alg ve bazı bitkilerin sperm hücrelerinde kamçılar bulunur.
- Bakteriyel kamçı ise tamamen farklı bir yapıya sahiptir.





Dokuya Bağlı Hücrelerde Siller ve Kamçılar

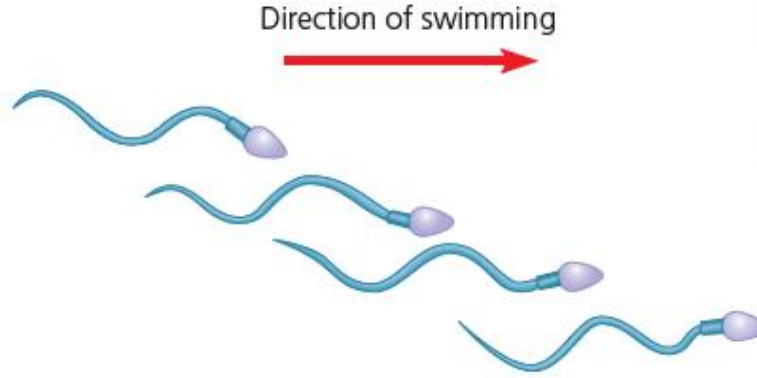
- Siller ve kamçılar, sadece hareket sağlamakla kalmaz, dokulara gömülü hücrelerde sıvı taşınımına da katkı sunar.
- Örneğin, nefes borusunu döşeyen silli epitel, mukusu ve içindeki partikülleri akciğerlerden uzaklaştırır.
- Kadın üreme sisteminde, yumurta hücresinin rahme doğru ilerlemesi siller sayesinde gerçekleşir.





Siller ve Kamçıların Sayı ve Hareket Deseni

- Hareketli siller genellikle hücre yüzeyinde çok sayıda bulunur.
- Kamçılar ise her hücrede bir ya da birkaç adet bulunur ve genellikle sillerden daha uzundur.
- Kamçılar, balık kuyruğuna benzer şekilde dalgalı hareket ederken, siller kürek çeken teknelerdeki kürekler gibi ileri-geri vuruşlar yapar.



Direction of organism's movement

Power stroke

Recovery stroke





Sillerin Duyusal Görevleri ve Primer Siller

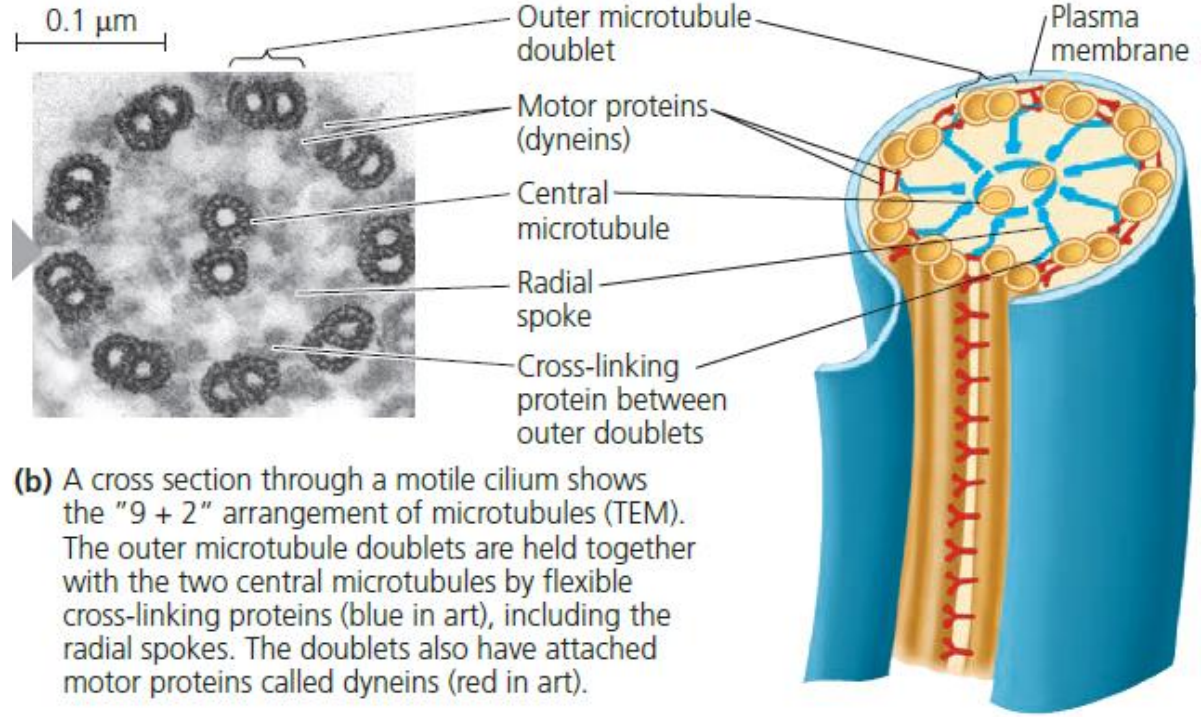
- Bazı siller hareketli değildir ve hücre için bir “anten” gibi görev yapar.
- Bu tür siller genellikle her hücrede bir adet bulunur ve “primer sil” olarak adlandırılır.
- Hücre zarındaki bu sil üzerinde yer alan proteinler, çevreden gelen moleküler sinyalleri algılar ve hücre içi yanıtları başlatır.
- Bu tür sillerin beyin fonksiyonu ve embriyonal gelişim için kritik olduğu düşünülmektedir.





Siller ve Kamçıların Ortak Yapısı: 9+2 Düzeni

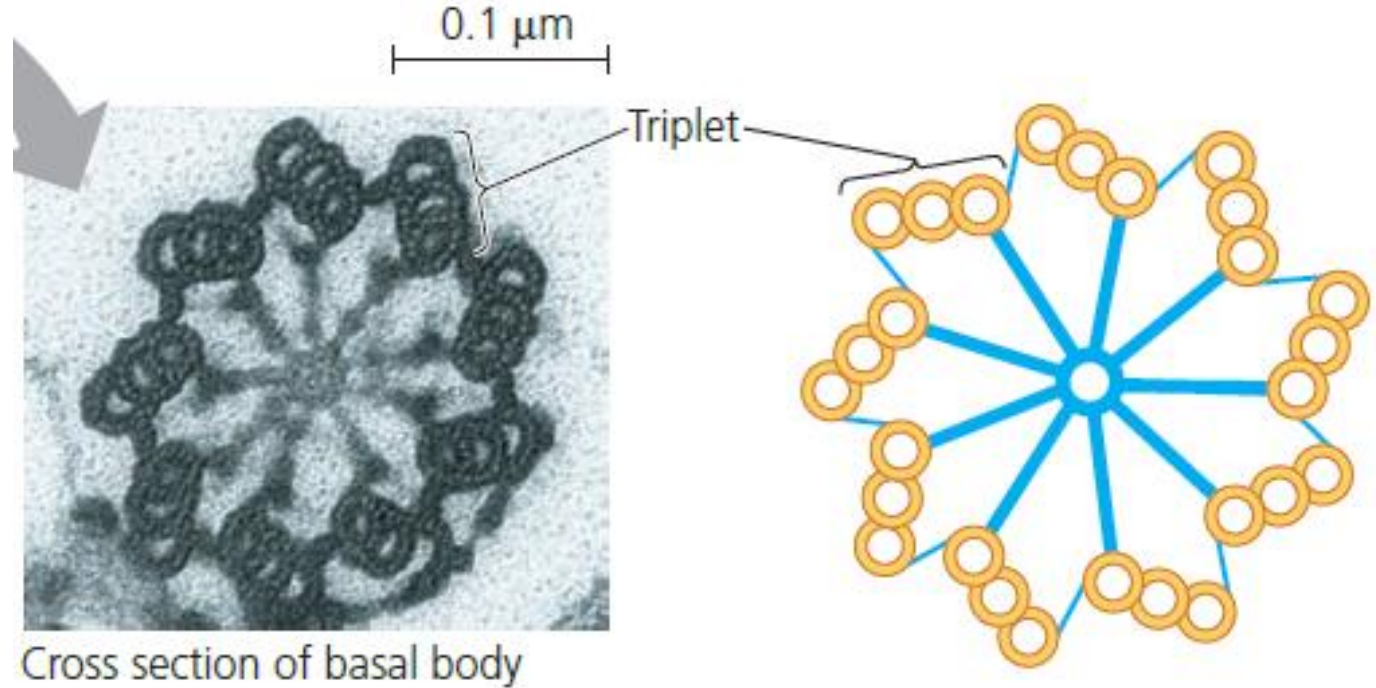
- Hareketli siller ve kamçılar, plazma zarıyla örtülü mikrotübül gruplarından oluşur.
- Yapılarında, çevresel olarak yerleşmiş dokuz mikrotübül çiftini ortada bulunan iki tek mikrotübül tamamlar – bu düzene “9 + 2” yapısı denir.
- Hareketli olmayan primer sillerde ise bu yapının ortasındaki çift bulunmaz ve “9 + 0” düzeni görülür.





Bazal Cisim ve Mikrotübül Tabanı

- Sil ya da kamçı hücre içine bazal cisim (basal body) ile tutunur.
- Bazal cisim, yapısal olarak sentriyole oldukça benzer ve “9 + 0” düzenindeki mikrotübül üçlülerinden oluşur.
- Döllenme sırasında, sperm kamçısının bazal cismi yumurtaya girerek sentriol haline dönüşebilir.



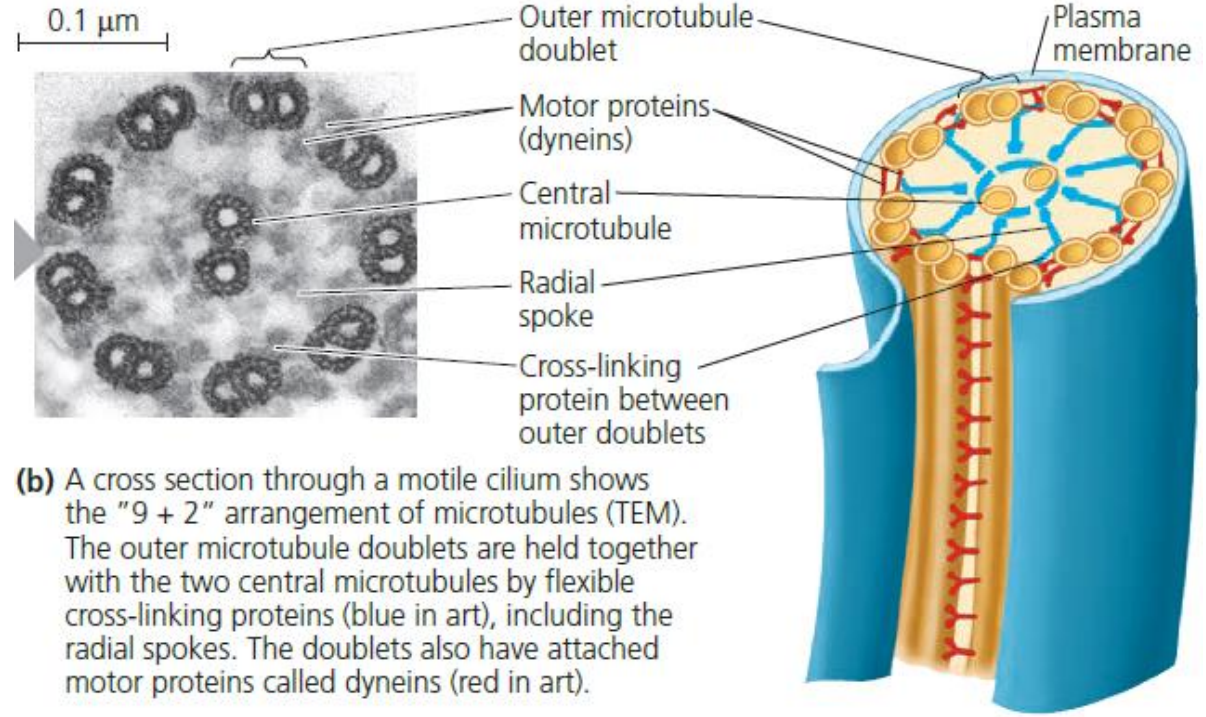
Cross section of basal body





Dynein Proteinleri ve Bükülme Hareketi

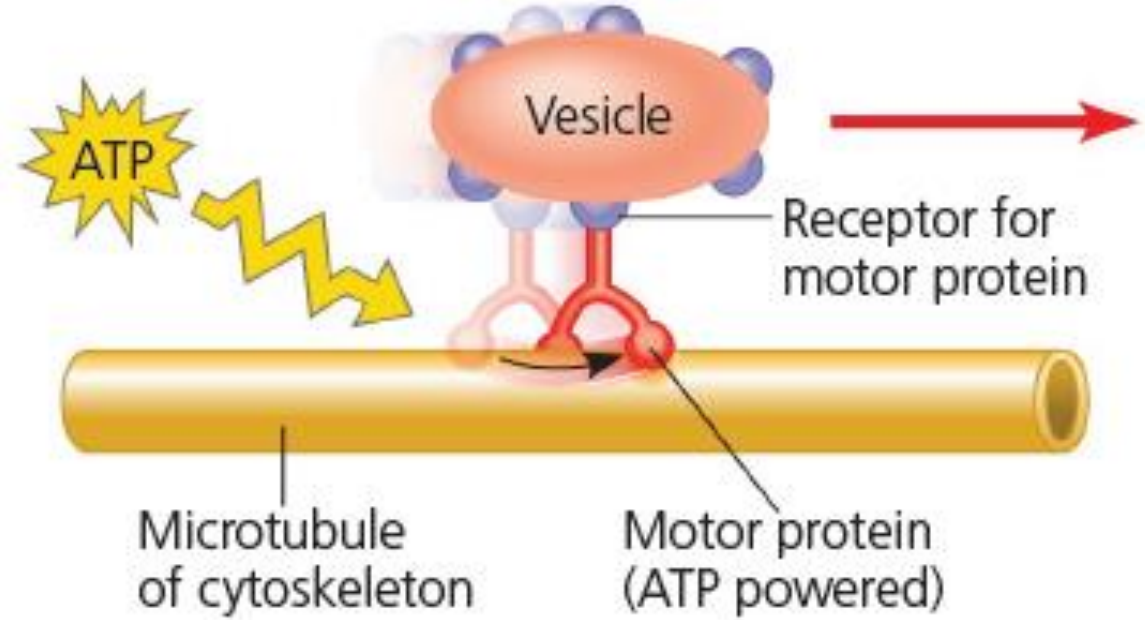
- Sil ve kamçılardaki bükülme hareketi, mikrotübüller boyunca yer alan büyük motor proteinler olan dynein'ler sayesinde gerçekleşir.





Dynein Proteinleri ve Bükülme Hareketi

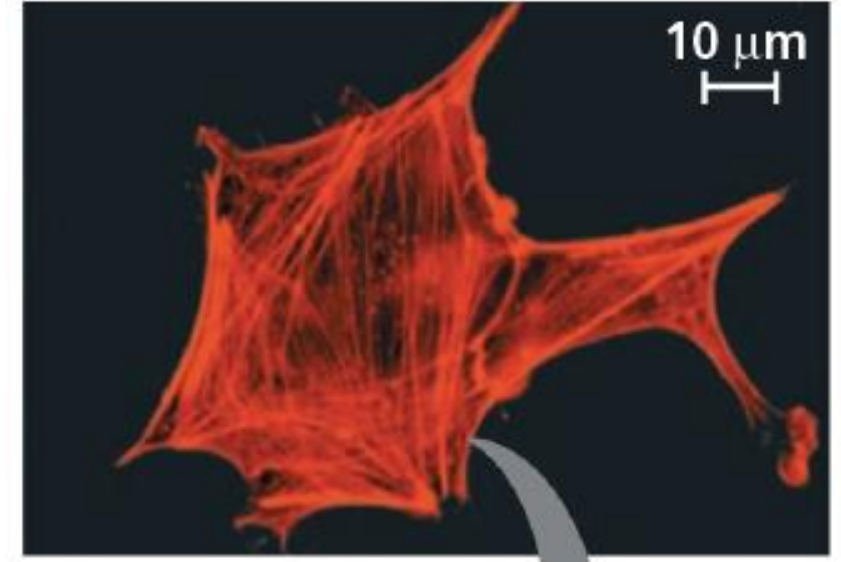
- Dynein proteinlerinin her biri, mikrotübül boyunca yürüyen iki “ayağa” sahiptir ve ATP kullanarak hareket eder.
- Mikrotübül çiftlerini birbirine bağlayan esnek proteinler sayesinde, kayma hareketi yerine bükülme hareketi ortaya çıkar.
- Bu koordineli yürüyüş, yapının bir tarafında gerçekleştiğinde sil ya da kamçının esnek bir şekilde eğilmesini sağlar.





Mikrofilamentlerin Yapısı ve Temel Özellikleri

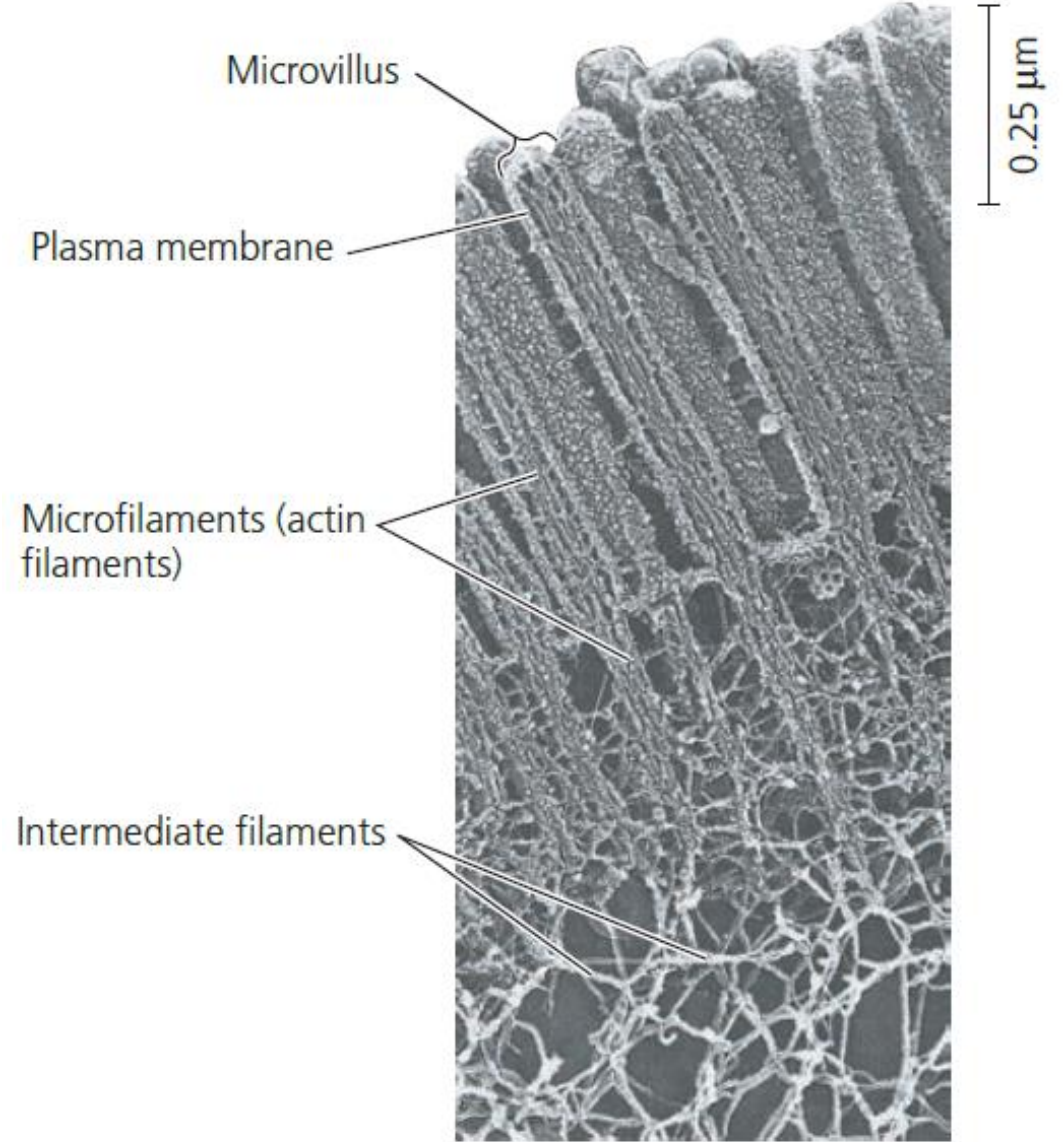
- Mikrofilamentler, ince ve katı çubuklardır; aktin proteinlerinden oluşurlar.
- Her bir mikrofilament, aktin alt birimlerinden oluşmuş burulmuş çift zincir yapısındadır.
- Lineer filamentler şeklinde bulunabilirler ya da belirli proteinlerle dallanarak yapısal ağlar oluşturabilirler.
- Mikrotübüller gibi, mikrofilamentler de tüm ökaryot hücrelerde yer alır.





Mikrofilamentlerin Hücre Yapısındaki Rolü

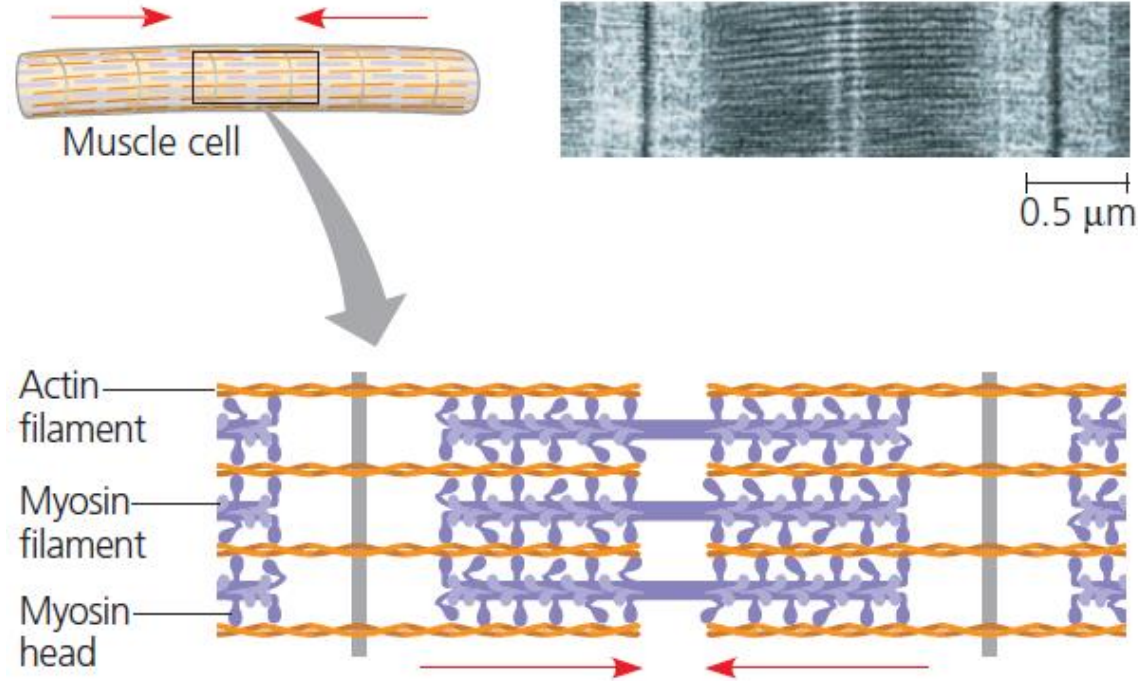
- Mikrotübüllerin sıkıştırmaya karşı dirençli rolüne karşın, mikrofilamentler çekme kuvvetlerine direnç sağlar.
- Plazma zarının hemen altında yer alan üç boyutlu mikrofilament ağı, hücrenin şeklinin korunmasına katkı sağlar.
- Bu ağ, hücrenin dış sitoplazmik katmanına (korteks) jel kıvamı verir; iç sitoplazma ise daha sıvıdır.
- Özellikle bağırsak hücrelerinde, mikrofilament demetleri mikrovillusların çekirdek yapısını oluşturur.





Mikrofilamentlerin Hücre Hareketine Katkısı

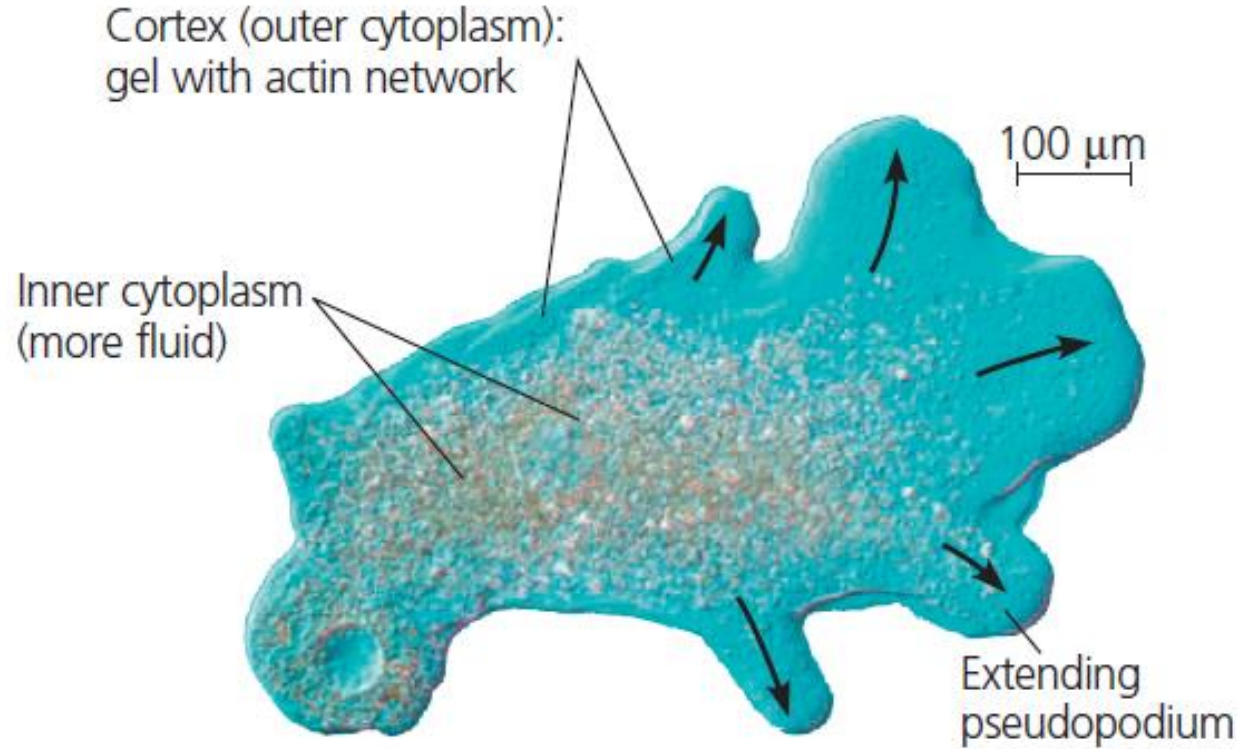
- Mikrofilamentler, hücre hareketliliğinde önemli bir rol oynar.
- Kas hücrelerinde, aktin ve miyozin filamentleri etkileşerek kasılmayı sağlar.





Mikrofilamentlerin Hücre Hareketine Katkısı

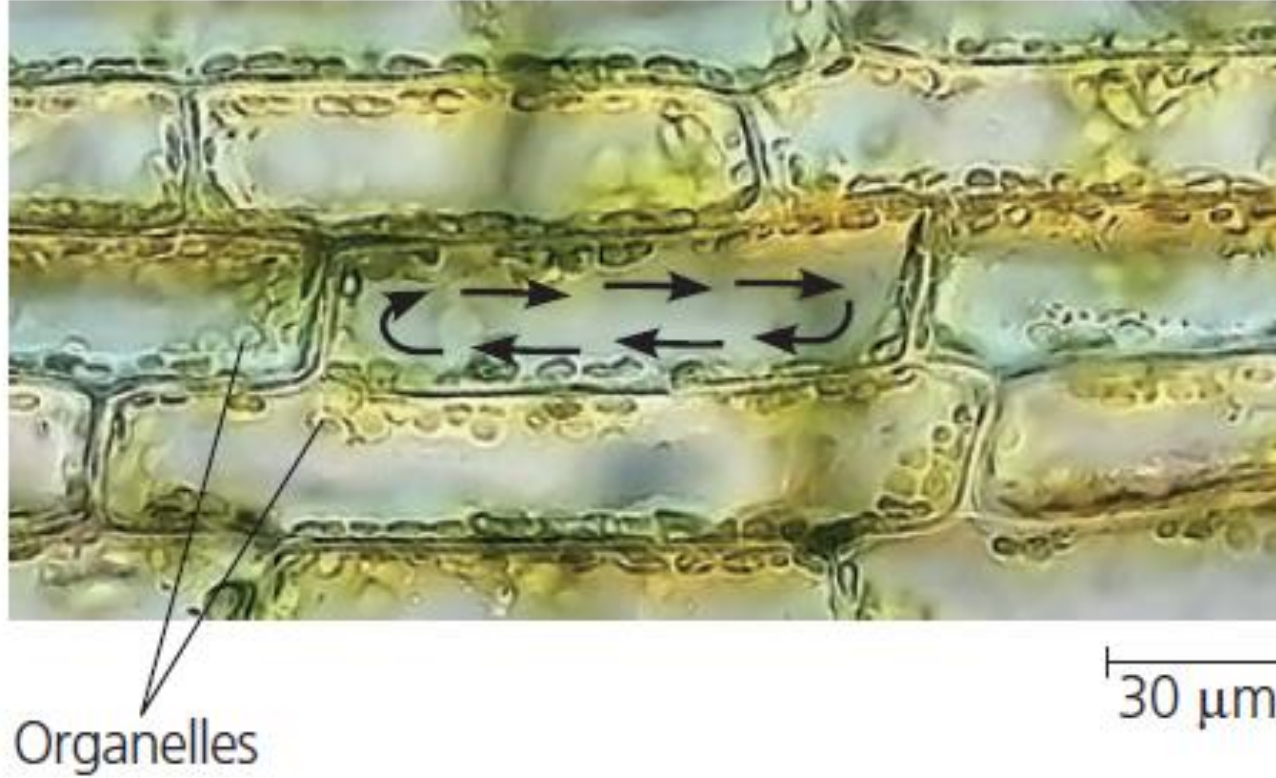
- Amip ve bazı akyuvarlarda aktin-miyozin etkileşimleriyle yalancı ayaklar oluşur; hücre bu yapılarla ilerler.





Mikrofilamentlerin Hücre Hareketine Katkısı

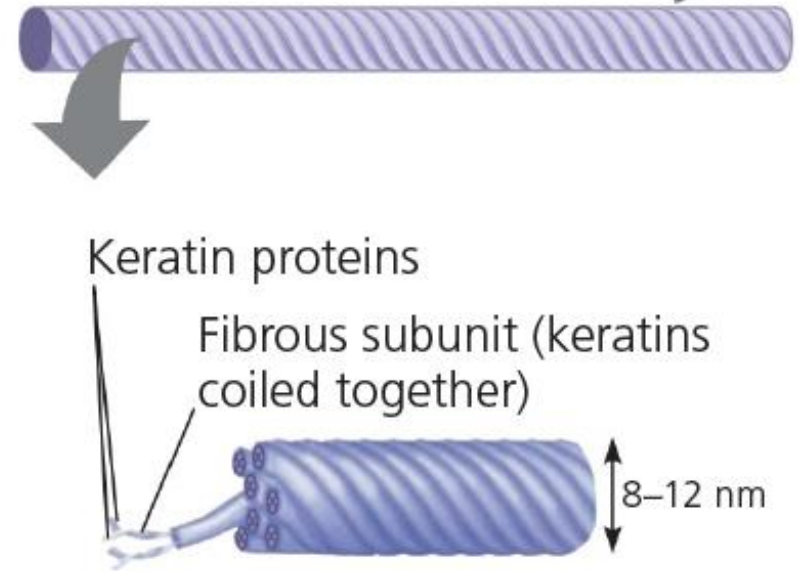
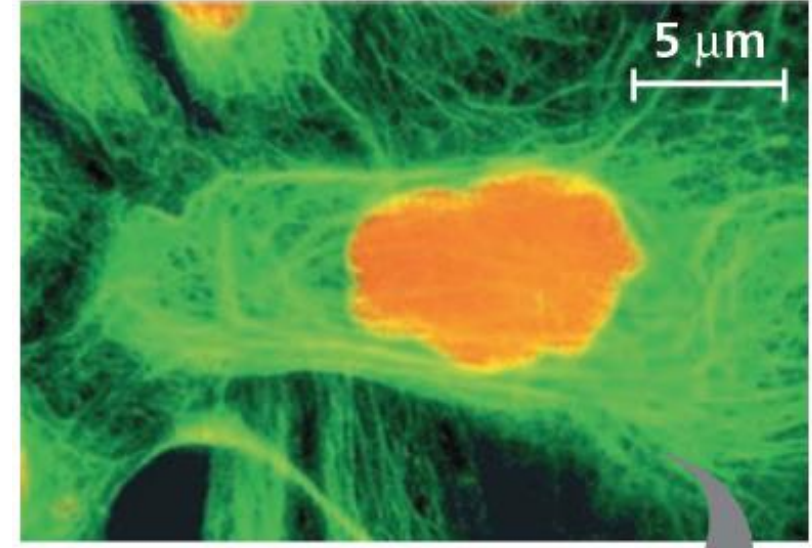
- Bitki hücrelerinde aktin proteini, sitoplazmik akış adı verilen dolaşımı sağlar.





Ara Filamentlerin Yapısı ve Özellikleri

- Ara filamentler, çap olarak mikrofilamentlerden büyük, mikrotübüllerden küçüktür.
- Mikrotübül ve mikrofilamentler tüm ökaryotlarda görülürken, ara filamentler sadece bazı hayvan hücrelerinde bulunur.
- Aktin gibi çekmeye dirençli olan bu yapılar, farklı protein alt birimlerinden oluşur; keratin bu proteinlerden biridir.
- Mikrotübül ve mikrofilamentler sabit yapılarda değilken, ara filamentler hücrede daha kalıcıdır.





Ara Filamentlerin Hücredeki İşlevleri

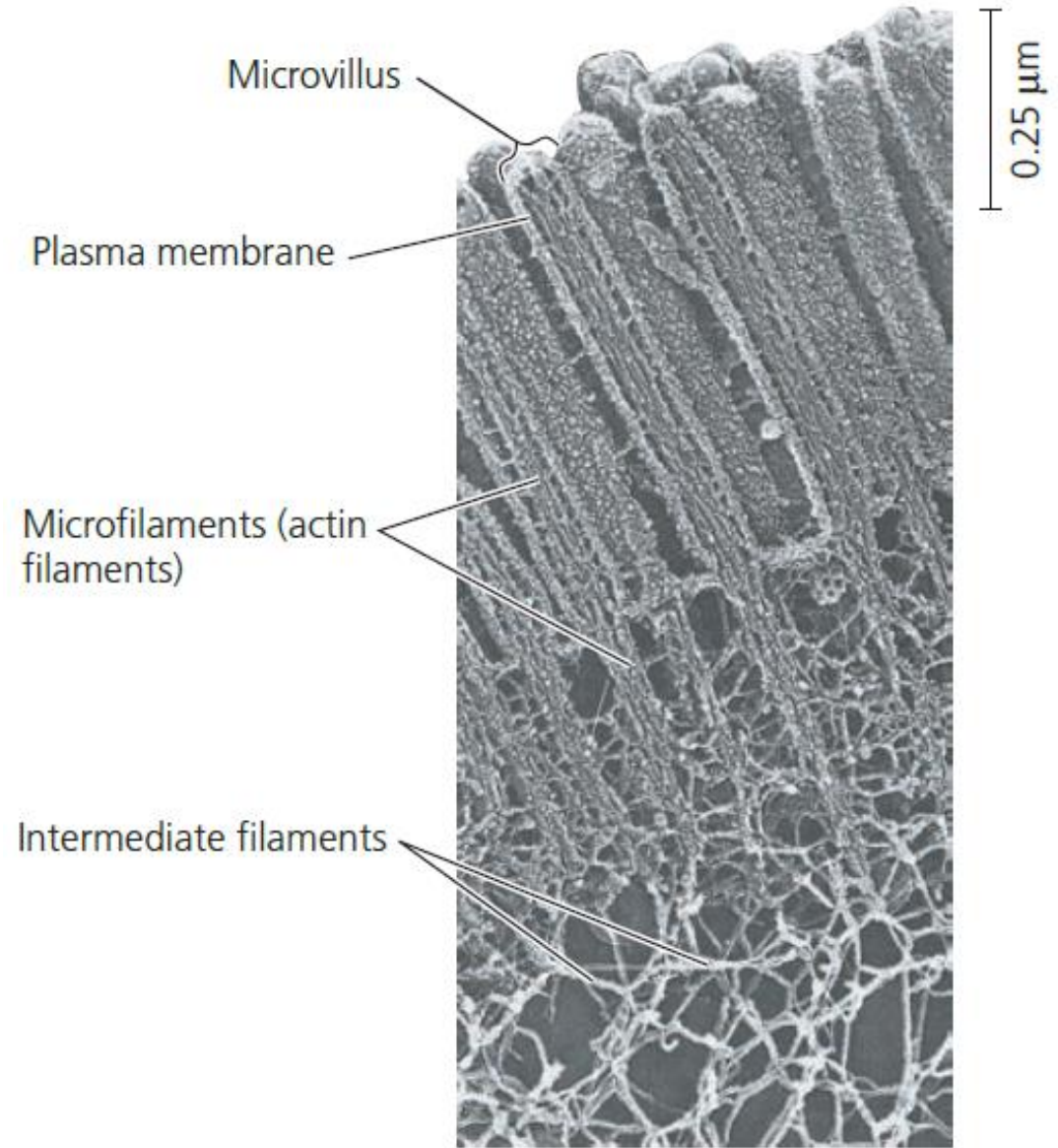
- Hücre öldükten sonra bile ara filament ağları kalabilir; örneğin, derideki ölü hücreler keratin filamentleriyle doludur.
- Mikrofilamentler ve mikrotübüller çıkarılsa bile, ara filamentler hücre şeklini koruyabilir.
- Bu yapılar, hücre şeklinin korunmasında ve organellerin sabitlenmesinde önemli rol oynar.
- Örneğin, çekirdek genellikle sitoplazmaya uzanan ara filament dallarıyla sabitlenir.





Ara Filamentlerin Hücre Organizasyonuna Katkısı

- Ara filamentler, çekirdek zarının iç yüzeyini döşeyen nükleer laminayı oluşturur.
- Hücre şeklinin desteklenmesi, hücrelerin özgül işlevlerini yerine getirmelerini kolaylaştırır.
- Yanda görüldüğü gibi, bağırsak mikrovilluslarını destekleyen mikrofilamentler, ara filament ağına bağlıdır.
- Farklı tipte ara filamentler, hücrenin kalıcı iskelet yapısını oluşturarak genel organizasyona katkıda bulunur.





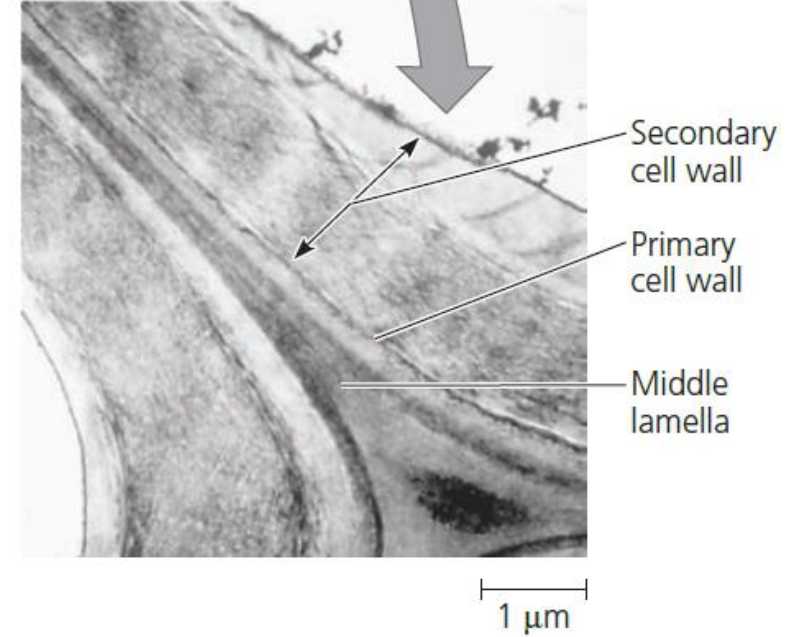
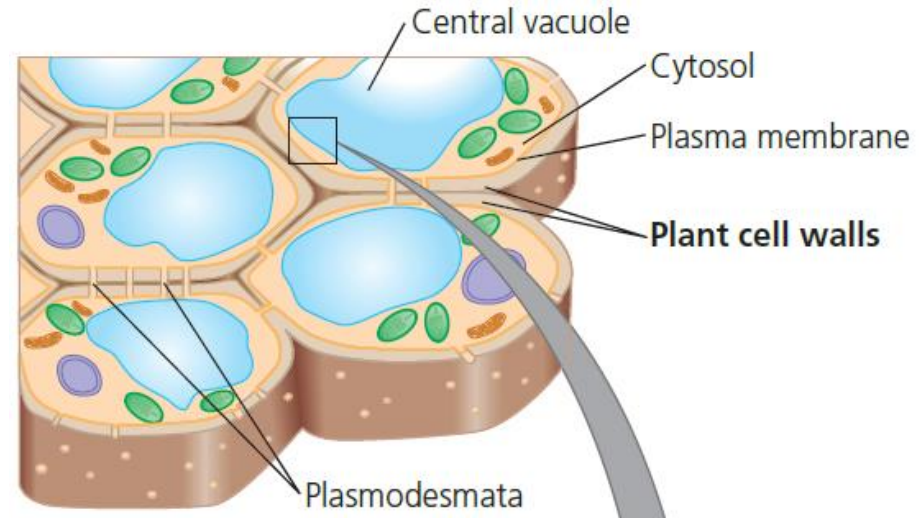
Hücre Yüzeyine Dönüş

- Hücrenin iç yapısını inceledikten sonra, şimdi yüzeyine dönerek dış yapılara göz atıyoruz.
- Plazma zarı genellikle canlı hücrenin sınırı olarak kabul edilir.
- Ancak pek çok hücre, dış ortama çeşitli maddeler salgılar ve bu maddeler önemli işlevler üstlenir.
- Hücre dışı yapıların çalışılması, hücre biyolojisinin önemli bir parçasıdır çünkü bu yapılar çok sayıda yaşamsal fonksiyona katılır.



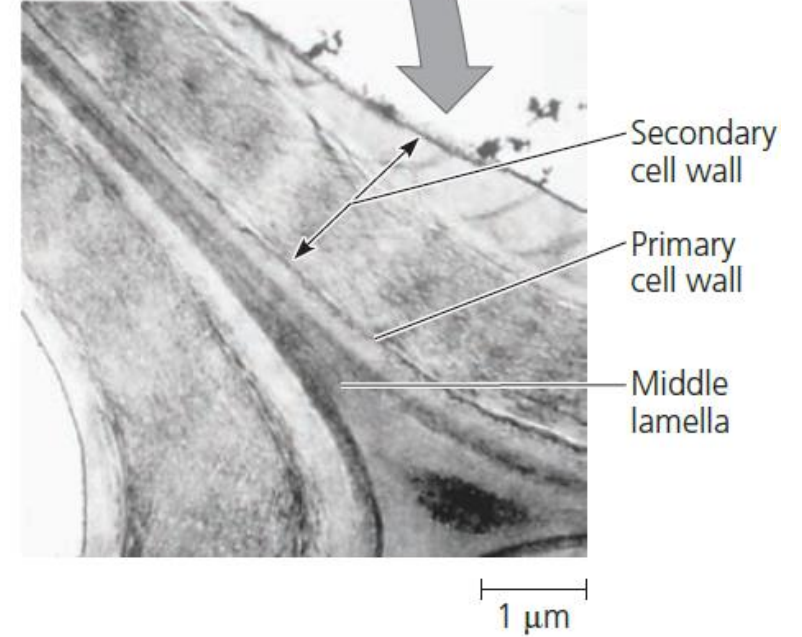
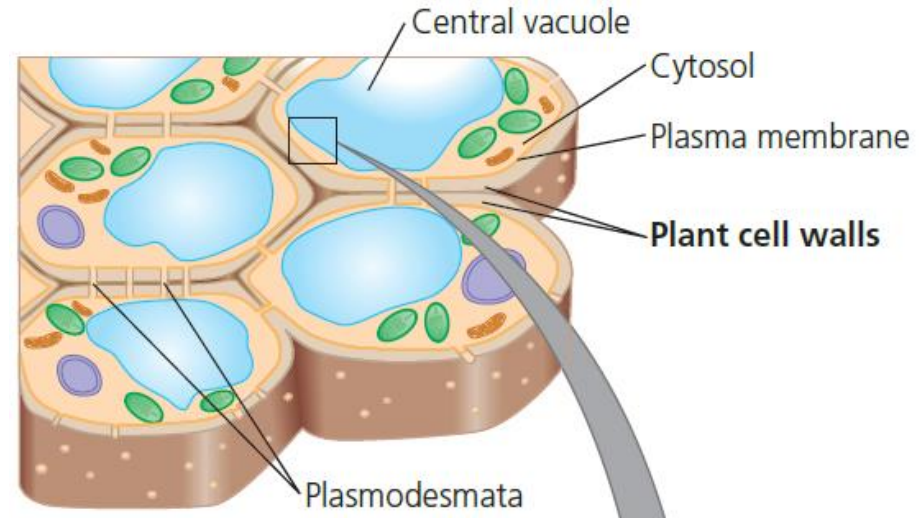
Bitki Hücrelerinde Hücre Duvarı

- Hücre duvarı, bitki hücrelerine özgü hücre dışı bir yapıdır.
- Bu yapı, bitki hücrelerini korur, şeklini korumasına yardımcı olur ve aşırı su alımını engeller.
- Bitki düzeyinde ise güçlü duvarlar, yerçekimine karşı dik durmayı sağlar.
- Prokaryotlar, mantarlar ve bazı tek hücreli ökaryotlarda da hücre duvarı bulunur, ancak bunlar daha sonra ele alınacaktır.



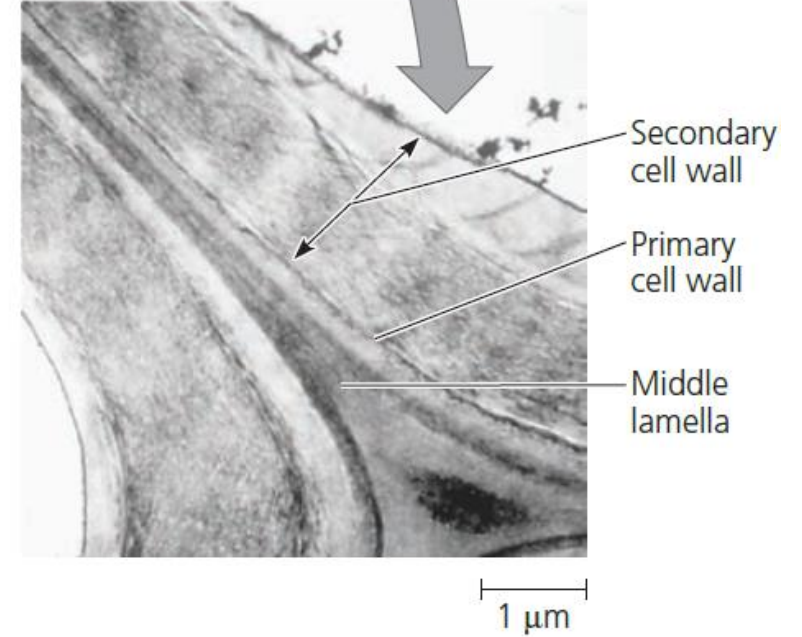
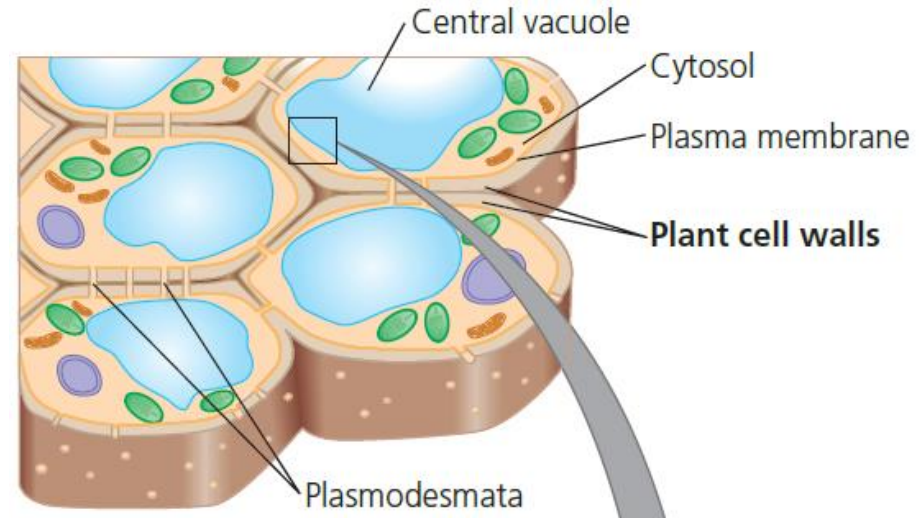
Hücre Duvarının Yapısı

- Bitki hücrelerinin duvarı, plazma zarından çok daha kalındır.
- Hücre duvarının kimyasal bileşimi türden türe ve hücre tipine göre değişse de temel yapısı benzerdir.
- Selüloz mikofilamentleri, diğer polisakkaritler ve proteinlerin oluşturduğu matriks içinde yer alır.
- Bu yapı, çelik donatılı beton ya da fiberglas gibi, dayanıklı ve destekleyici bir mimari yapı oluşturur.



Hücre Duvarı Türleri

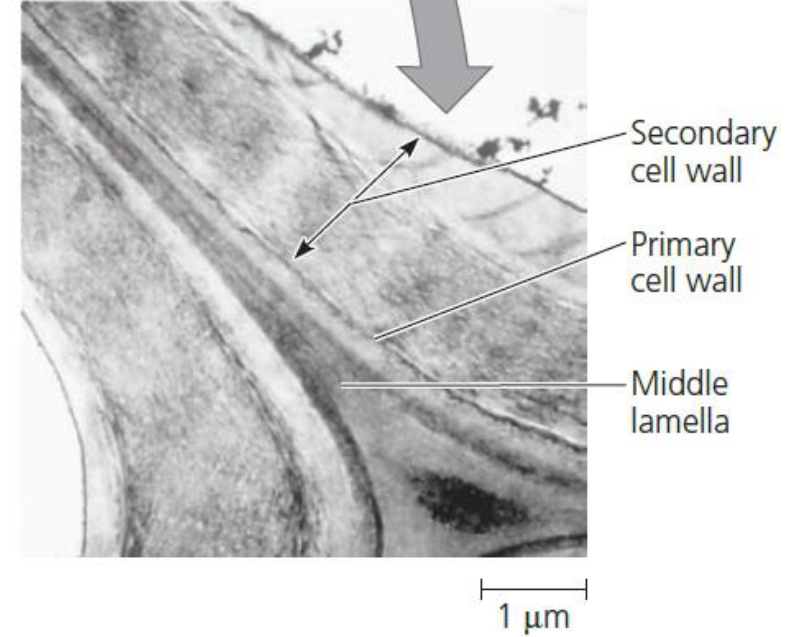
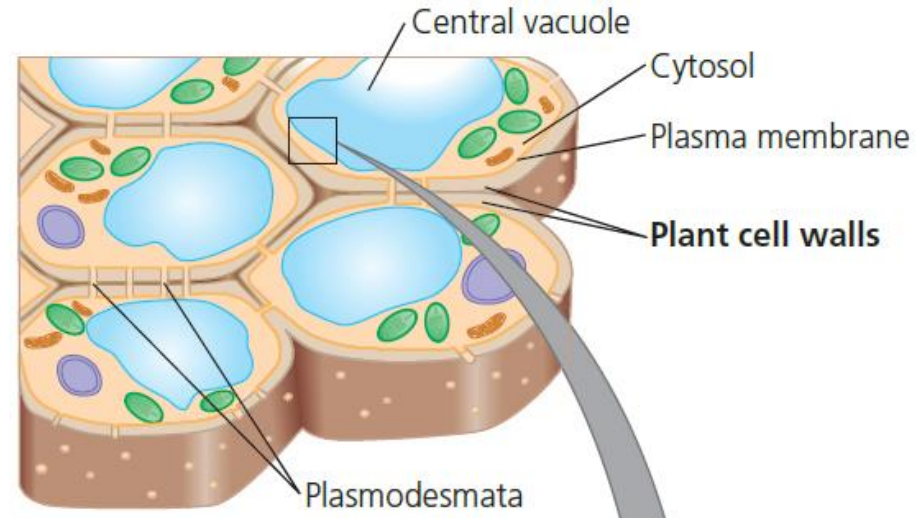
- Genç bir bitki hücresi, öncelikle ince ve esnek bir birincil hücre duvarı salgılar.
- Komşu hücrelerin birincil duvarları arasında orta lamel bulunur; bu yapı pektin açısından zengindir.
- Orta lamel, bitişik hücreleri birbirine yapıştıran “tutkal” görevi görür.
- Hücre olgunlaştığında, duvarını sertleştirerek dayanıklılığını artırır.





İkincil Hücre Duvarı ve Plazmodezmalar

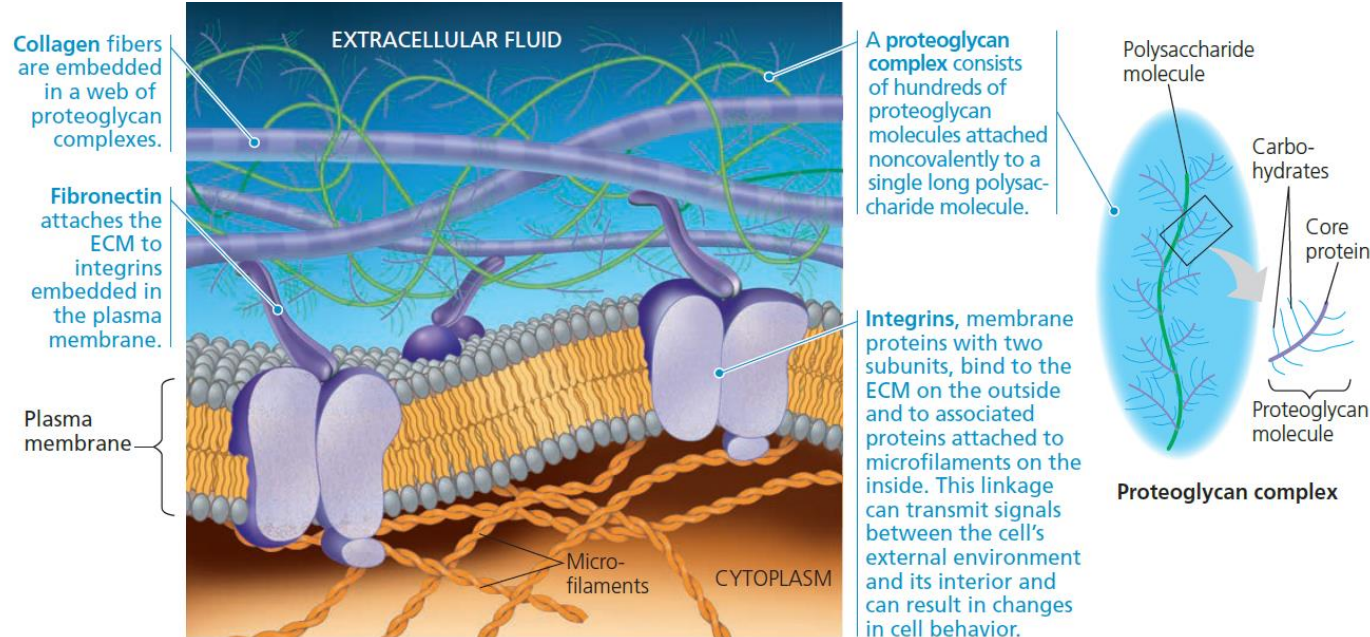
- Bazı hücreler, birincil duvara sertleştirici maddeler salgılayarak dayanıklılık kazanır.
- Diğer hücreler ise, plazma zarı ile birincil duvar arasında ikincil bir duvar oluşturur.
- İkincil duvar genellikle katmanlı ve oldukça sağlam bir yapıya sahiptir; örneğin odun, büyük ölçüde bu duvarlardan oluşur.
- Bitki hücre duvarları, komşu hücrelerle bağlantı sağlayan plazmodezmatalarla deliklidir.





Hayvan Hücrelerinde Hücre Dışı Matriks (HDM)

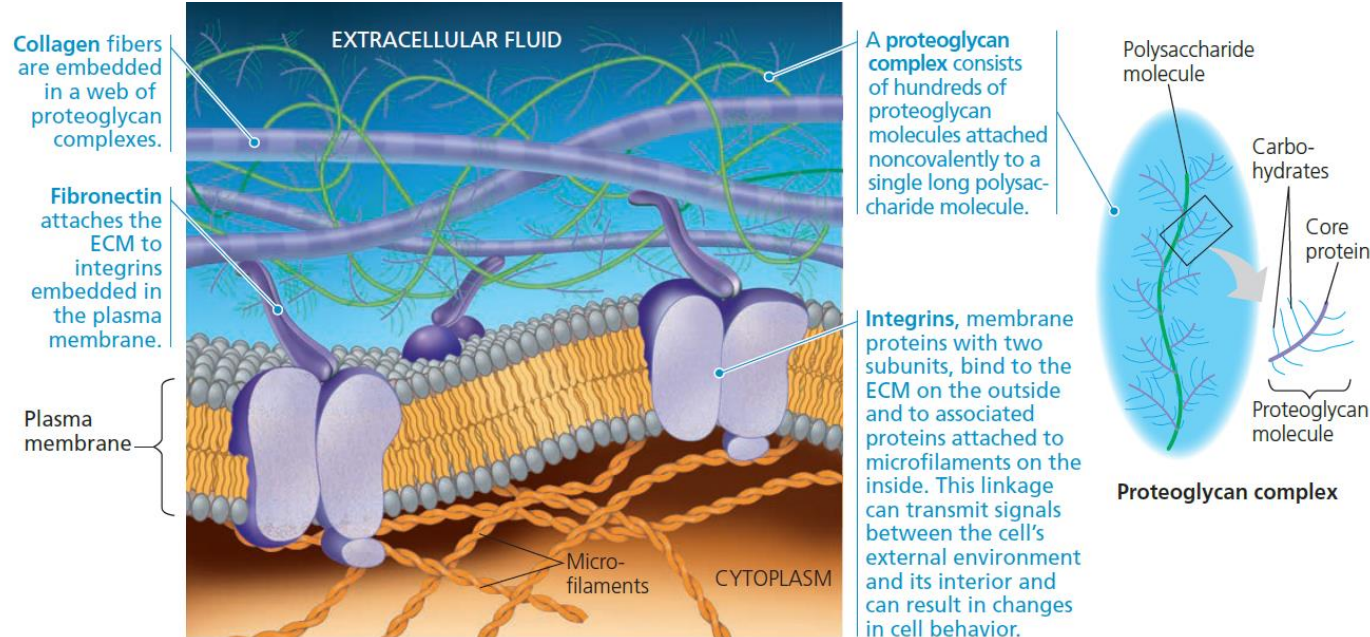
- Hayvan hücrelerinde bitkilerdeki gibi hücre duvarı yoktur, ancak karmaşık bir hücre dışı matriks (HDM) bulunur.
- HDM'nin ana bileşenleri, hücreler tarafından salgılanan glikoproteinler ve karbonhidrat içeren diğer moleküllerdir.





Hayvan Hücrelerinde Hücre Dışı Matriks (HDM)

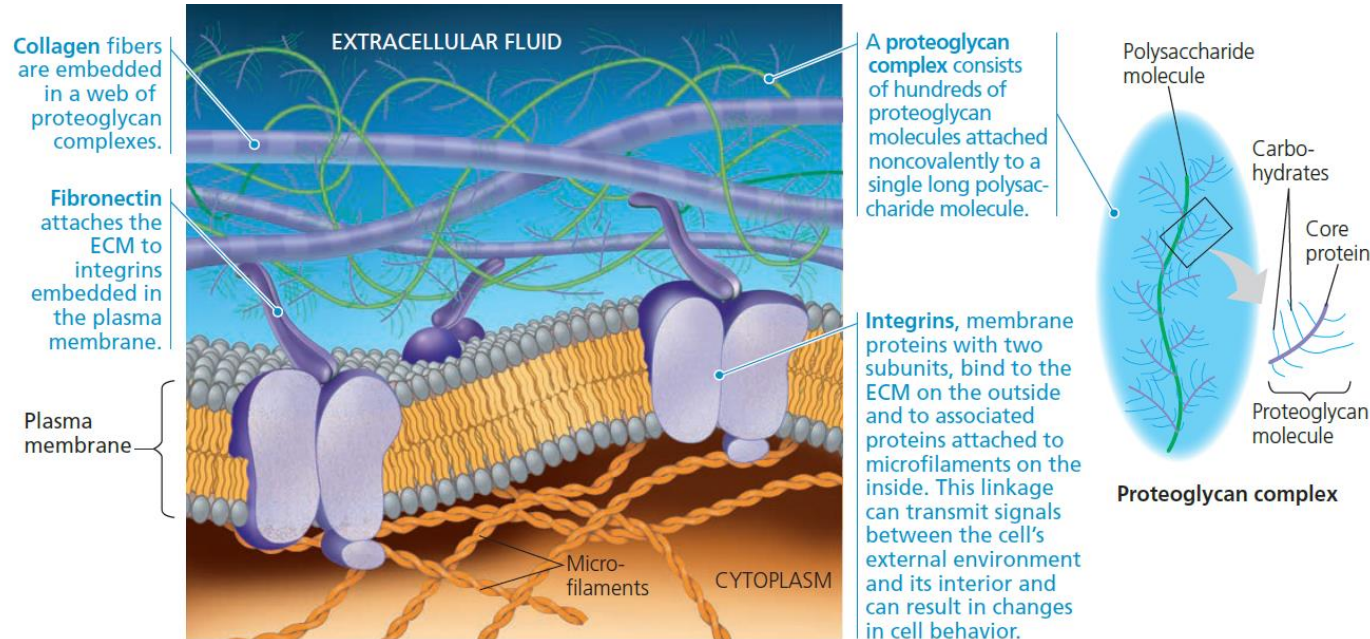
- HDM'deki en bol glikoprotein, hücre dışı güçlü lifler oluşturan kollajendir.
- Kollajen lifleri, hücrelerin salgıladığı proteoglikan ağı içinde yer alır.





Proteoglikanlar ve HDM Yapısı

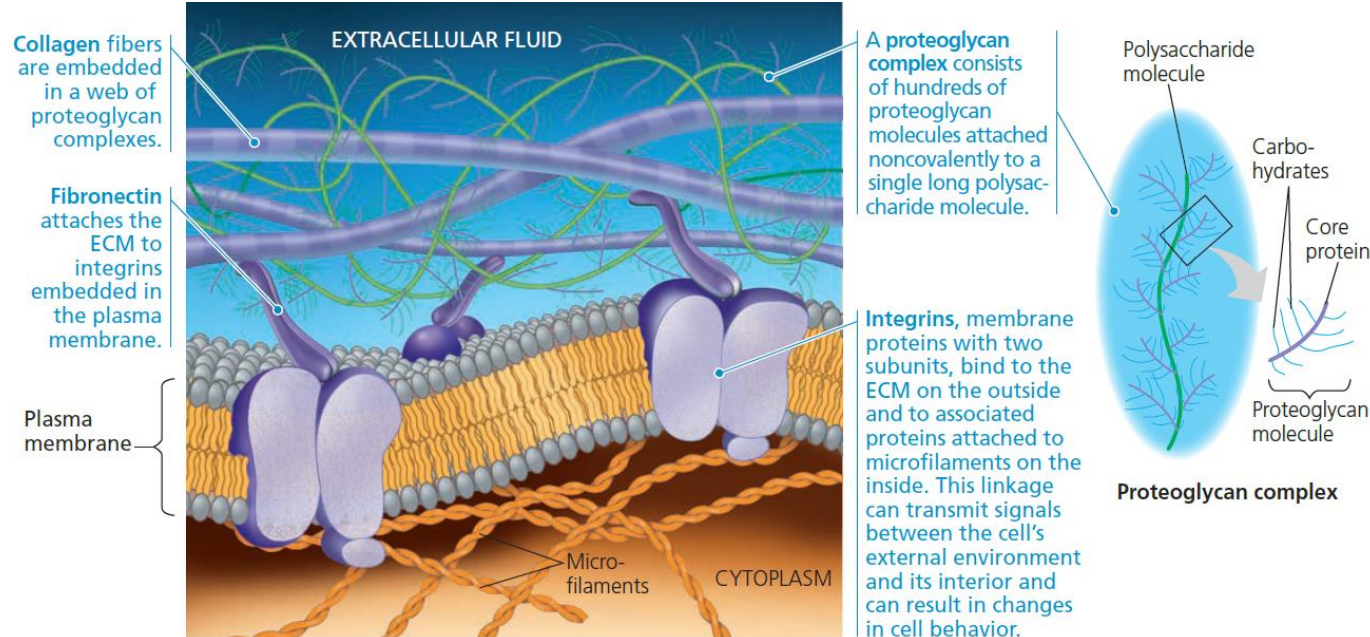
- Bir proteoglikan molekülü, küçük bir protein çekirdeği ve ona bağlı birçok karbonhidrat zincirinden oluşur.
- Bazı komplekslerde, yüzlerce proteoglikan, tek bir uzun polisakkarit molekülüne bağlanarak büyük yapılar oluşturur.





Proteoglikanlar ve HDM Yapısı

- HDM içindeki bazı glikoproteinler (örneğin fibronectin), hücreleri HDM'ye bağlar.
- Bu bağlantı, hücre zarındaki integrin adı verilen reseptör proteinler aracılığıyla gerçekleşir.





İntegrinler ve Hücre İçi İletişim

- İntegrinler, zar boyunca uzanır ve hücre içindeki mikrofilyamentlere bağlı proteinlerle temas kurar.
- Bu yapılar, HDM ile hücre iskeleti arasında sinyaller ileterek dış ve iç çevreyi bütünleştirir.
- *İntegrin adı da buradan gelir:* dış ve iç sinyalleri “entegre” eder.
- Bu sinyaller, hücre davranışının düzenlenmesinde rol oynar.



HDM ve Hücresel Davranış

- HDM, integrinler aracılığıyla hücre ile iletişime geçerek hücresel işlevleri yönlendirebilir.
- Örneğin, gelişen bir embriyoda bazı hücreler, HDM liflerinin düzenine uygun şekilde yönelerek göç eder.
- HDM, hücre çekirdeğindeki gen aktivitesini bile etkileyebilir.
- Bu düzenleme hem mekanik hem kimyasal sinyal yollarıyla gerçekleşir.



HDM'nin Hücre Fonksiyonlarını Koordine Etmesi

- Mekanik sinyallerde, fibronektin, integrin ve mikrofilamentler görev alır.
- Hücre iskeletindeki değişimler, hücre içi sinyal yollarını tetikleyerek gen ifadesini etkiler.
- Bu sayede, belirli bir dokudaki hücrelerin işlevleri, HDM tarafından uyumlu hale getirilebilir.
- Bir sonraki aşamada, hücreler arası doğrudan bağlantılarla bu koordinasyonun nasıl sağlandığı incelenecektir.





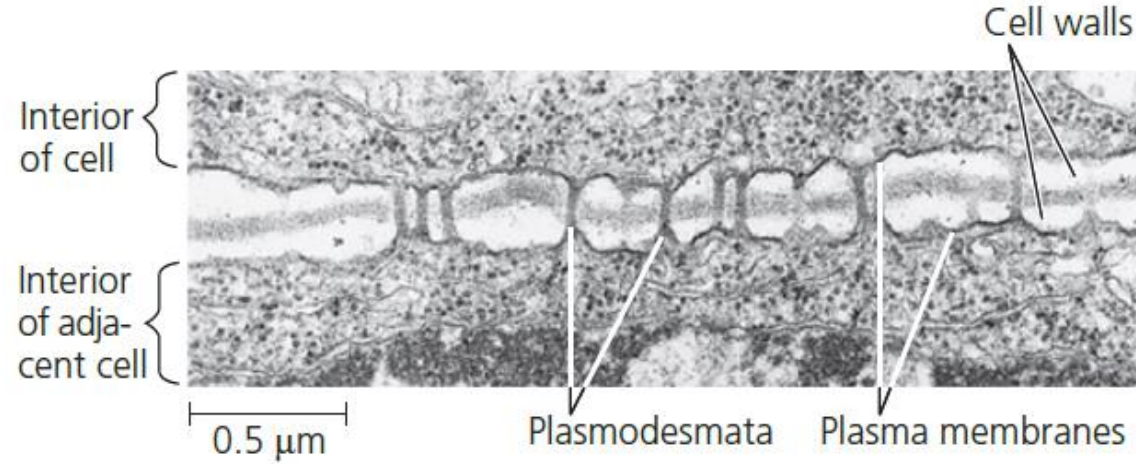
Hücreler Arası Fiziksel Etkileşimler

- Bitki ve hayvan hücreleri, dokular ve organlar halinde organize olur.
- Komşu hücreler, doğrudan fiziksel temas kurarak birbirleriyle etkileşir ve iletişim sağlar.
- Bu temas noktaları, hücreler arasında yapısal bütünlük ve madde alışverişi için kritik önemdedir.



Bitki Hücrelerinde Plasmodesmata

- Bitki hücre duvarları, hücreleri tamamen izole etmez; aksine plasmodesmata adı verilen kanallarla deliklidir.
- Plasmodesmata, komşu hücrelerin sitozollerini birleştirerek tek bir canlı yapı gibi davranmalarını sağlar.
- Bu kanallar boyunca su ve küçük çözünebilen maddeler serbestçe geçebilir.





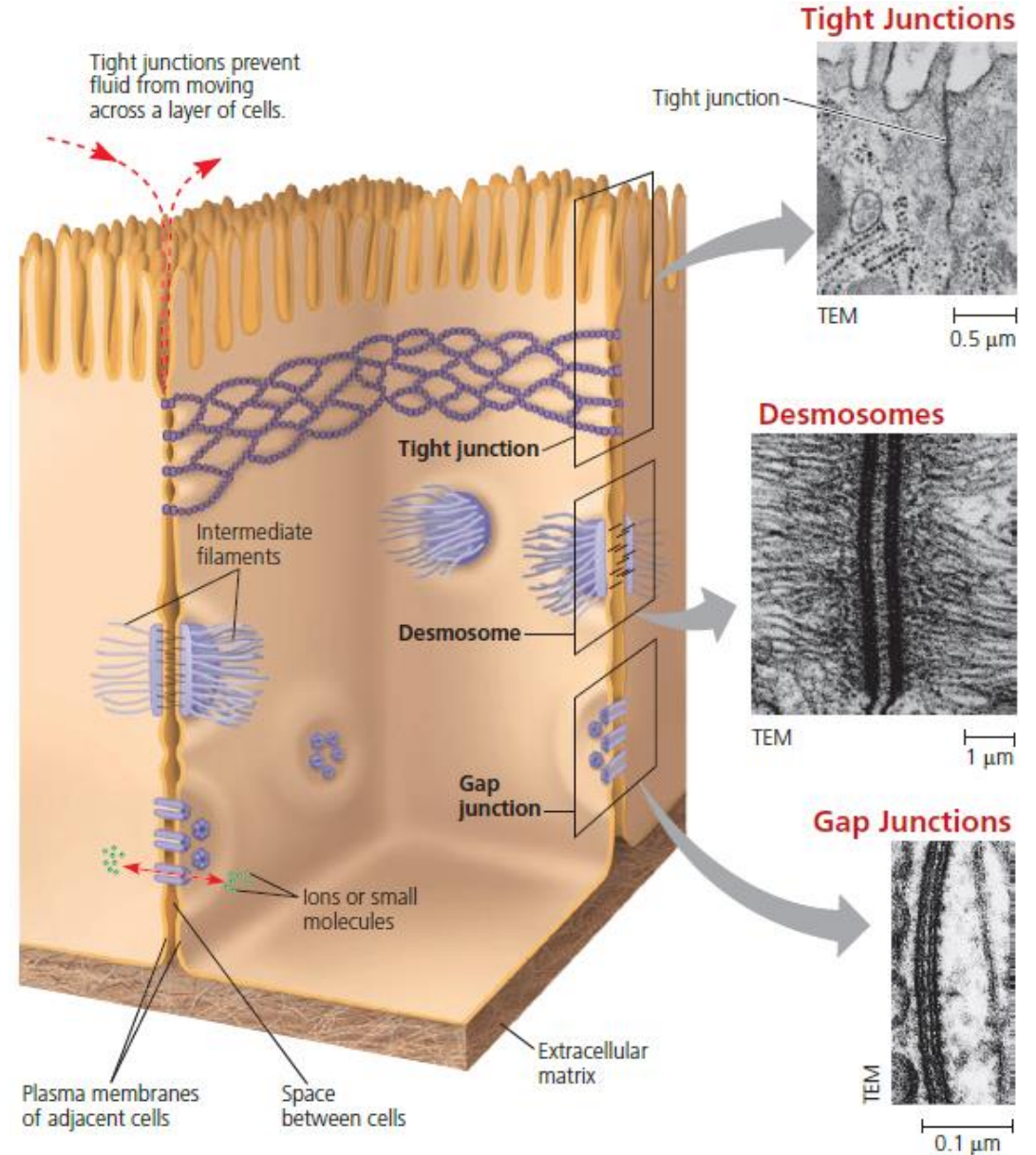
Plasmodesmata'nın Yapısı ve İşlevi

- Her bir plasmodesma kanalının iç yüzeyi, komşu hücrelerin plazma zarlarıyla kaplıdır ve bu zarlar birbirine sürekliidir.
- Bazı koşullarda proteinler ve RNA molekülleri de bu kanallar aracılığıyla komşu hücrelere taşınabilir.
- Bu büyük moleküller, hücre iskeletinin lifleri boyunca ilerleyerek plasmodesmata'ya ulaşır.



Hayvan Hücrelerinde Hücre Bağlantıları

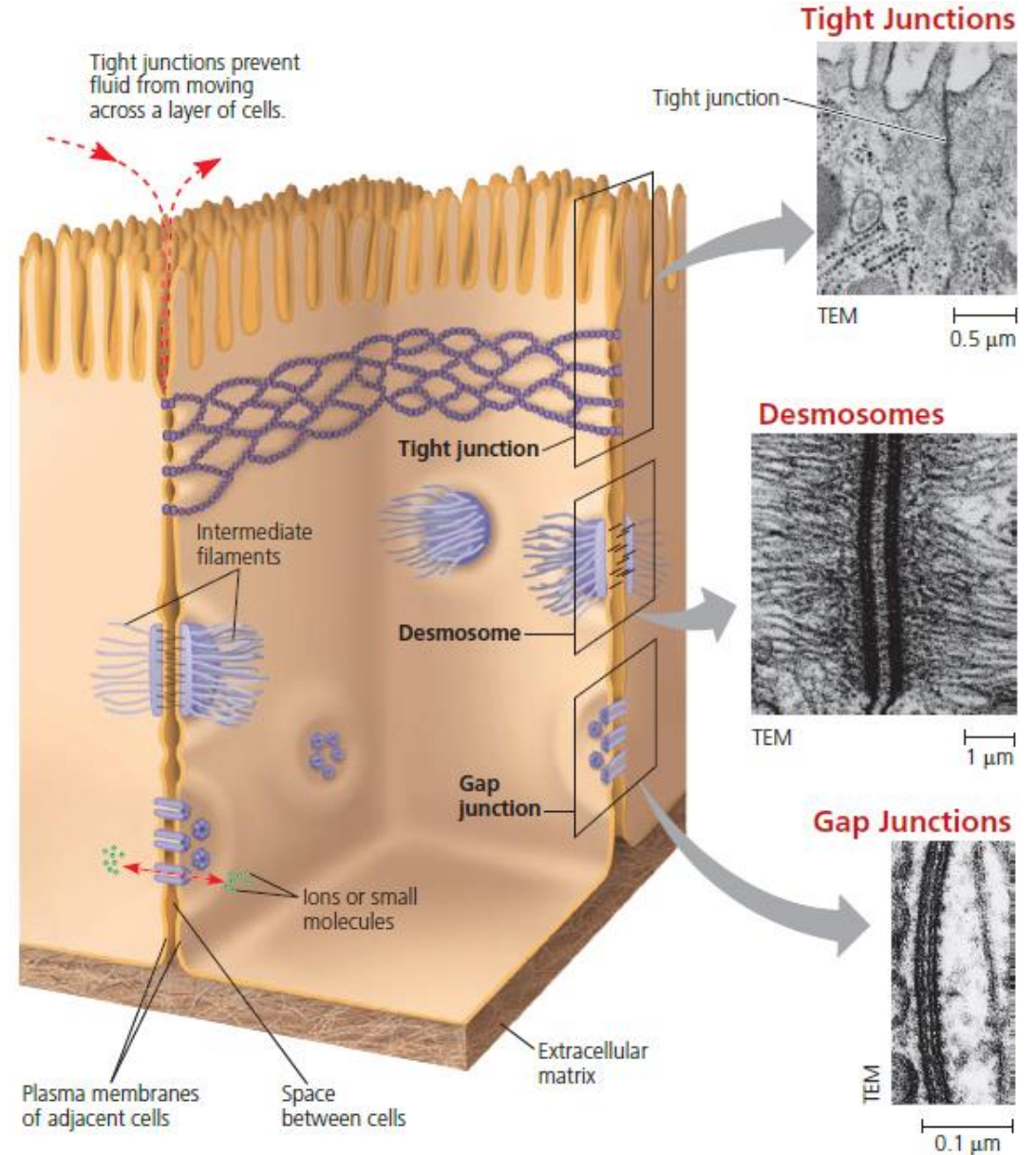
- *Hayvan hücrelerinde üç temel hücre bağlantı tipi bulunur:* tight junctions, desmosomes ve gap junctions.
- Gap junctions, bitki hücrelerindeki plasmodesmata'ya en çok benzeyen yapılardır ancak zarla çevrili değildirler.
- Bu bağlantı türleri, özellikle vücudun iç ve dış yüzeylerini kaplayan epitel dokularda yaygındır.





Hayvan Hücrelerindeki Bağlantı Türleri

- Tight junctions, hücreler arasında sıvı geçişini engelleyen sıkı mühürler oluşturur.
- Desmosomes, hücreleri birbirine mekanik olarak bağlayarak yapısal destek sağlar.
- Gap junctions, iyonlar ve küçük moleküllerin komşu hücreler arasında doğrudan geçmesini sağlar.



İZLE



Hücrelerin İşlevsel Bütünlüğü

- Bir hücre, tek tek parçalarının toplamından daha fazlasıdır.
- Hücre organellerinin yapısı ile işlevleri yakından ilişkilidir.
- Hücrenin bütününe bakıldığında, yapı ve işlevin nasıl uyum içinde çalıştığı açıkça görülür.

Bi Dünya Biyoloji

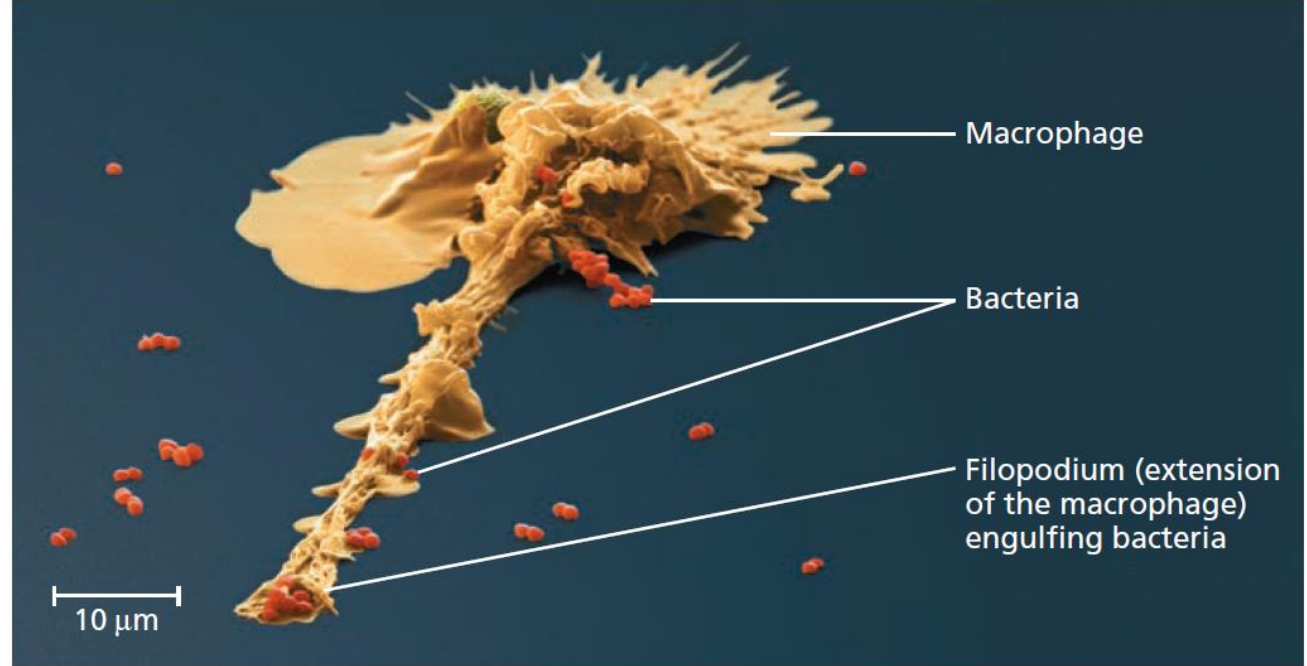


Bektaş Tepe
gezimania_tr



Hücresel Süreçlerin Uyumlu İşleyişi

- Makrofajlar, enfeksiyonlara karşı savunma sağlamak için bakterileri fagosite eder.
- Makrofaj, yüzeyde sürünerek bakterilere ince uzantılar (filopodia) ile ulaşır; bu hareketlerde aktin filamentleri rol oynar.
- Bakteriler yutulduktan sonra, lizozomlardaki enzimlerle yok edilir.





Hücre İçi Entegrasyonun Örneği

- Lizozom enzimleri ve hücre iskeleti proteinleri ribozomlar tarafından sentezlenir.
- Bu proteinlerin sentezi, çekirdekteki DNA'dan gelen genetik bilgilerle yönlendirilir.
- Tüm bu süreçler, mitokondrilerin sağladığı ATP enerjisiyle gerçekleşir.

Teşekkür ederim

Prof. Dr. Bektaş TEPE

