

Membran Yapısı ve Fonksiyonu

Prof. Dr. Bektaş TEPE

Genel Biyoloji

Bölüm 7



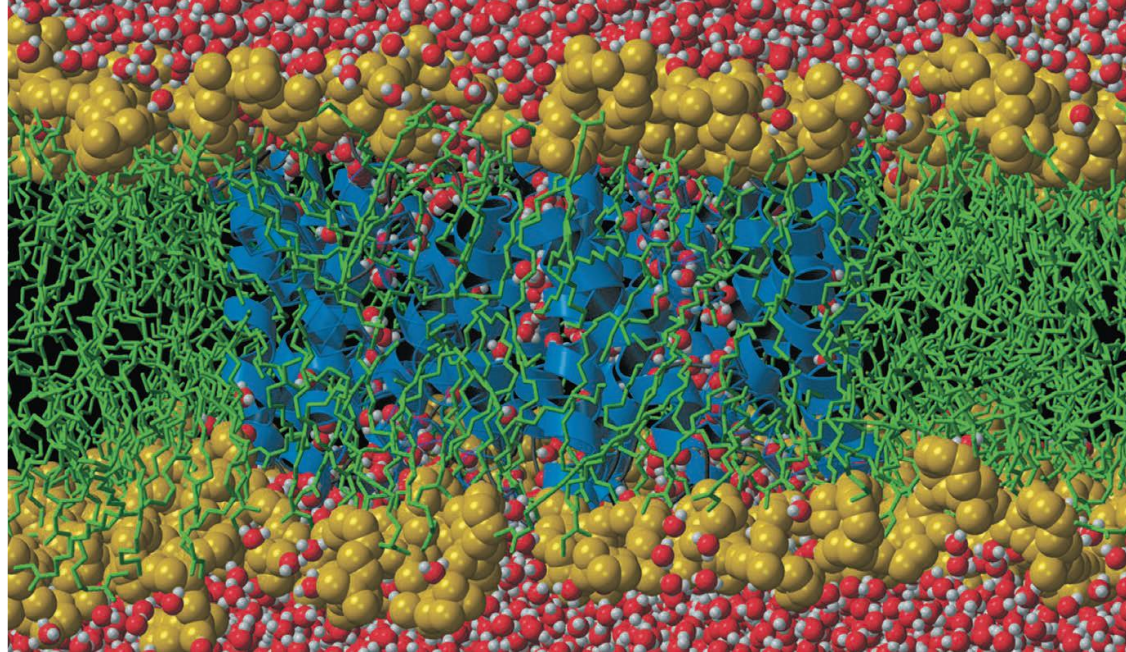
Hücreesel Hayatın Sınırı: Plazma Zarı

- Plazma zarı, hücreyi çevresinden ayıran ve yaşamın sınırını çizen bir yapıdır.
- Hücre içine giren ve hücreden çıkan tüm maddelerin kontrolü bu zar aracılığıyla sağlanır.
- Tüm biyolojik zarlar gibi plazma zarı da seçici geçirgenlik özelliği taşır.
- Hücrenin kimyasal alışverişleri bu seçici geçirgenlik sayesinde düzenlenir.



Madde Geçişinin Anahtarı: Taşıyıcı Proteinler

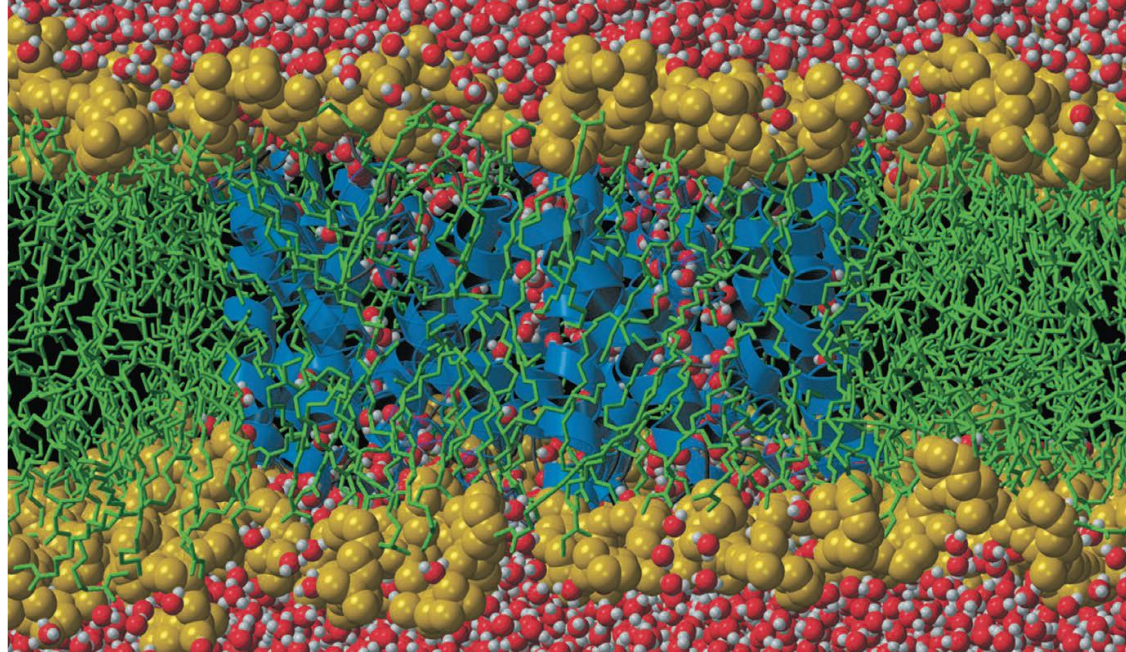
- Hücre zarları, madde geçişini çoğunlukla taşıyıcı proteinler aracılığıyla düzenler.
- Aşağıda, zarın fosfolipit çift tabakasının bilgisayar modeli görülmektedir.





Madde Geçişinin Anahtarı: Taşıyıcı Proteinler

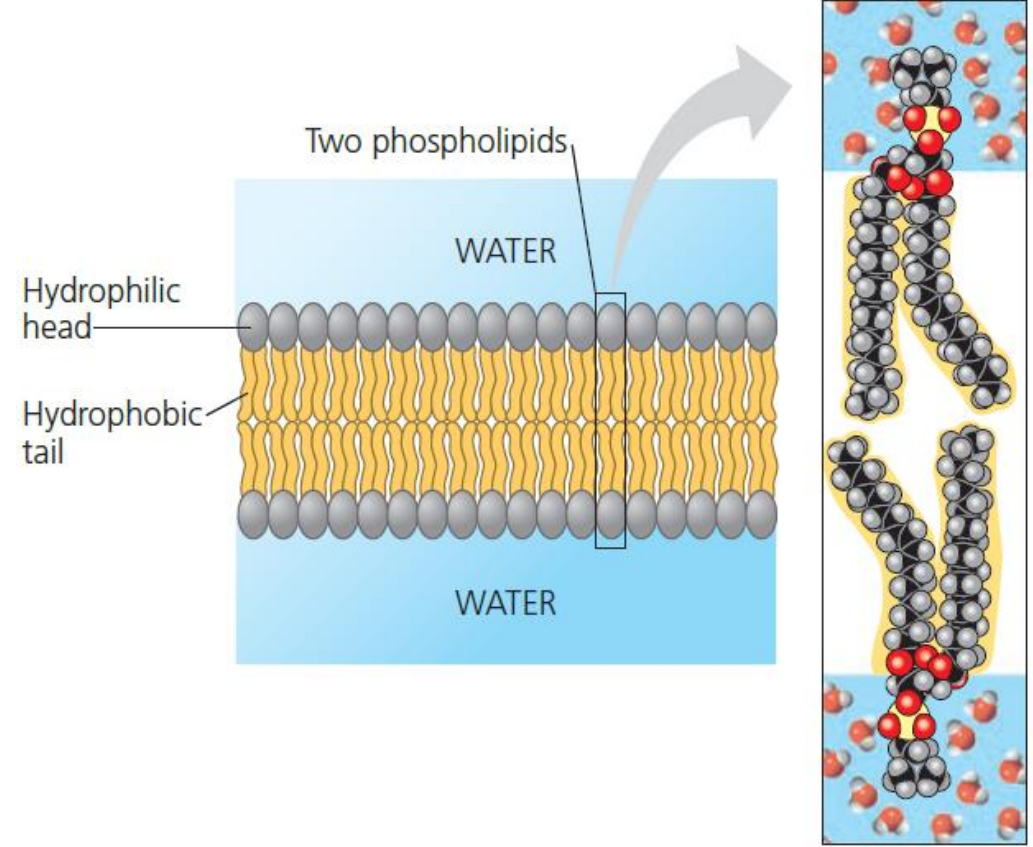
- Modeldeki mavi şeritler, suyun hızlı geçişini sağlayan aquaporin adlı kanal proteinine aittir.
- Aynı şekilde, potasyum iyonlarının geçişini sağlayan başka bir iyon kanalı da zarın geçirgenliğine katkı sağlar.





Zarın Oluşturan Temel Yapılar

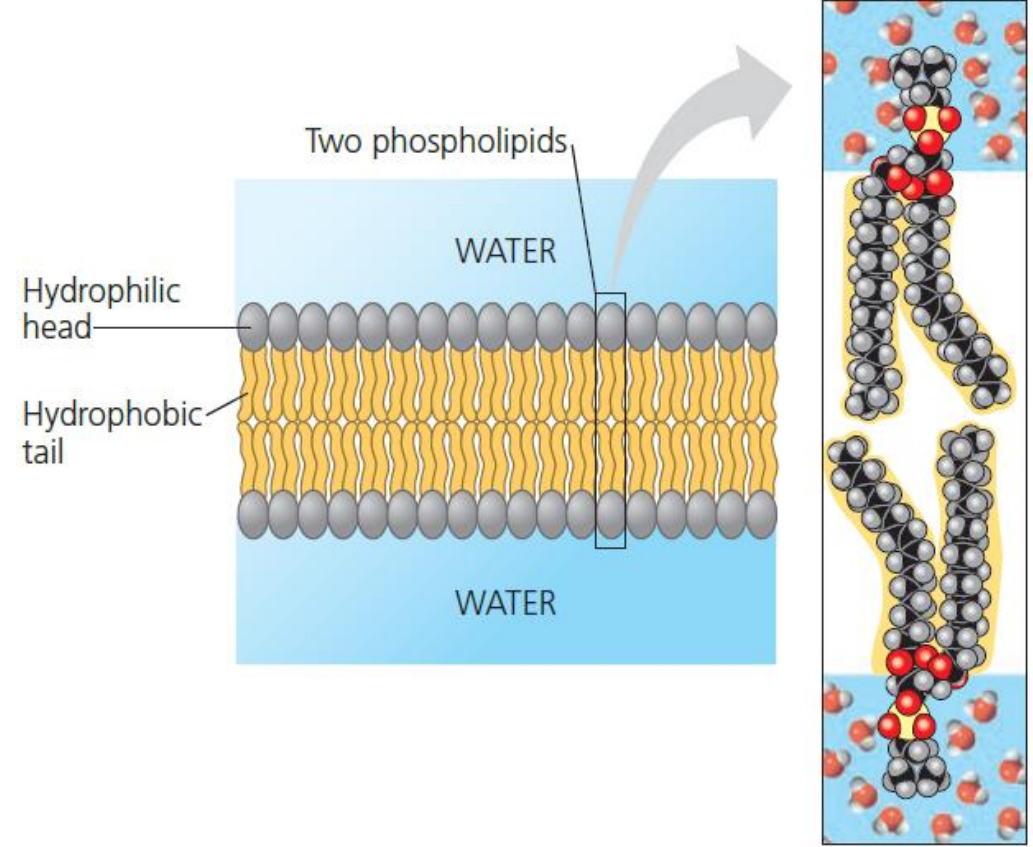
- Zarın ana bileşenleri lipitler ve proteinlerdir; ayrıca karbonhidratlar da önemli rol oynar.
- En bol bulunan lipit türü fosfolipitlerdir ve bu moleküller amfipatik yapıdadır.
- Amfipatik yapılar, hem su seven hem de sudan kaçınan bölgelere sahip moleküllerdir.
- Bu özel yapı sayesinde fosfolipit çift tabakası, iki sulu ortam arasında kararlı bir sınır oluşturur.





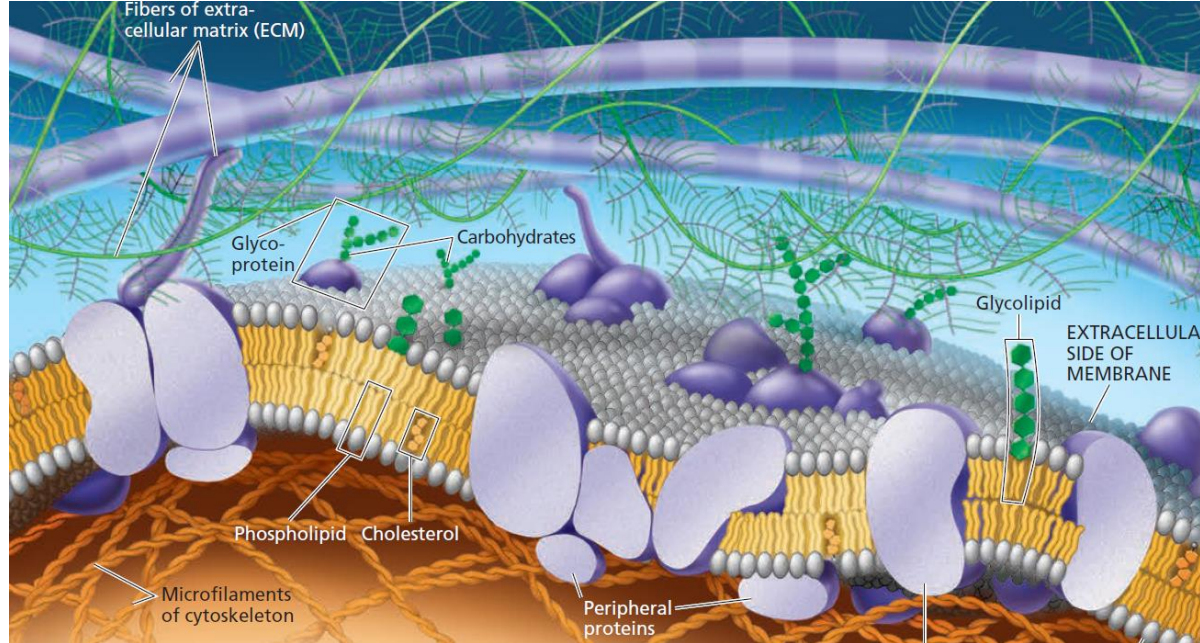
Zar Proteinlerinin Konumu ve Özellikleri

- Çoğu zar proteini de tıpkı lipitler gibi amfipatik yapıdadır.
- Bu proteinler, fosfolipit tabakasında hidrofobik bölgeleri zarın iç kısmında, hidrofilik bölgeleri ise dış ortamlarda kalacak şekilde yerleşir.
- Böylece, hem sitozolde hem de hücre dışı sıvıda suyla etkileşim maksimize edilir.
- Hidrofobik kısımlar ise suya maruz kalmadan zar içinde korunmuş olur.



Akıcı Mozaik Model: Zarın Genel Görünümü

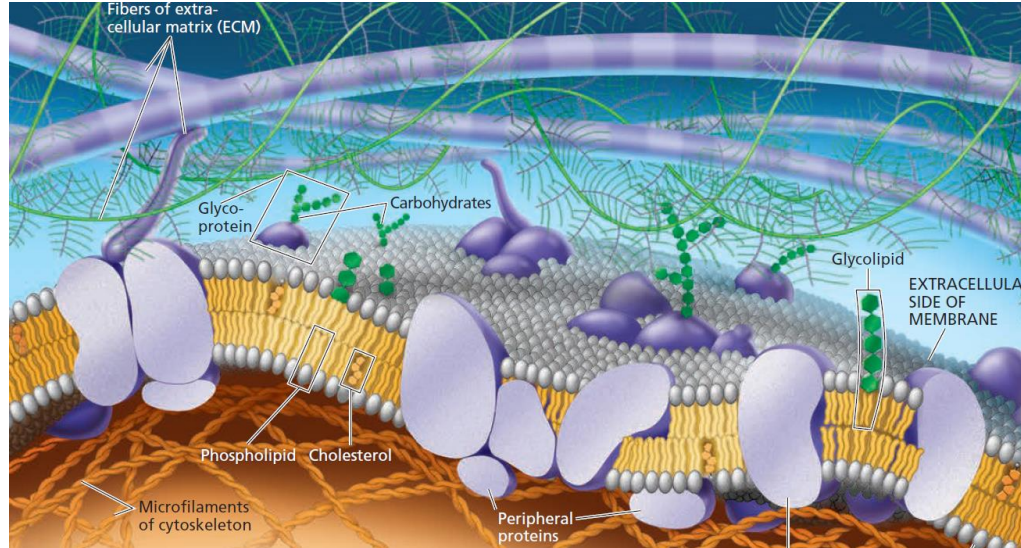
- Aşağıda güncel kabul gören plazma zarı modeli, yani akıcı mozaik model gösterilmektedir.
- Bu modele göre, zar bir fosfolipit denizinde yüzen protein moleküllerinden oluşur.





Akıcı Mozaik Model: Zarın Genel Görünümü

- Proteinler zar üzerinde rastgele dağılmamış, işlevsel görevlerine göre özel bölgelerde toplanmıştır.
- Bu özel bölgelerde belirli lipidlerin yoğunlaşmasıyla oluşan yapılar “lipit salcıkları” olarak adlandırılmaktadır.
- Ancak canlı hücrelerde gerçekten var olup olmadıkları halen tartışmalıdır.



İZLE



Bilimin Sürekli Değişen Doğası

- Akıcı mozaik model, zar yapısına dair elimizdeki en kapsamlı açıklamayı sunar.
- Ancak, bu model sabit bir gerçek değil, bilimsel gelişmelere göre sürekli güncellenen bir yapıdır.
- Yeni araştırmalar, zar yapısı hakkında daha fazla detay ortaya koymakta ve modeli sürekli olarak yeniden şekillendirmektedir.

 Bi Dünya Biyoloji



Bektaş Tepe
gezimania_tr



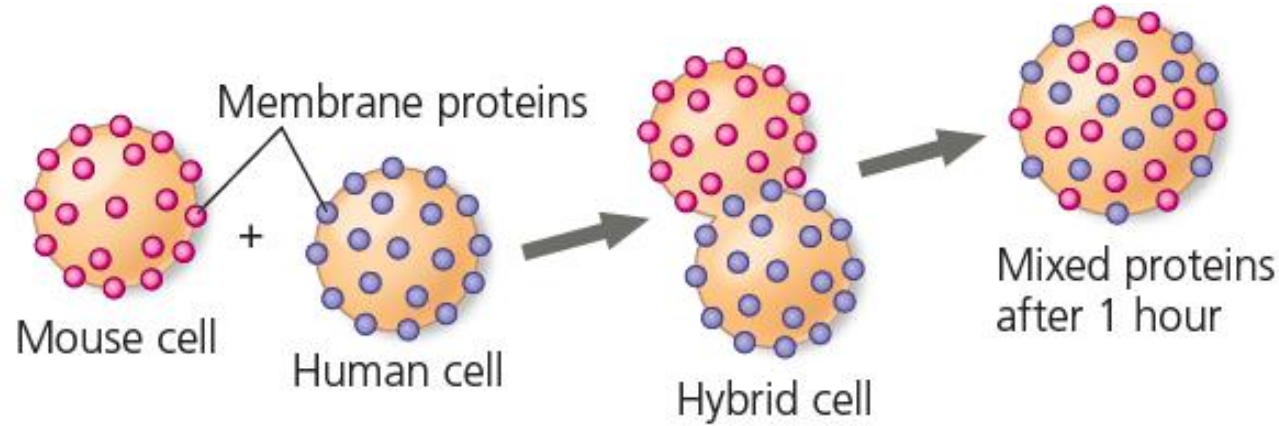
Zarların Dinamik Yapısı

- Hücre zarları, moleküllerin sabit şekilde dizildiği katı yapılar değildir.
- Zar yapısı esas olarak kovalent bağlardan çok daha zayıf olan hidrofobik etkileşimlerle bir arada tutulur.
- Lipitlerin çoğu ve bazı zar proteinleri, zar düzleminde yana doğru hareket edebilir.
- Nadir olarak, bir lipit molekülü zarın bir yaprağından diğerine geçerek “flip-flop” hareketi yapabilir.



Lipitlerin ve Proteinlerin Hareketliliği

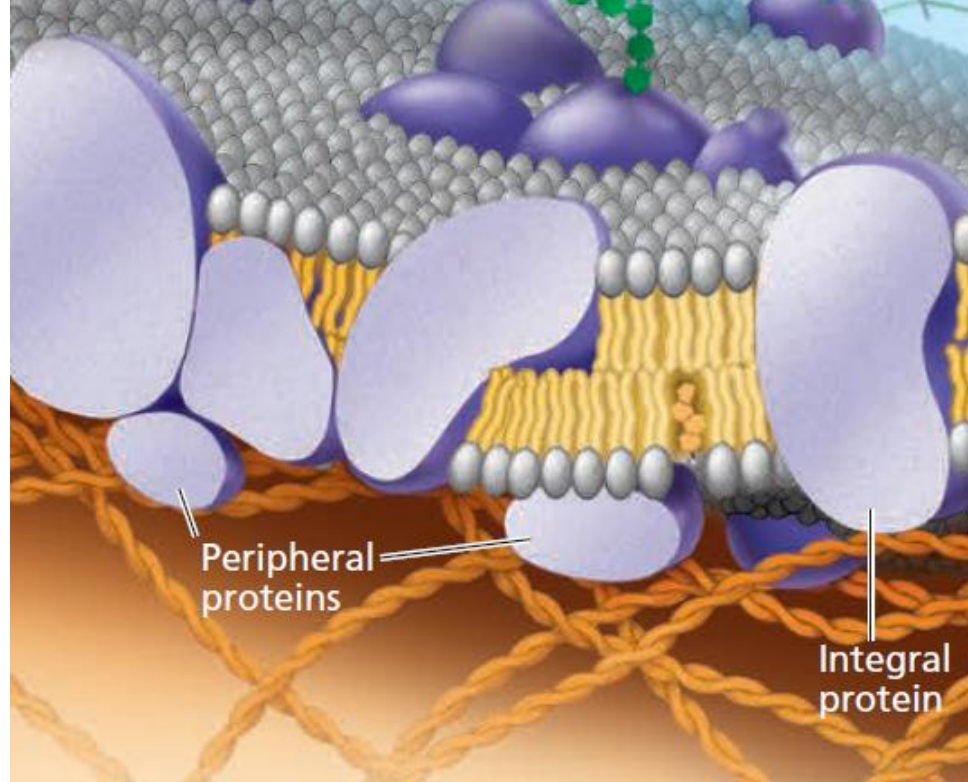
- Fosfolipitler zar içinde oldukça hızlı hareket eder; komşu fosfolipitler saniyede yaklaşık 10^7 kez yer değiştirir.
- Bu hızlı hareket, bir fosfolipitin bir saniyede yaklaşık 2 mikrometre yol almasını sağlar.
- Proteinler lipitlerden daha büyük oldukları için daha yavaş hareket eder, ancak bazıları zar düzleminde yer değiştirebilir.





Lipitlerin ve Proteinlerin Hareketliliği

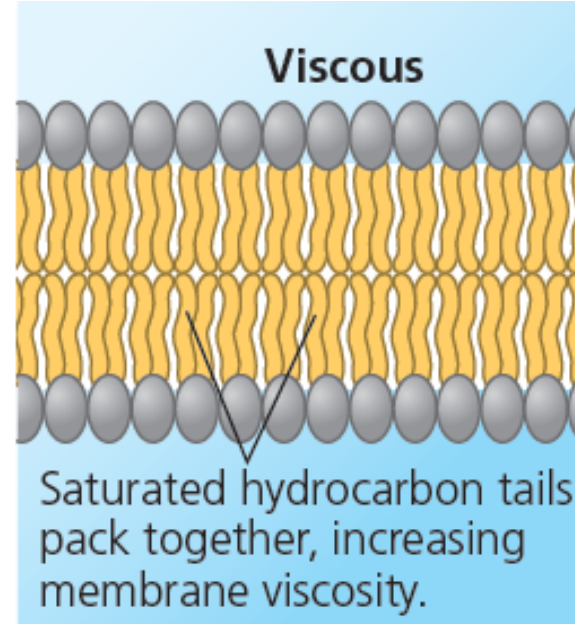
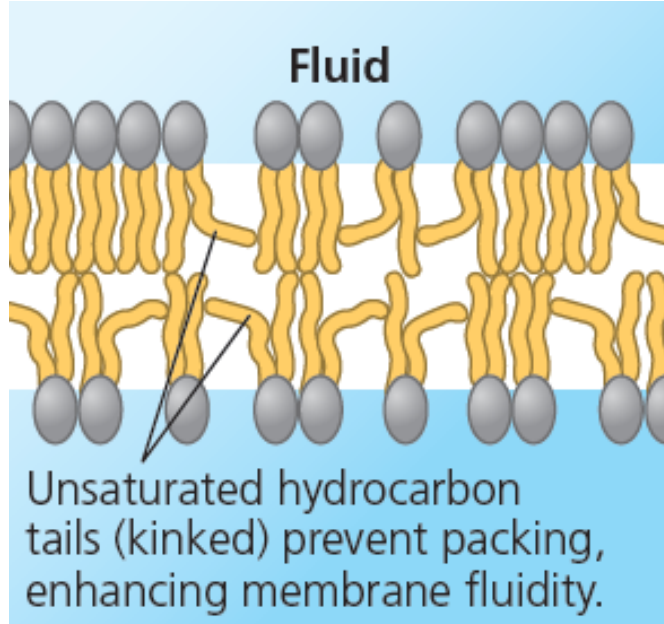
- Bazı zar proteinleri ise hücre iskeletine veya hücre dışı matrikse bağlı oldukları için yerinde sabit kalırlar.





Sıcaklığın Zar Akışkanlığına Etkisi

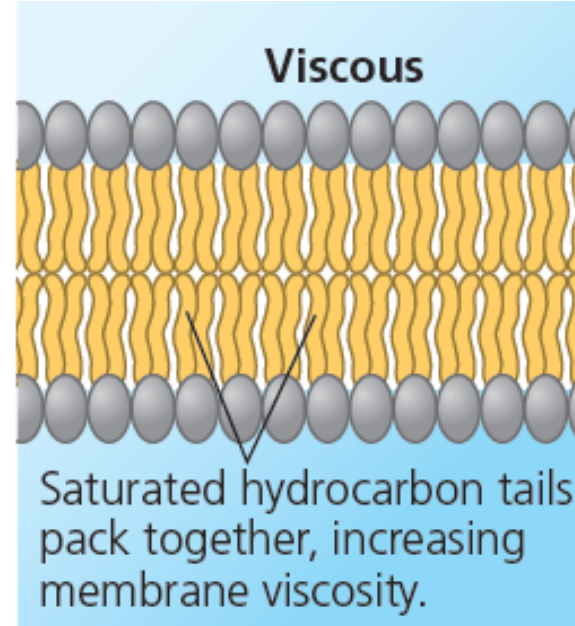
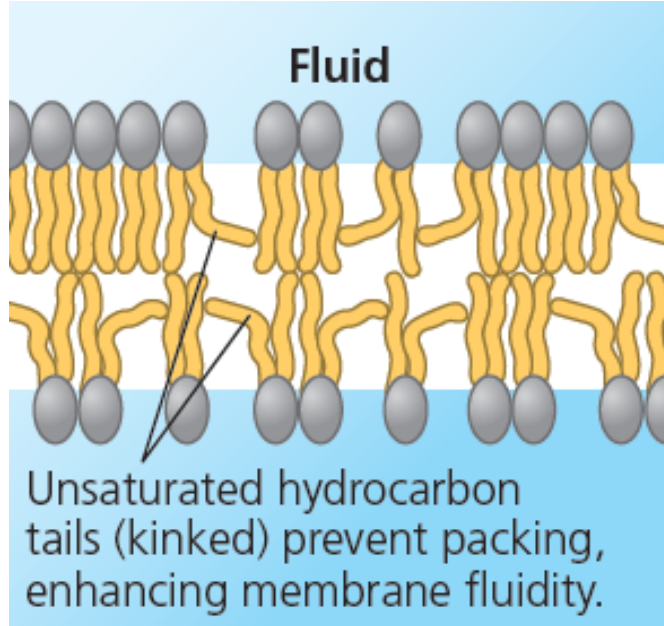
- Zarlar, sıcaklık düştükçe fosfolipitlerin sıkı şekilde paketlenmesiyle katılaşabilir.
- Membranların hangi sıcaklıkta katılaştığı, içerdiği lipitlerin türlerine bağlıdır.





Sıcaklığın Zar Akışkanlığına Etkisi

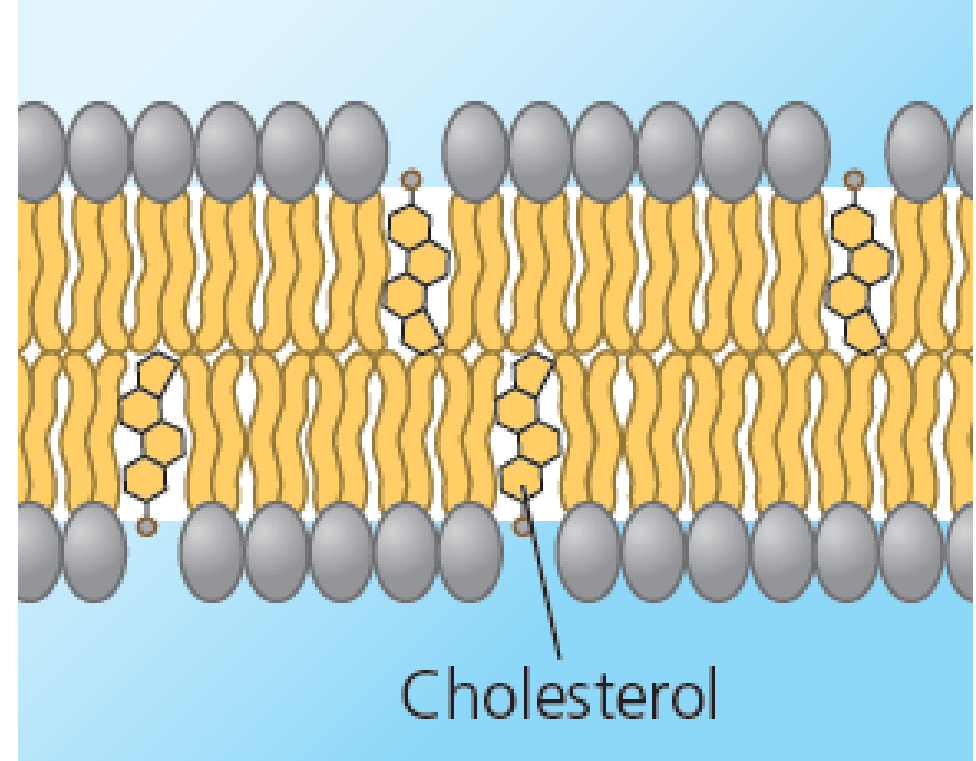
- Doymamış hidrokarbon zincirleri, çift bağlar nedeniyle büküldüğünden sıkı paketlenemez; bu da zarın daha akışkan kalmasını sağlar.
- Doymuş zincirler ise düz yapıdadır ve kolayca sıkılaşabilir; bu da zarın katılaşmasına yol açar.





Kolesterolün Akışkanlık Üzerindeki Rolü

- Hayvan hücrelerinin plazma zarlarında bulunan kolesterol, fosfolipitler arasına yerleşmiş durumdadır.
- 37°C gibi yüksek sıcaklıklarda kolesterol, fosfolipit hareketini kısıtlayarak zarın akışkanlığını azaltır.
- Öte yandan, kolesterol fosfolipitlerin sıkı şekilde paketlenmesini de engellediği için zarın katılaşma sıcaklığını düşürür.
- Bu nedenle kolesterol, sıcaklık değişimlerine karşı zarı dengeleyen bir “akışkanlık tamponu” görevi görür.





Bitki Zarlarında Kolesterol Yerine Geçen Moleküller

- Hayvan hücrelerinin aksine, bitki hücre zarlarında kolesterol miktarı oldukça düşüktür.
- Bitkilerde, kolesterole benzer yapıya sahip steroid lipidler zar akışkanlığını düzenler.
- Bu yapılar, bitki zarlarının sıcaklık değişimlerine karşı stabil kalmasına yardımcı olur.
- Böylece kolesterolsüz ortamda da zar fonksiyonu korunur.





Zar Akışkanlığının Hücresel Önemi

- Zarların işlevini yerine getirebilmesi için belirli bir düzeyde akışkan olmaları gerekir.
- Akışkanlık, zarın geçirgenliğini ve zar proteinlerinin yer değiştirme kabiliyetini etkiler.
- Katılaşan zarlar, proteinlerin hareketini kısıtlayarak işlevsiz hâle getirebilir.
- Ancak aşırı akışkan zarlar da protein fonksiyonlarını destekleyemez; bu denge yaşamsaldır.



İZLE



Aşırı Ortamlarda Zar Uyumu

- Aşırı sıcaklık veya soğuk ortamlar, hücre zarlarının akışkanlık dengesini tehdit eder.
- Bu yüzden canlılar, zar yapılarında evrimsel uyumlar geliştirmiştir.

 Bi Dünya Biyoloji

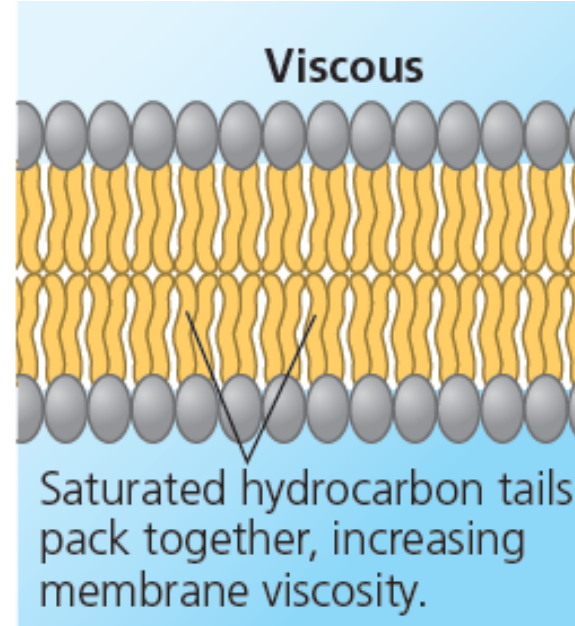
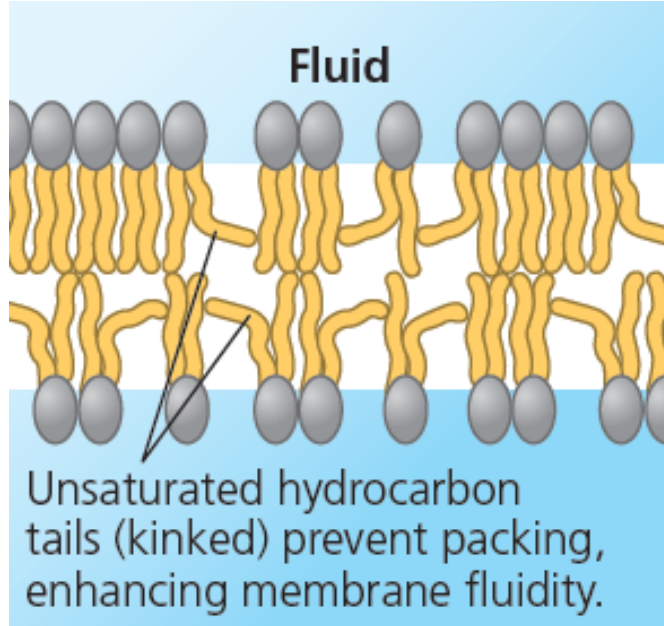


Bektaş Tepe
gezimania_tr



Aşırı Ortamlarda Zar Uyumı

- Zar lipid bileşimindeki farklılıklar, çevresel koşullara karşı zar akışkanlığını koruyacak şekilde evrimleşmiştir.
- Örneğin bazı balıklar, soğuk ortamlarda zarlarını akışkan tutmak için doymamış hidrokarbon oranını artırır.





Termal Ortamlarda Yaşayan Mikroorganizmalar

- Bazı bakteri ve arkeler, 90°C üzerindeki sıcaklıklarda bile yaşayabilir.
- Bu türler, yüksek sıcaklıkta aşırı akışkanlığı önlemek için alışılmadık lipidler içeren zarlar geliştirmiştir.
- Bu özel lipidler, zarın yapısını koruyarak işlevini sürdürmesini sağlar.
- Böylece yüksek sıcaklıklarda bile zar bütünlüğü korunabilir.





Değişen Sıcaklıklara Uyum Sağlama Yeteneği

- Sıcaklığın değişken olduğu ortamlarda yaşayan organizmalar, zar lipid bileşimlerini ortam sıcaklığına göre değiştirebilir.
- Örneğin, kışa dayanıklı bitkilerde (örneğin kış buğdayında), sonbaharda doymamış fosfolipit oranı artar.
- Bu değişim, zarların kışın katılaşmasını engeller ve işlevselliğini korur.
- Bazı bakteriler ve arkeler de büyüdükları sıcaklığa bağlı olarak doymamış fosfolipit oranını ayarlayabilir.





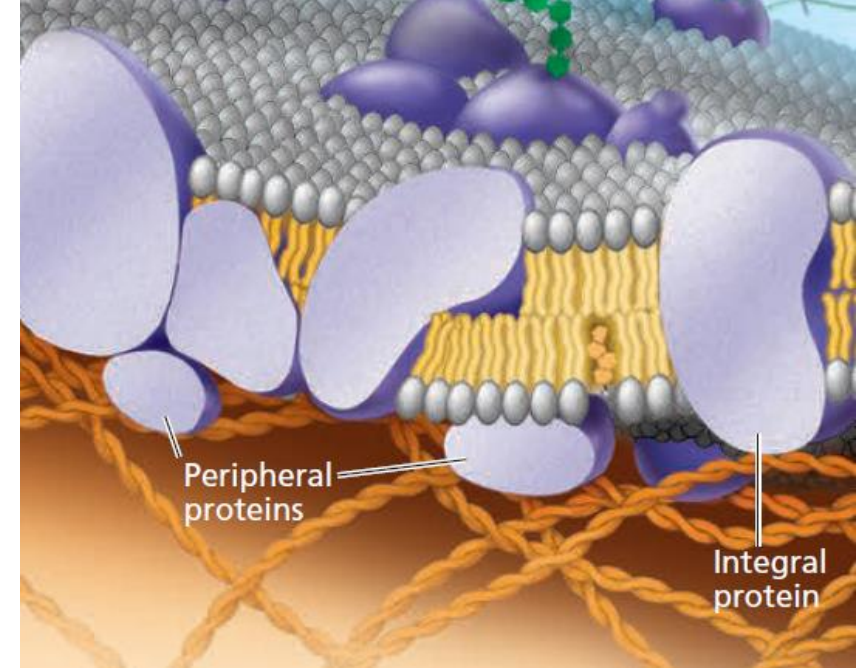
Doğal Seçilim ve Zar Akışkanlığı

- Canlılarda görülen zar lipid çeşitliliği, çevresel koşullara uygun zar akışkanlığını sağlamak üzere evrimsel olarak şekillenmiştir.
- Uygun akışkanlık düzeyini koruyabilen zar yapıları, doğal seçimle avantaj kazanmıştır.
- Bu sayede organizmalar, yaşadıkları çevreye uyum sağlarken zar bütünlüğünü ve işlevselliğini sürdürebilir.
- Zar akışkanlığı, yaşamın sürdürülebilirliği için temel biyolojik bir özelliktir.



Hücre Zarlarının Mozaik Yapısı

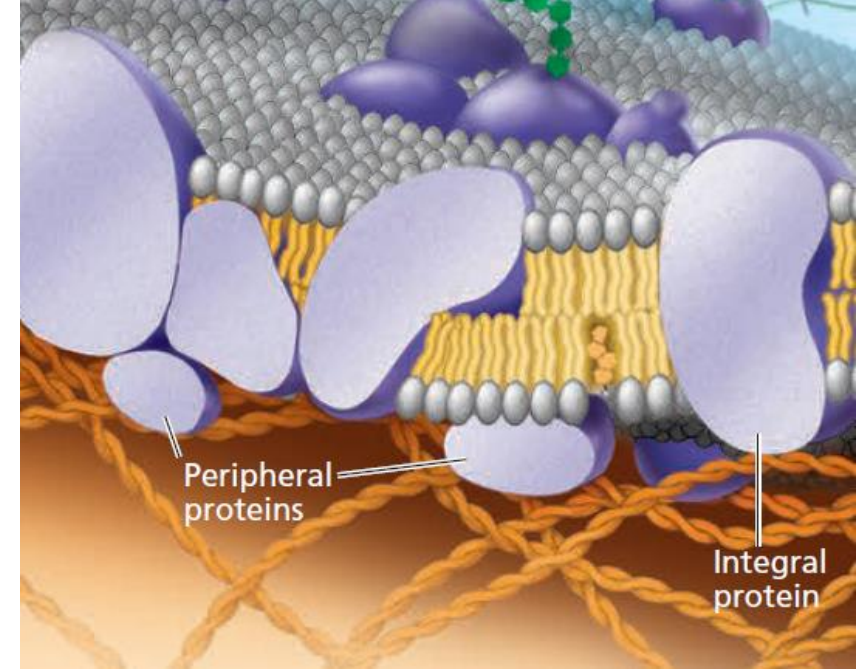
- Akıcı mozaik modeline göre zar, lipid çift tabakası içinde gömülü çeşitli proteinlerden oluşan bir kolajdır.
- Örneğin yalnızca alyuvar hücrelerinin plazma zarında 50'den fazla farklı protein türü tespit edilmiştir.
- Zarın temel yapısı fosfolipitlerden oluşsa da, zarın işlevlerinin çoğunu proteinler belirler.
- Her hücre tipi ve hücre içindeki farklı zarlar kendilerine özgü protein kümelerine sahiptir.





Zar Proteinlerinin Sınıflandırılması

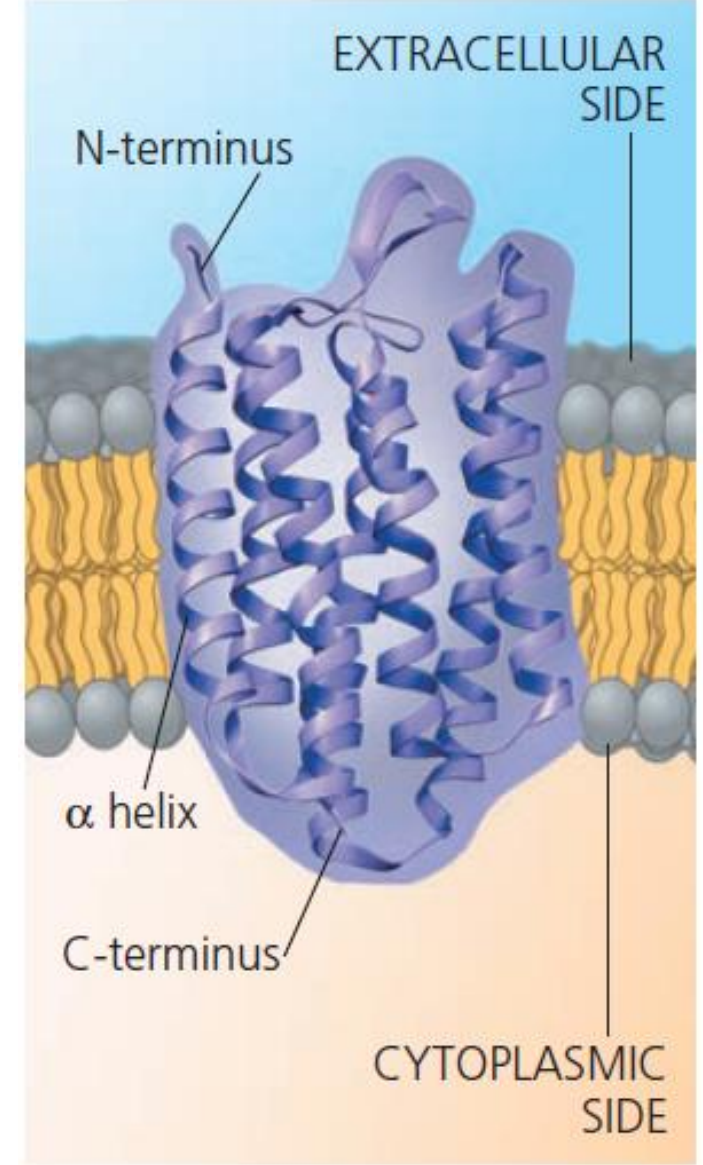
- *Zar proteinleri temel olarak iki gruba ayrılır:* integral proteinler ve periferel proteinler.
- Integral proteinler, zarın hidrofobik iç kısmına nüfuz eder ve çoğu, zar boyunca uzanan transmembran proteinlerdir.
- Periferel proteinler ise zar yapısına gömülü değildir; genellikle integral proteinlerin yüzey kısımlarına gevşek şekilde bağlanırlar.
- Bu proteinlerin yerleşimleri, zarın fonksiyonel ve yapısal çeşitliliğine katkı sağlar.





Integral Proteinlerin Yapısal Özellikleri

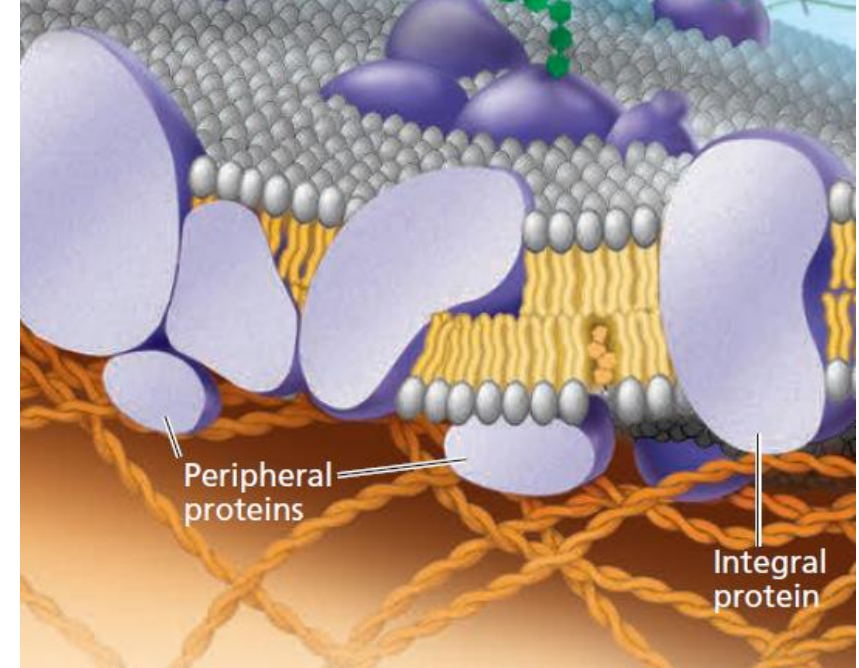
- Integral proteinlerin hidrofobik bölgeleri, genellikle 20–30 amino asitlik, α sarmal şeklinde katlanmış nonpolar amino asit dizilerinden oluşur.
- Bu proteinlerin hidrofilik kısımları, zarın her iki tarafındaki sulu ortama açıktır.
- Bazı integral proteinlerde, su gibi hidrofilik maddelerin geçişine olanak tanıyan hidrofilik kanallar bulunur.
- Yapıları gereği, bu proteinler madde taşınımında ve seçici geçirgenlikte kilit rol oynar.





Zar Proteinlerinin Hücre İçi ve Dışıyla Etkileşimi

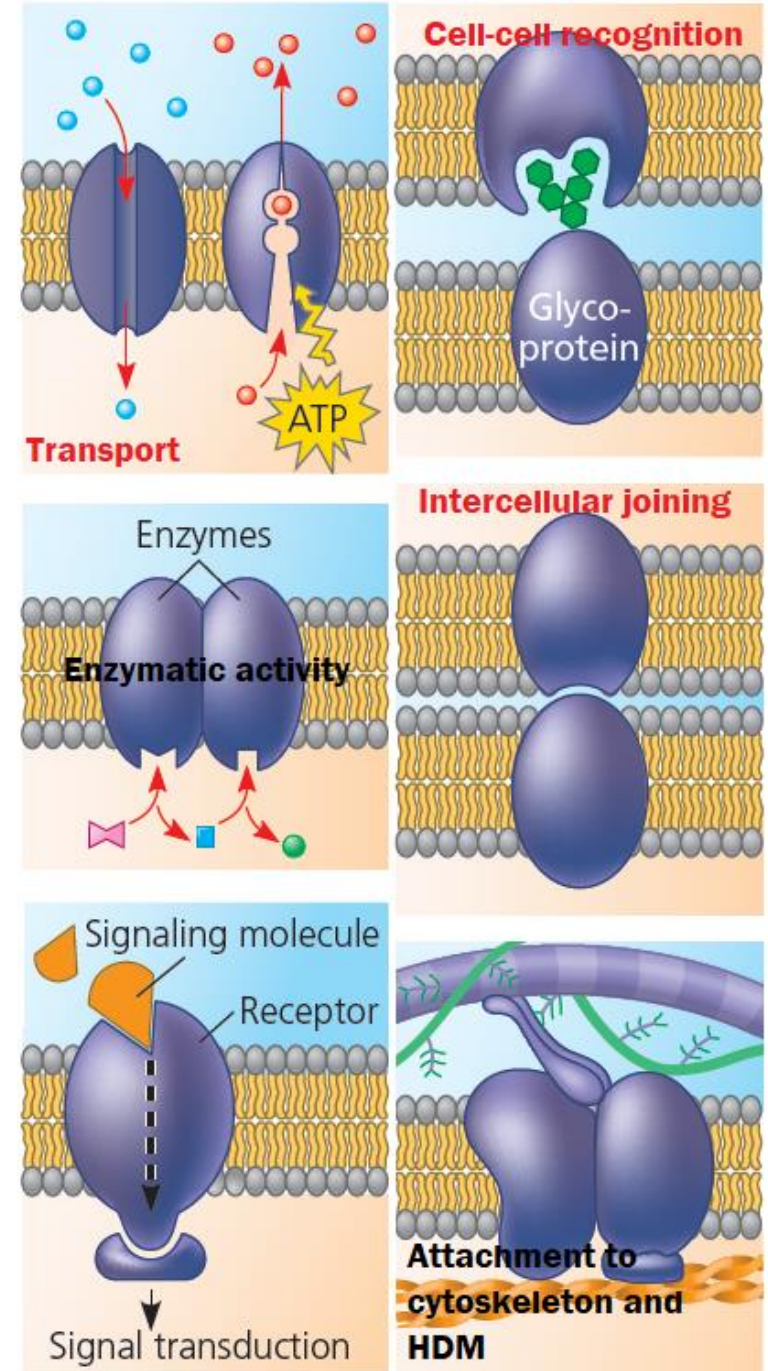
- Plazma zarının sitoplazmik yüzeyinde bazı zar proteinleri, hücre iskeletine bağlıdır.
- Hücrenin dış yüzeyindeyse bazı proteinler, hücre dışı matriks elemanlarına tutunabilir.
- Örneğin hayvan hücrelerinde, bazı transmembran proteinler (integrinler gibi) dış matriks liflerine bağlanarak hücreye yapısal destek sağlar.
- Bu tür bağlantılar, zarın kendisinin sağlayabileceğinden daha güçlü bir iskelet oluşturur.





Zar Proteinlerinin Fonksiyonel Çeşitliliği

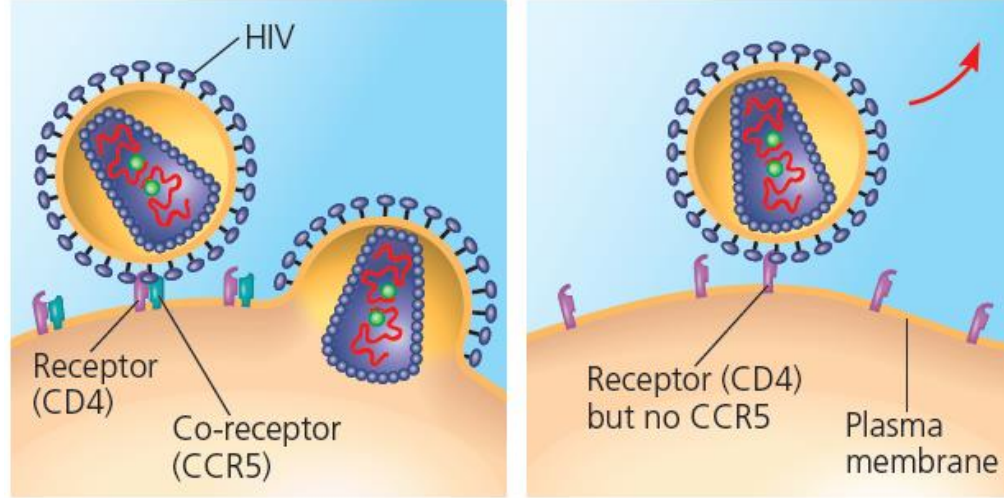
- Hücre zarındaki proteinler; madde taşınımı, enzimatik aktivite ve hücreler arası bağlantı gibi çok sayıda görevi üstlenebilir.
- Tek bir hücrede, farklı işlevleri olan çok sayıda zar proteini bulunabilir.
- Ayrıca, tek bir zar proteini bile birden fazla işlevi aynı anda gerçekleştirebilir.
- Bu nedenle zar, yalnızca yapısal değil; aynı zamanda işlevsel bir mozaik olarak da tanımlanır.





Zar Proteinlerinin Tıptaki Önemi: CD4 ve CCR5

- Zar proteinleri, özellikle bağışıklık sistemi hastalıklarında büyük öneme sahiptir.
- CD4 adlı bir protein, HIV'in bağışıklık hücrelerine giriş yapmasına yardımcı olur ve AIDS'e yol açabilir.



(a) HIV can infect a cell with CCR5 on its surface, as in most people.

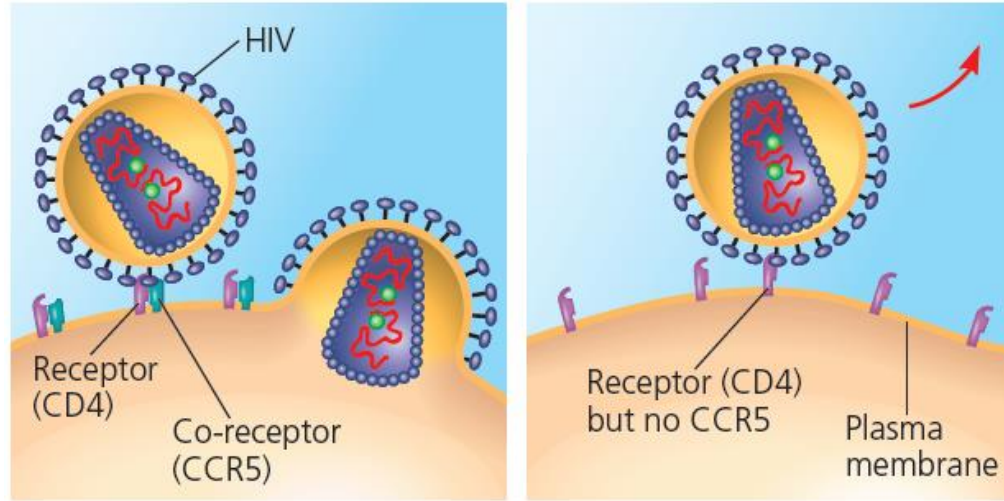
(b) HIV cannot infect a cell lacking CCR5 on its surface, as in resistant individuals.





Zar Proteinlerinin Tıptaki Önemi: CD4 ve CCR5

- Ancak bazı bireyler, CCR5 adlı yardımcı reseptörün genetik olarak değişmiş bir formuna sahip olduklarından HIV'e karşı dirençlidir.
- CCR5 proteininin yokluğu, virüsün hücreye girişini engeller.



(a) HIV can infect a cell with CCR5 on its surface, as in most people.

(b) HIV cannot infect a cell lacking CCR5 on its surface, as in resistant individuals.





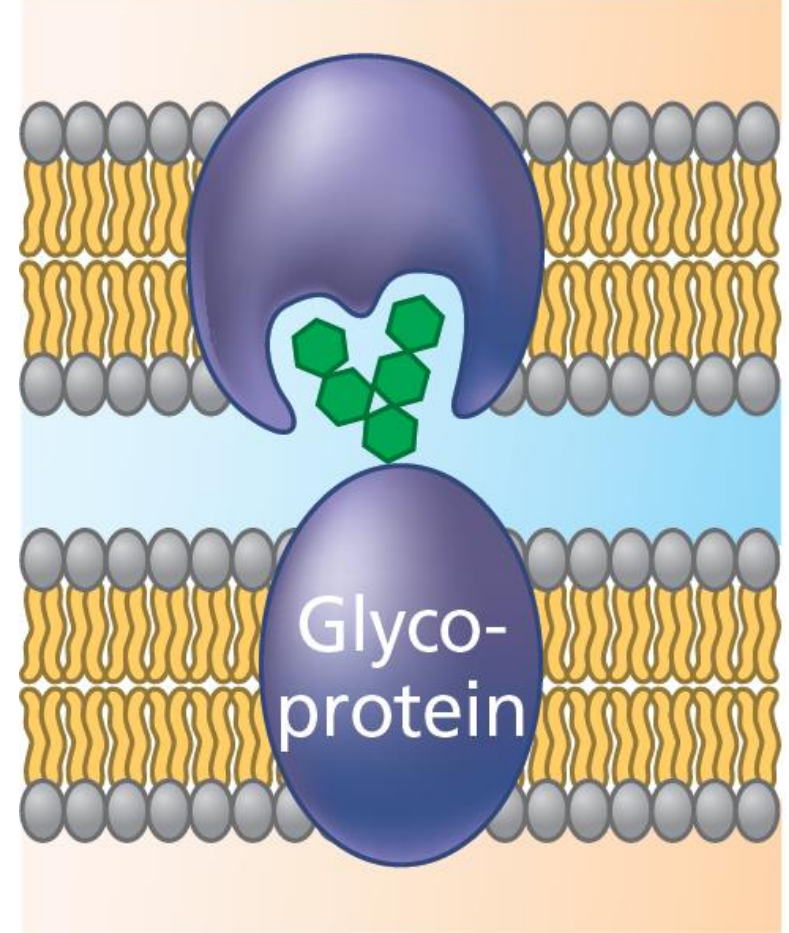
HIV Tedavisinde CCR5 Hedefli İlaç Geliştirme

- CD4 proteini çok önemli hücresel işlevlere sahip olduğu için doğrudan hedef alınması risklidir.
- Ancak CCR5'in yardımcı bir reseptör olduğu anlaşılnca, HIV'e karşı daha güvenli ilaç hedefi olarak kullanılmaya başlandı.
- Bu bilgiler ışığında geliştirilen maraviroc adlı ilaç, 2007'de HIV tedavisinde onaylanmıştır.
- Maraviroc'un, HIV taşıma riski olan bireylerde koruyucu etkisi olup olmadığı da günümüzde test edilmektedir.



Hücre Tanımanın Temeli: Hücre Zarındaki Karbonhidratlar

- Hücrelerin birbirini tanıma yetisi, organizmanın sağlıklı işleyişi için hayati öneme sahiptir.
- Bu tanıma, embriyonik gelişim sürecinde hücrelerin doku ve organlara ayrılmasında önemli rol oynar.
- Aynı zamanda bağışıklık sistemi tarafından yabancı hücrelerin reddedilmesinin temelini oluşturur.
- Hücreler, genellikle hücre zarının dış yüzeyinde bulunan karbonhidrat içeren molekülleri tanıyarak birbirlerini ayırt eder.





Zar Karbonhidratlarının Yapısı ve Bağlandıkları Moleküller

- Zar karbonhidratları genellikle 15'ten az şeker birimi içeren kısa, dallanmış zincirler hâlinindedir.
- Bu karbonhidratların bir kısmı lipitlere bağlanarak glikolipitleri oluşturur.
- Ancak çoğunluğu proteinlere bağlanarak glikoprotein yapılarını meydana getirir.
- "Glyco" ön eki, molekülün karbonhidrat içerdiğini belirtir.





Karbonhidratların Hücre Tanıma İşlevi ve Kan Grubu Örneği

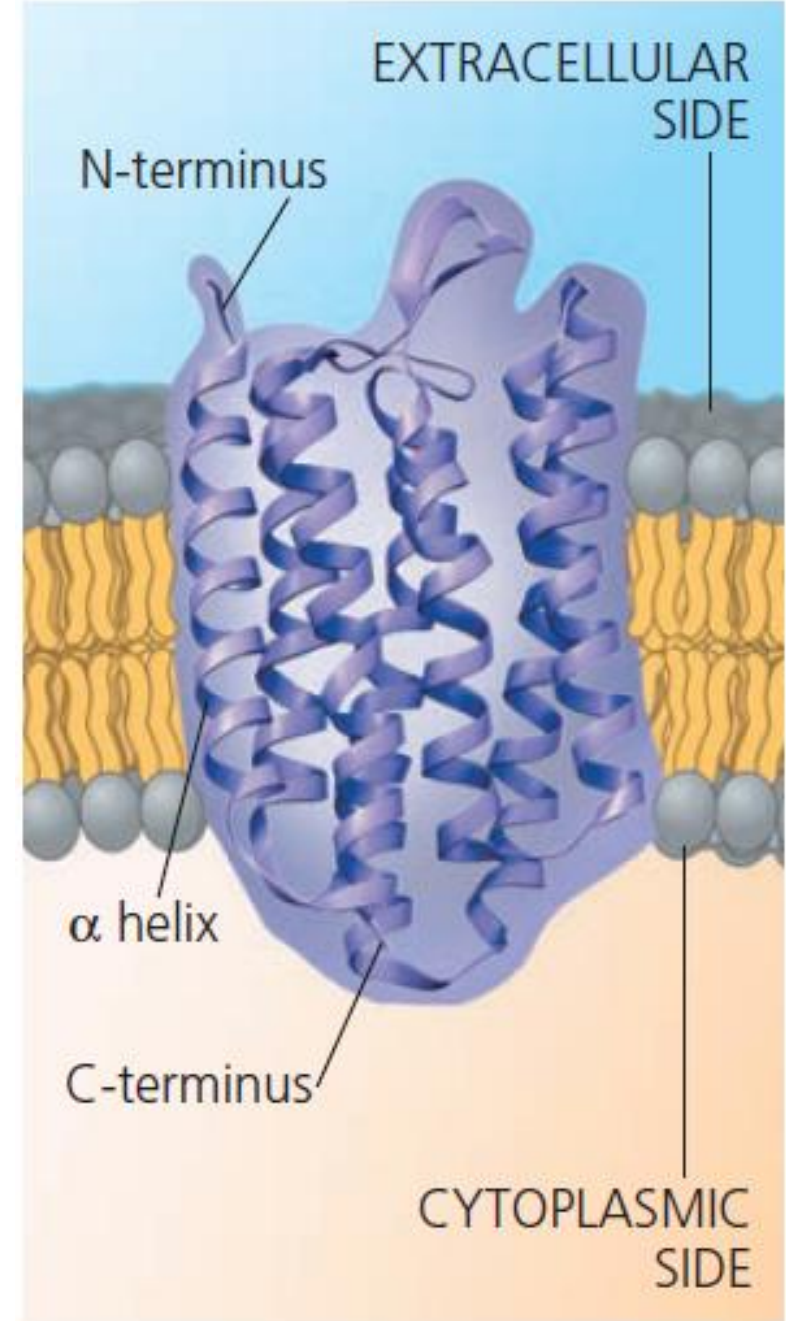
- Hücre zarının dış yüzeyindeki karbonhidrat yapıları türler arasında, aynı türün bireyleri arasında ve hatta aynı bireyin farklı hücre tipleri arasında farklılık gösterebilir.
- Bu çeşitlilik, hücre zarındaki karbonhidratların, bir hücreyi diğerinden ayırt edici kimlik belirteçleri (marker) gibi davranmasını sağlar.
- Örneğin, insanlardaki A, B, AB ve O kan grupları, alyuvar zarındaki glikoproteinlerin karbonhidrat kısımlarındaki farklılıklara dayanır.





Zarların Asimetrik Yapısı: İç ve Dış Yüzeylerin Farklılığı

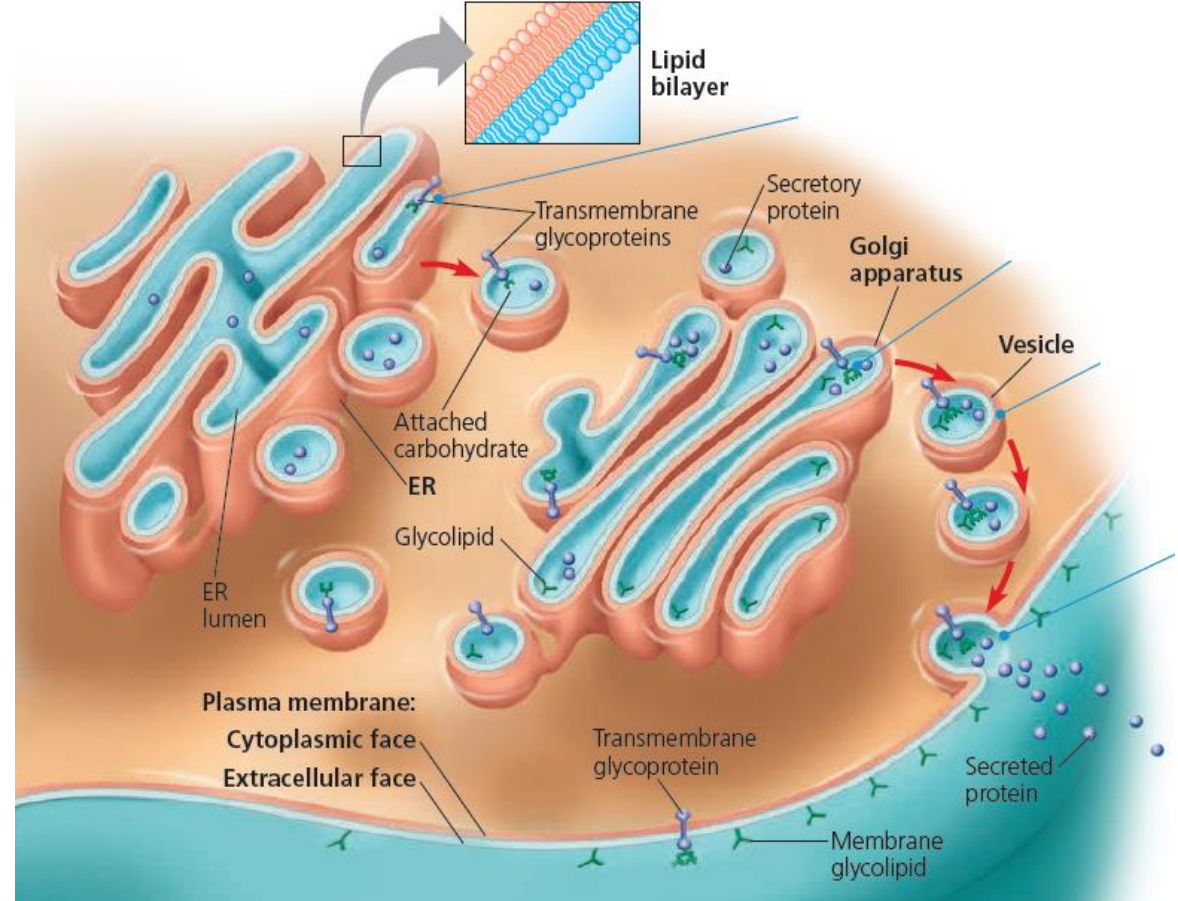
- Hücre zarının iç ve dış yüzleri birbirinden farklı bir bileşim ve düzen taşır.
- İki lipid tabakası, lipid içerikleri açısından farklı olabilir; ayrıca her bir zar proteini özgül bir yönetime sahiptir.





Zarların Asimetrik Yapısı: İç ve Dış Yüzeylerin Farklılığı

- Bu asimetrik yapı, zarın sentez süreci sırasında endoplazmik retikulum (ER) ve Golgi aygıtı tarafından belirlenir.
- Zarın yönlülüğü ve özgül düzeni, endomembran sisteminin bir ürünü olarak oluşur.



İZLE



Zar Yapısının Hücre Seçiciliği Üzerindeki Rolü

- Biyolojik zarlar, birçok molekülün birlikte oluşturduğu yüksek düzeyde organize yapılardır (supramoleküler yapı).
- Bu yapı, zarın önemli bir özelliği olan seçici geçirgenliği mümkün kılar.
- Zarlar, hücrenin yaşamını sürdürebilmesi için madde alışverişini düzenler.
- Bu özellik, zarların formunun fonksiyona nasıl hizmet ettiğini gösterir.

 Bi Dünya Biyoloji



Bektaş Tepe
gezimania_tr



Hücre Zarından Madde Geçişi: Seçici Geçirgenlik

- Hücre zarından küçük moleküller ve iyonlar çift yönlü olarak sürekli hareket eder.
- Örneğin, kas hücresi, dış ortamdan besin (şekerler, amino asitler) alır ve atık maddeleri dışarı verir.
- Oksijen hücreye girerken, karbondioksit dışarı atılır.
- Ayrıca hücre, sodyum (Na^+), potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{2+}) ve klorür (Cl^-) gibi iyonların derişimini düzenler.



Zarın Geçirgenliğinde Lipid Çift Tabakasının Rolü

- Hidrofobik olan hidrokarbonlar, CO_2 ve O_2 gibi apolar moleküller, zarın lipid çift tabakasında kolayca çözünerek geçebilir.
- Buna karşın iyonlar ve polar moleküller, zarın hidrofobik iç kısmı nedeniyle doğrudan geçemez.
- Polar moleküller (örneğin glukoz ve su) lipid tabakasından yalnızca yavaş bir şekilde geçebilir.
- Yüklü bir atom veya molekül ve çevresindeki su tabakası zarın içine nüfuz edemez.





Geçirgenlikte Proteinlerin Etkisi

- Hücre zarının seçici geçirgenliği yalnızca lipid yapısından kaynaklanmaz.
- Zar içine gömülü taşıyıcı ve kanal proteinleri, madde alışverişini düzenlemede kilit rol oynar.
- Bu proteinler, belirli moleküllerin zar boyunca taşınmasını sağlar ve zarın "kapı bekçisi" işlevini üstlenir.





Hücre Zarından Geçişte Sorun Yaşayan Moleküller

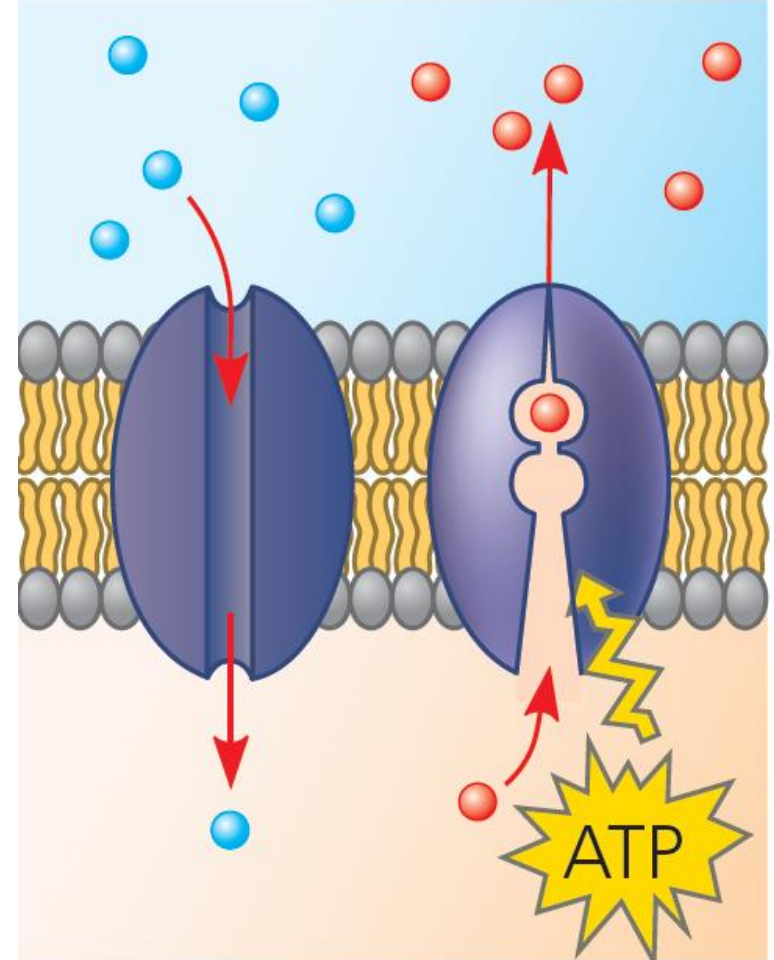
- Hücre zarları, belirli iyonların ve polar moleküllerin doğrudan geçişine izin vermez.
- Bu hidrofilik maddeler, zar boyunca uzanan taşıyıcı proteinler sayesinde lipid tabakaya temas etmeden geçebilir.
- Taşıyıcı proteinler, hücre zarının seçici geçirgenliğinde kilit rol oynar.





Kanal Proteinleri: Birer Geçit

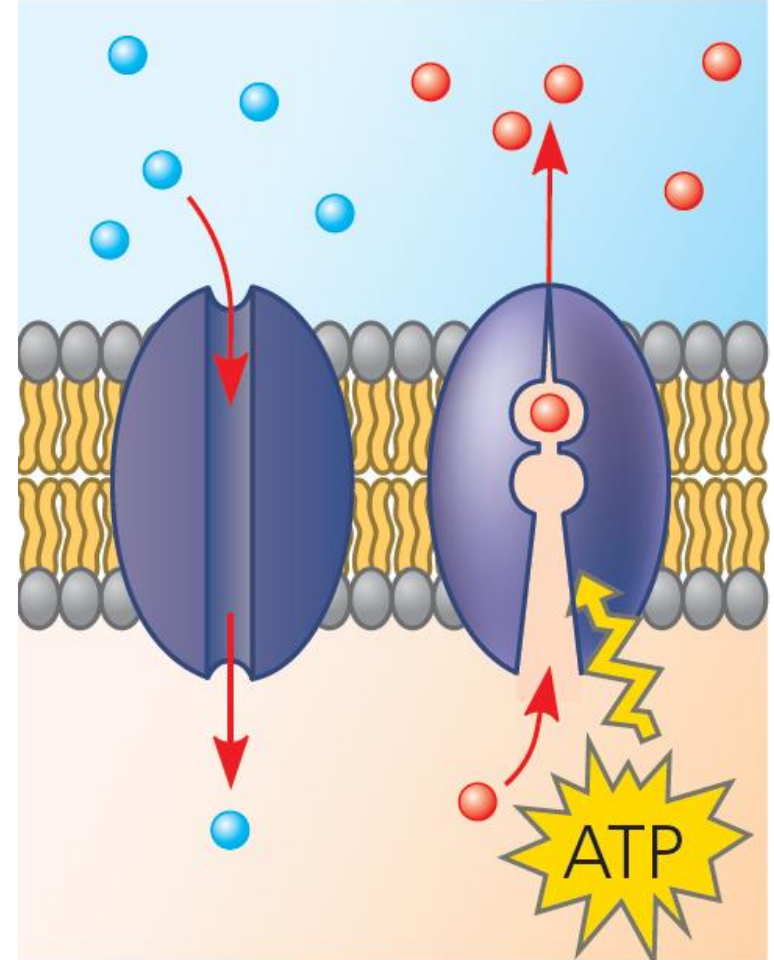
- Kanal proteinleri, belirli moleküllerin ya da iyonların zar boyunca geçmesini sağlayan hidrofilik tüneller oluşturur.
- Örneğin, akuaporinler adı verilen kanal proteinleri, su moleküllerinin zardan geçişini büyük ölçüde hızlandırır.
- Bir akuaporin kanalı, saniyede yaklaşık 3 milyar su molekülünü tek sıra halinde geçirerek su taşınımını büyük ölçüde artırır.





Taşıyıcı Proteinler: Şekil Değiştirerek Taşır

- Taşıyıcı proteinler, taşıdıkları molekülü tutar ve zar boyunca geçirirken şekil değiştirir.
- Bu taşıma süreci, molekülün zardan kontrollü ve etkili biçimde geçmesini sağlar.
- Hem kanal hem de taşıyıcı proteinler, belirli moleküllere özel yapıdadır ve bu özgülük zara seçici geçirgenlik kazandırır.



İZLE



Özgüllük: Sadece Uygun Yolcular Alınır

- Her taşıma proteini, sadece belirli bir madde ya da benzer yapıdaki maddeler grubunu tanır.
- Örneğin, alyuvar zarındaki bir taşıyıcı protein, glukozu zardan kendi başına geçebileceğinden 50.000 kat daha hızlı geçirir.
- Bu taşıyıcı, glukozu yapısal olarak benzeyen fruktozu dahi reddeder.

Bi Dünya Biyoloji



Bektaş Tepe
gezimania_tr



Zar Trafikinde Sıradaki Konu: Pasif ve Aktif Taşıma

- Moleküllerin zardan hangi yönde geçeceğini ne belirler?
- Taşıma sürecini ne tür mekanizmalar yönetir?
- Bu sorular, pasif ve aktif taşıma kavramlarını inceleyerek yanıtlanabilir.





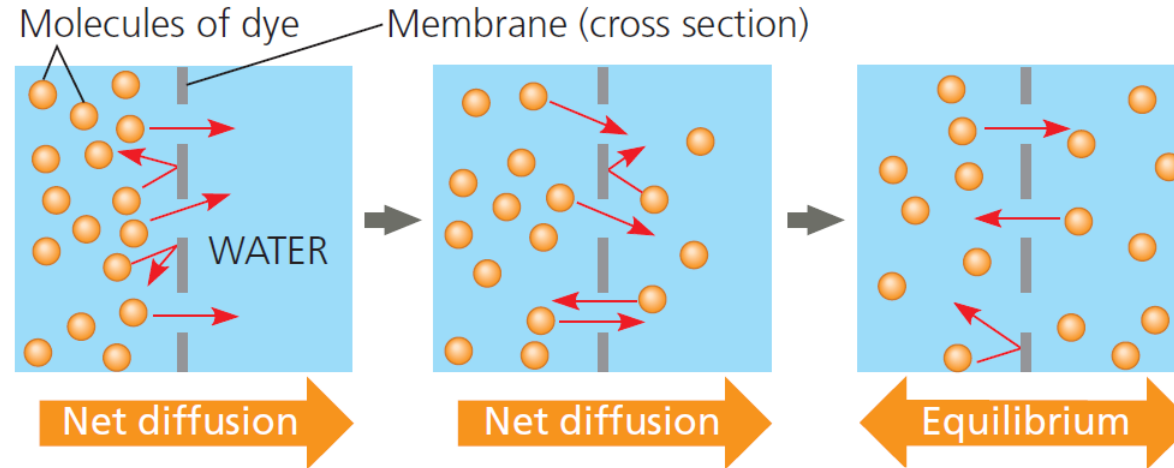
Pasif Taşıma: Enerji Harcamadan Taşınma

- Pasif taşıma, moleküllerin enerji harcamadan zardan geçmesiyle gerçekleşir.
- Moleküller sürekli hareket hâlinindedir; bu termal hareket, difüzyon adı verilen yayılma sürecine yol açar.
- Difüzyon, bir maddenin yüksek yoğunluktan düşük yoğunluğa doğru yayılmasıyla oluşur.



Difüzyon: Dinamik Bir Dengeye Doğru

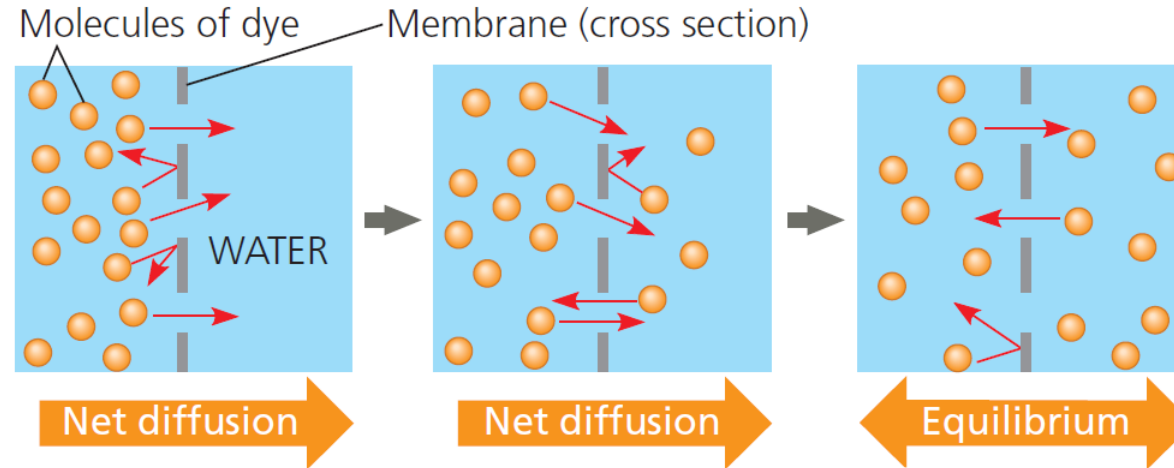
- Difüzyon süreci, sonunda maddelerin yoğunluğunun eşitlendiği dinamik bir dengeye ulaşır.
- Bu dengede, her iki yönde eşit sayıda molekül hareket eder; ancak bu hareket durmaz, sadece dengeye ulaşır.
- Difüzyon, tamamen rastlantısal moleküler hareketlerin yönlü etkisidir.





Konsantrasyon Gradyanı: Hareketin Yönünü Belirler

- Bir maddenin, yoğun olduğu bölgeden az yoğun olduğu bölgeye yayılması onun konsantrasyon gradyanına göre olur.
- Bu süreç enerji gerektirmez, kendiliğinden gerçekleşir ve termodinamik olarak avantajlıdır.
- Her madde, yalnızca kendi konsantrasyon gradyanına bağlı olarak hareket eder.





Pasif Taşımaya Hücresel Bir Örnek: Oksijen Alımı

- Hücresel solunum yapan bir hücre, ihtiyaç duyduğu oksijeni zardan pasif difüzyonla alır.
- Hücre içindeki oksijen sürekli tüketildikçe, dışarıdan içeri doğru sürekli bir difüzyon gerçekleşir.
- Bu taşıma, hücre enerji harcamadan sadece gradyan sayesinde olur.





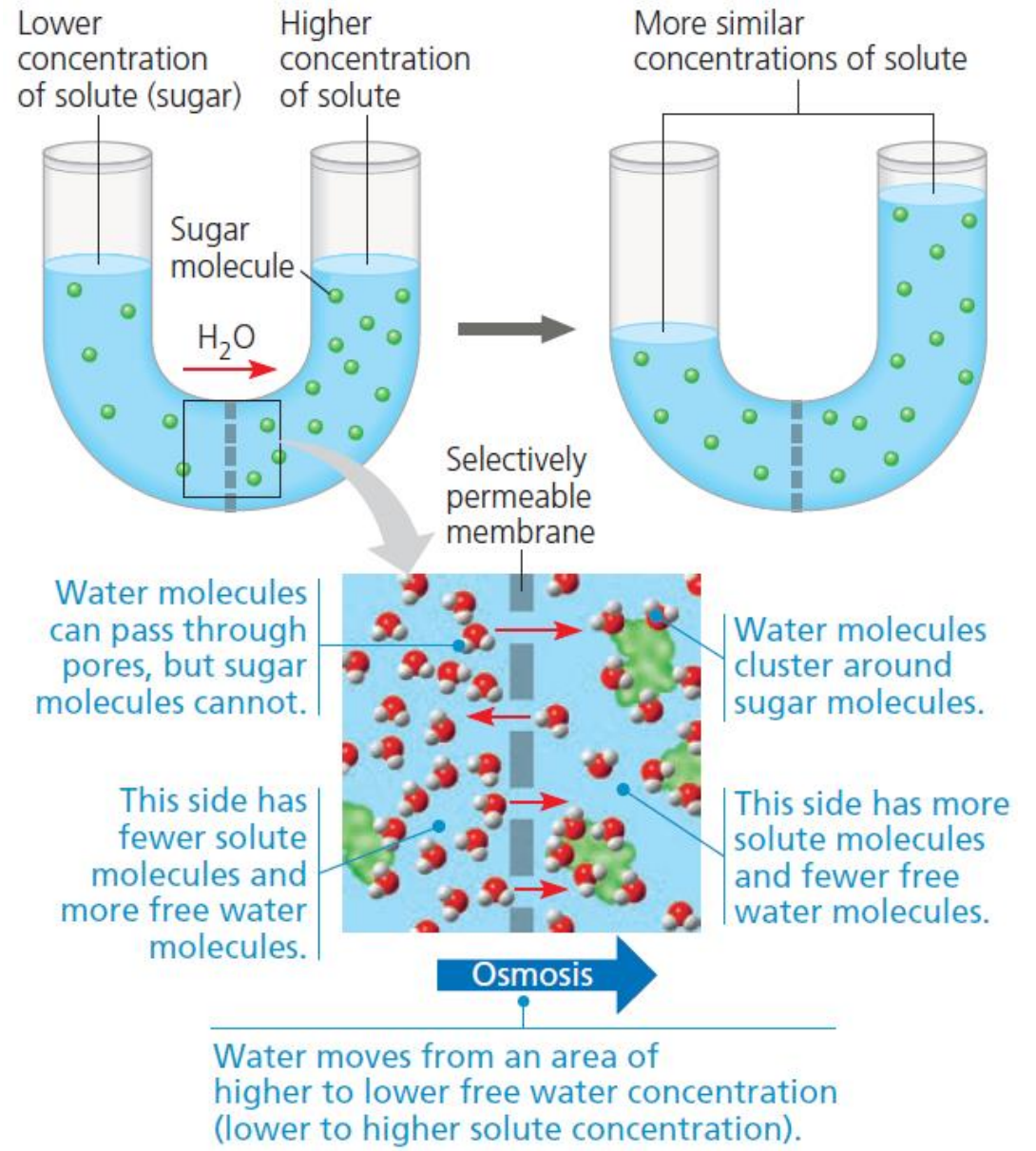
Seçici Geçirgenlik ve Su Geçişi

- Zarlar seçici geçirgendir; bu durum, bazı moleküllerin geçişini kolaylaştırırken bazılarını sınırlar.
- Özellikle su molekülleri, akuaporin proteinleri sayesinde çok daha hızlı taşınabilir.
- Bu hızlı su taşınımı, hücreler için önemli sonuçlar doğurabilir.



Ozmozun Temel Prensipleri

- İki farklı yoğunluktaki çözeltiyi ayıran yarı geçirgen bir zar olduğunda, su molekülleri bu zar boyunca difüzyona uğrar.
- Yanda gösterilen deney düzenekinde, şeker çözeltileri arasındaki su hareketi gözlemlenebilir.
- Su, serbest su molekülü yoğunluğunun yüksek olduğu (çözeltinin daha seyreltik olduğu) taraftan, düşük olduğu (çözeltinin daha yoğun olduğu) tarafa doğru geçer.
- Bu olaya, seçici geçirgen bir zar boyunca gerçekleşen serbest su moleküllerinin difüzyonu anlamına gelen ozmoz adı verilir.





Hücre Zarından Su Geçişi

- Su molekülleri, çözünabilir maddelerle çevrili olduğunda bir kısmı bu moleküllere bağlanır ve zar geçişi için "serbest" olmaz.
- Bu nedenle, çözücü konsantrasyonu yüksek olan tarafta serbest su molekülü yoğunluğu daha düşüktür.
- Ozmoz, çözeltilerin yoğunluğu eşitlenene kadar devam eder.
- Su hareketi, hücrelerin yaşamsal faaliyetleri için kritik öneme sahiptir.



Tonisite Kavramı

- Hücrenin içinde bulunduğu ortamın su alma ya da kaybetme eğilimi tonisite kavramı ile açıklanır.
- Tonisite, özellikle zar boyunca geçemeyen maddelerin (geçirgen olmayan çözücüler) konsantrasyonuna bağlıdır.
- Ortamda geçirgen olmayan çözücüler hücre içindekinden fazlaysa, su hücre dışına doğru hareket eder.
- Tersine, dış ortamda bu tür çözücüler daha azsa, su hücre içine girer.

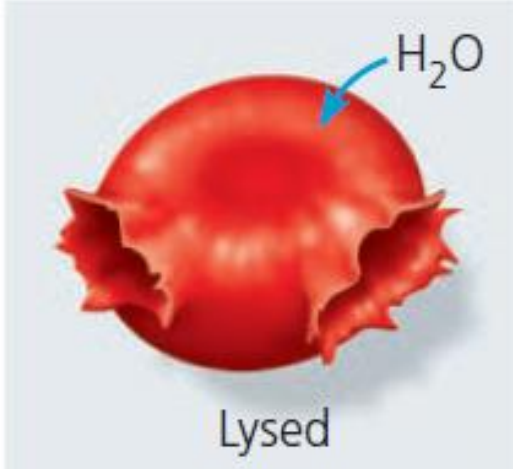




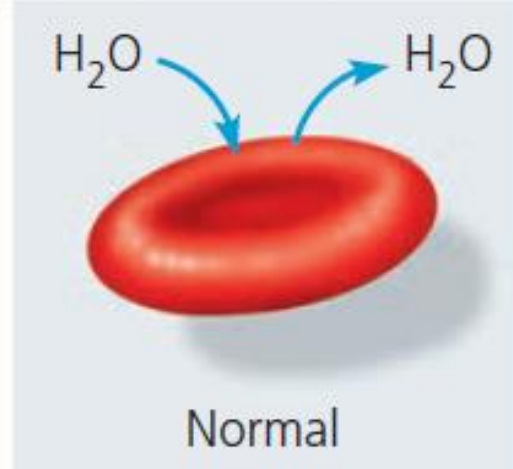
İzotonik Ortamda Hücre Davranışı

- Hücre ile dış ortam aynı yoğunlukta ise, bu ortam izotonik olarak tanımlanır.
- İzotonik ortamda su girişi ve çıkışı dengededir; net bir su hareketi yoktur.

Hypotonic solution



Isotonic solution



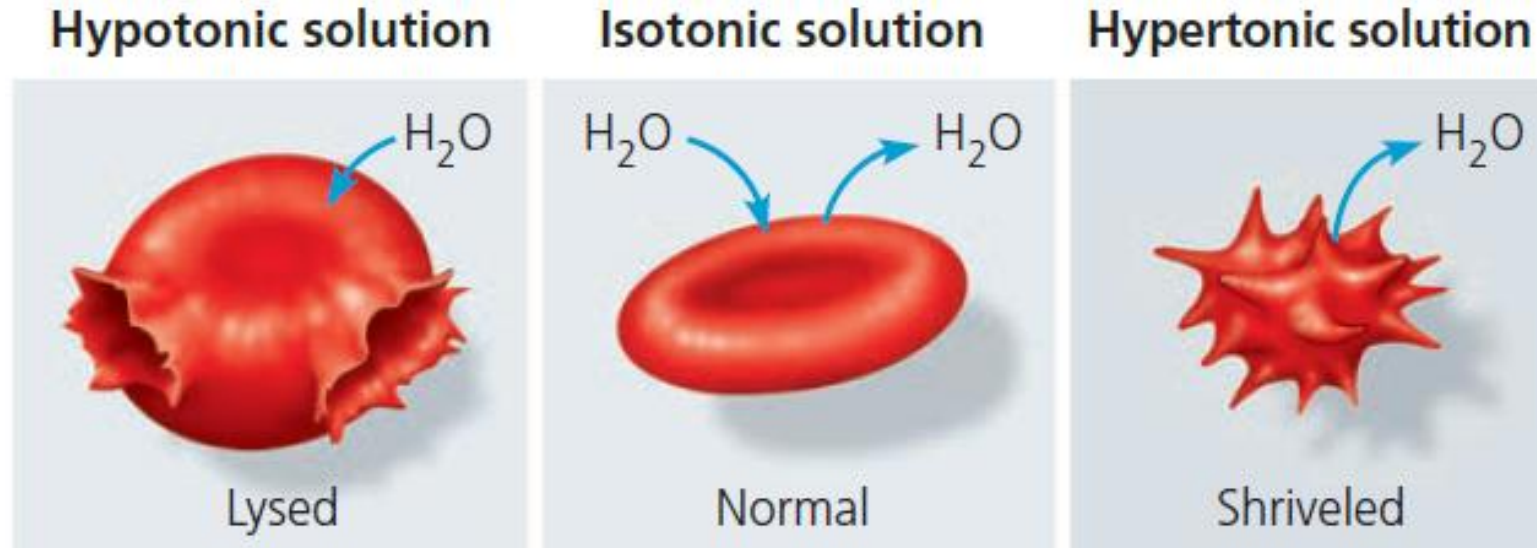
Hypertonic solution





İzotonik Ortamda Hücre Davranışı

- Hayvan hücreleri bu tür ortamda hacimlerini korur, denge halindedir.
- Aşağıda, izotonik ortamda bir hayvan hücresinin stabil görünümü gösterilmektedir.





Hipertonik ve Hipotonik Ortamların Etkisi

- Hipertonik ortamda, dış ortamın yoğunluğu hücreden fazladır; su hücre dışına çıkar, hücre büzüşür ve ölebilir.
- Hipotonik ortamda, dış ortamın yoğunluğu hücreden düşüktür; su hücreye girer, hücre şişer ve patlayabilir.
- Hücre duvarı olmayan hücreler, bu tür ortamlarda ciddi zarar görebilir.
- Aşırı su alımı ya da kaybı, hayvan hücreleri için tehlikelidir.





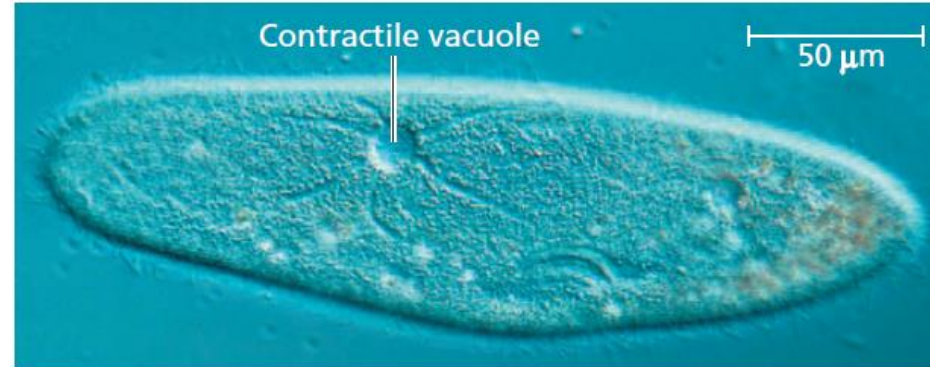
İzotonik Ortamda Yaşam Uyumu

- Hücre duvarı olmayan hücreler, izotonik bir ortamda yaşadıklarında su dengesini kolayca koruyabilir.
- Deniz suyunun izotonik yapısı, birçok deniz omurgasızının yaşamasına olanak sağlar.
- Karasal hayvanların hücreleri ise izotonik dış hücre sıvısı ile çevrilidir.
- Bu ortamlar, su dengesinin doğal yolla korunmasına yardımcı olur.



Osmoregülasyon: Paramecium Örneği

- Hipotonik bir ortamda yaşayan tek hücreli Paramecium, su alımını kontrol etmek zorundadır.
- Paramecium'un plazma zarı, suya karşı daha az geçirgindir; bu özellik su girişini yavaşlatır.
- Yine de sürekli su girişi olur ve bu su, kontraktıl koful adlı organelle dışarı atılır.
- Aşağıda, bu kofulun suyu dışarı pompalayan yapısı gösterilmektedir.





Hipersalin Ortamlarda Yaşam Stratejileri

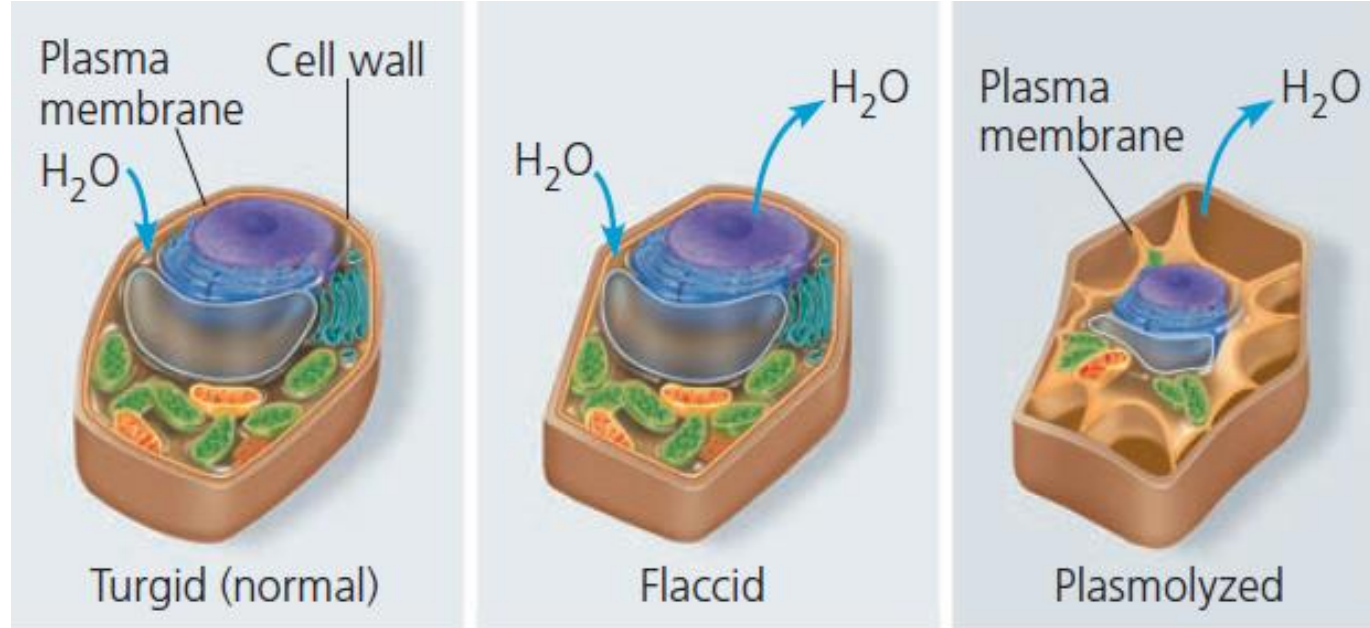
- Aşırı tuzlu ortamlarda yaşayan bakteri ve arkeler, su kaybını önlemek için özel uyum mekanizmaları geliştirmiştir.
- Bu organizmalar, iç ve dış ortamdaki çözücü yoğunluklarını dengeleyerek suyun dışarı çıkmasını engeller.
- Bu stratejiler, evrimsel olarak osmoregülasyonun farklı biçimlerini temsil eder.





Hücre Duvarına Sahip Hücrelerde Su Dengesi

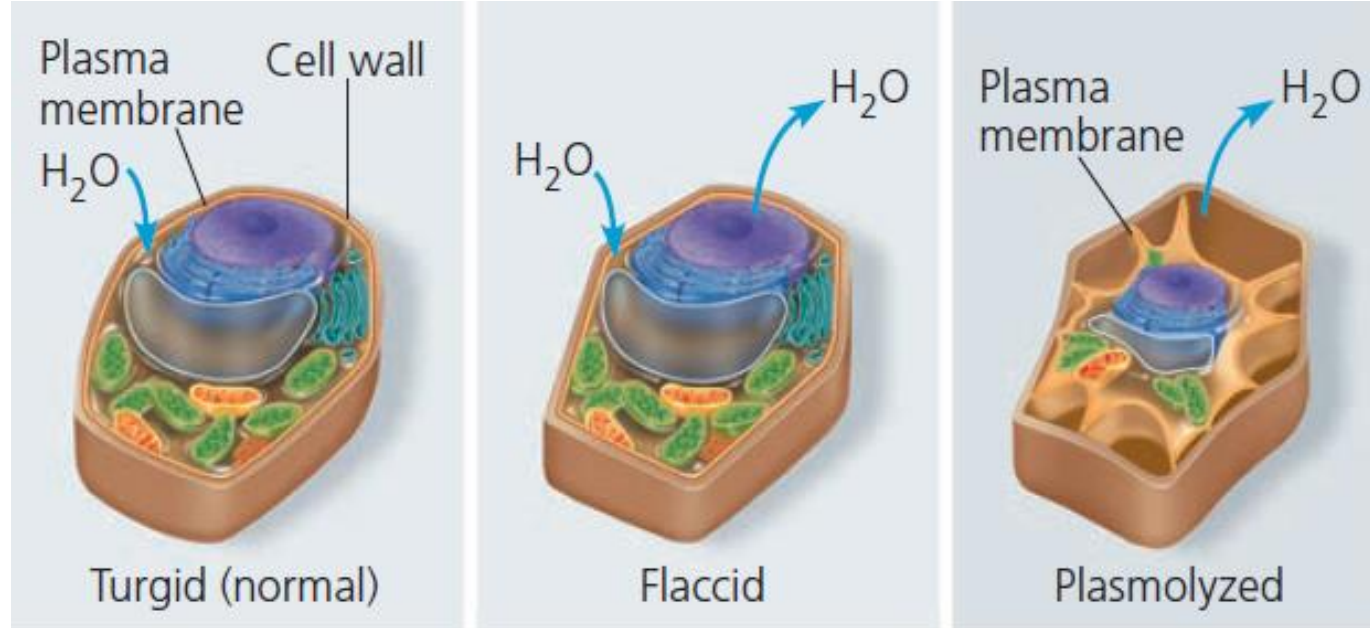
- Bitkiler, prokaryotlar, mantarlar ve bazı tek hücreli ökaryotlar hücre duvarı ile çevrilidir.
- Bu duvar, hücre hipotonik bir çözeltiye (örneğin yağmur suyu) konduğunda su dengesinin korunmasına yardımcı olur.





Hücre Duvarına Sahip Hücrelerde Su Dengesi

- Bitki hücresi, tıpkı hayvan hücresi gibi osmozla su alarak şişer.
- Ancak, esnekliği düşük olan hücre duvarı bir süre sonra turgor basıncı oluşturarak daha fazla su alımını engeller.





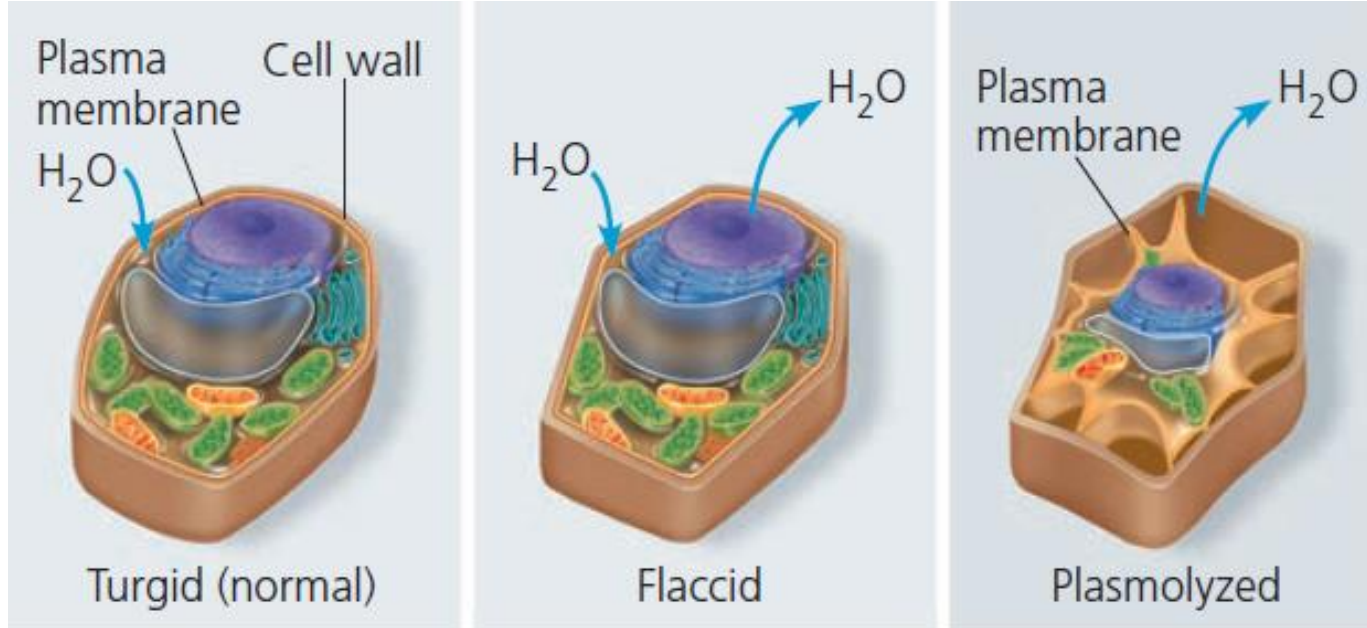
Turgor Basıncı ve Bitkisel Destek

- Turgor basıncı sayesinde hücre turgor durumuna ulaşır; bu durum çoğu bitki hücresi için sağlıklı ve ideal haldir.
- Özellikle odunsu olmayan ev bitkileri, çevrelerindeki hipotonik çözeltilerle turgor durumunda kalmaları sayesinde mekanik destek kazanır.
- Eğer hücre içi ve çevresi izotonik olursa, su girişi olmaz ve hücreler gevşek hale gelir; bu da bitkinin solmasına neden olur.



Plazmoliz ve Hipertonik Ortamın Etkisi

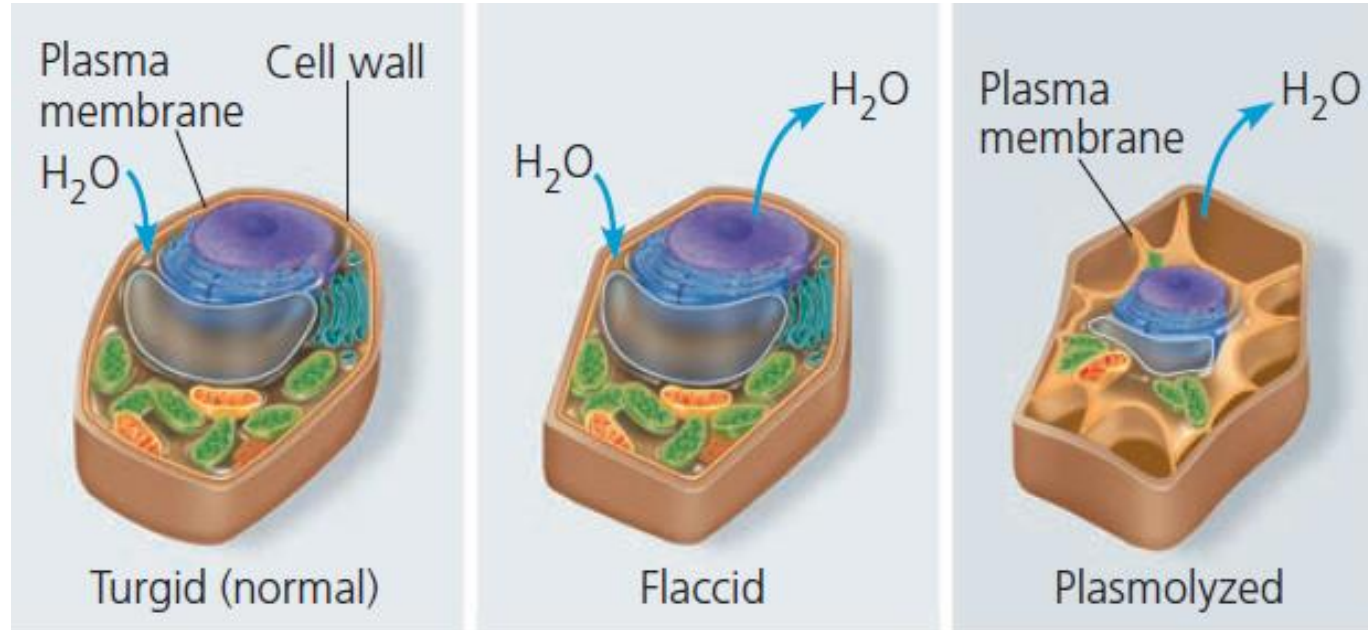
- Hücre duvarı, hücrenin hipertonik bir ortama konması durumunda su kaybını önleyemez.
- Bitki hücresi bu durumda hayvan hücresi gibi çevresine su kaybeder ve büzülür.





Plazmoliz ve Hipertonik Ortamın Etkisi

- Hücre büzüştükçe plazma zarı, hücre duvarından birçok noktada ayrılır; bu olaya plazmoliz denir.
- Plazmoliz, bitkinin solmasına yol açar ve ileri durumlarda bitki ölüme sürüklenebilir.





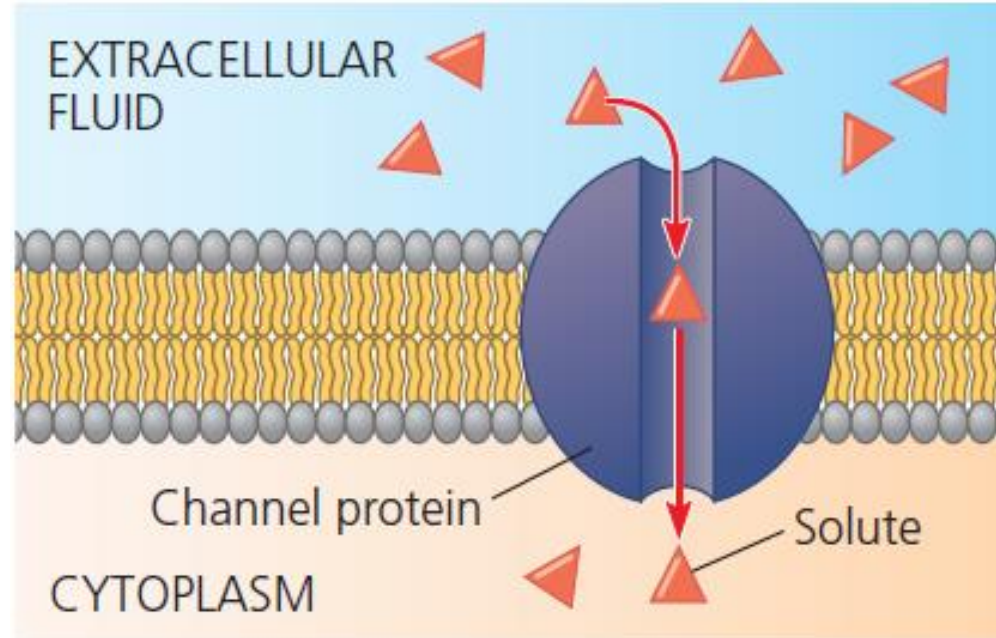
Kolaylaştırılmış Difüzyon: Taşıyıcı Proteinlerle Pasif Taşınım

- Su ve bazı hidrofilik çözücüler zarın lipid tabakası tarafından engellenir; bu maddeler, zar boyunca taşıyıcı proteinler yardımıyla pasif olarak geçebilir.
- Bu taşınım türüne kolaylaştırılmış difüzyon denir.
- Taşıyıcı proteinler genellikle oldukça özgüdür; bazı maddeleri taşıırken diğerlerini taşımazlar.



Kanal Proteinleri ve Su Taşınımı

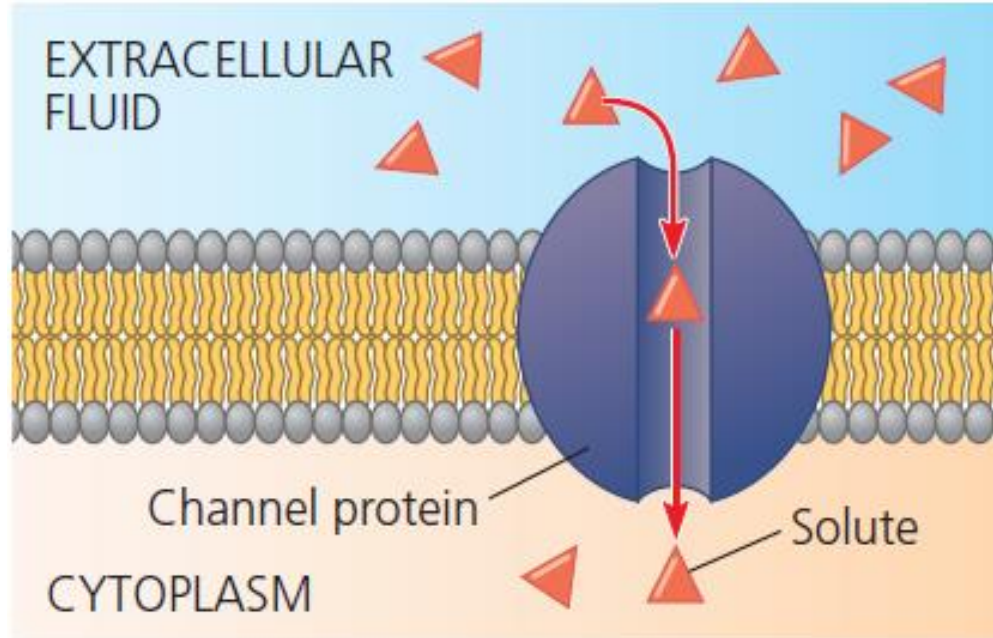
- Kanal proteinleri, belirli molekül veya iyonların zardan geçebileceği koridorlar oluşturur.
- Akuaporin adı verilen su kanalları, suyun difüzyonunu (osmoz) kolaylaştırır.





Kanal Proteinleri ve Su Taşınımı

- Özellikle kırmızı kan hücreleri ve bazı böbrek hücreleri çok sayıda akuaporin içerir.
- Böbrekler bu sayede idrardan suyu geri kazanır; aksi halde günde yaklaşık 180 litre idrar üretirdik.





İyon Kanalları ve Kapılı Taşıma Mekanizması

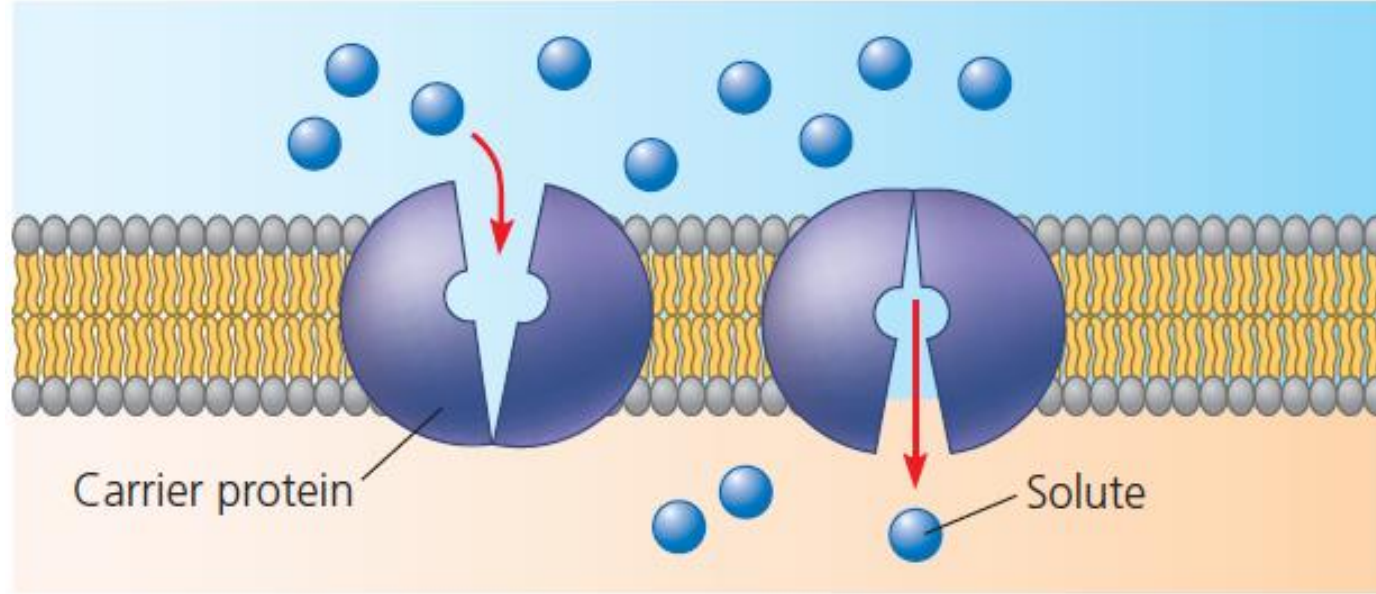
- İyonları taşıyan kanal proteinlerine iyon kanalları denir; bu kanalların bir kısmı uyarana bağlı olarak açılıp kapanabilir.
- Elektriksel uyarıya yanıt veren bu kapılı kanallar, sinir hücrelerinde örneğin potasyum iyonlarının hücre dışına çıkmasını sağlar.
- Bu olay, hücrenin yeniden uyarılabilir hale gelmesinde rol oynar.
- Bazı kapılı kanallar, taşınan madde dışındaki özel moleküller bağlandığında açılır veya kapanır.





Taşıyıcı Proteinler ile Madde Geçişi

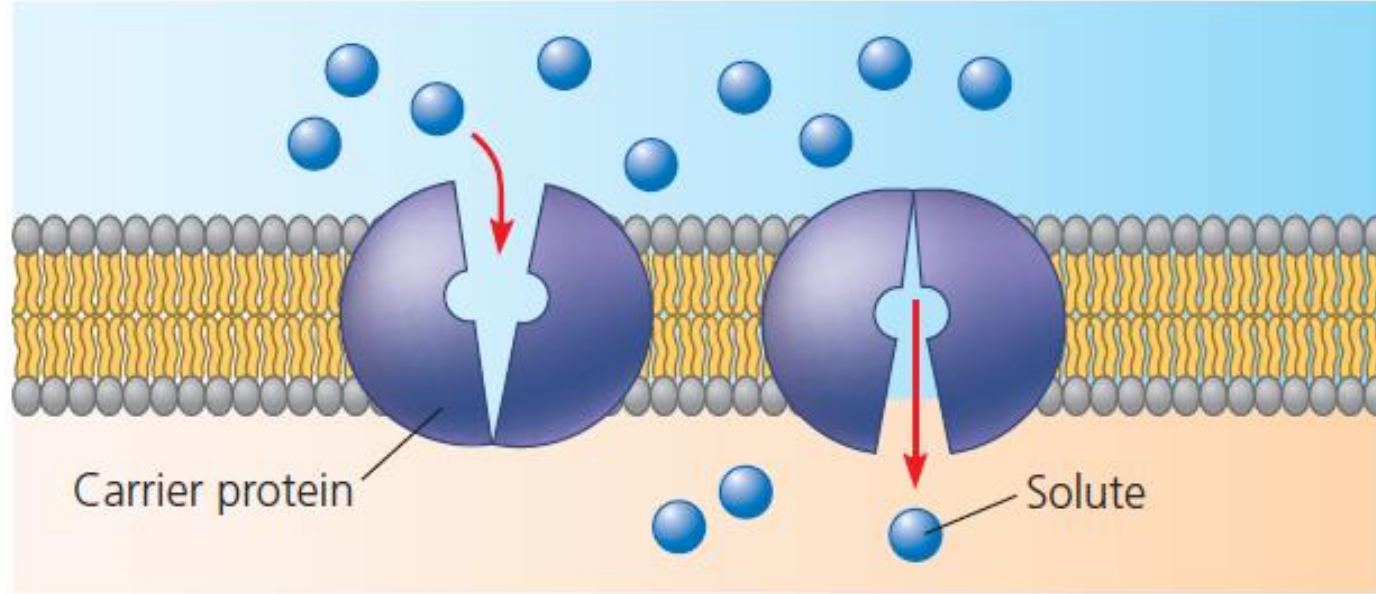
- Glukoz taşıyıcısı gibi bazı taşıyıcı proteinler, şekil değiştirerek taşıdıkları molekülü zarın diğer tarafına aktarır.
- Bu şekil değişimi, genellikle molekülün bağlanması veya serbest bırakılması ile tetiklenir.





Taşıyıcı Proteinler ile Madde Geçişi

- Bu proteinlerin taşıma yaptığı yön, maddenin derişim farkına bağlıdır.
- Tüm bu süreç enerji gerektirmez; yani pasif taşınımın bir şeklidir.





Pasif Taşımanın Sınırları

- Kolaylaştırılmış difüzyon, taşıyıcı proteinlerin yardımıyla gerçekleşse de enerji gerektirmeyen pasif bir taşıma türüdür.
- Bu mekanizma, yalnızca maddelerin yoğunluk farkı yönünde hareket etmesine olanak tanır.
- Ancak bazı taşıma proteinleri, maddeleri düşük yoğunluktan yüksek yoğunluğa taşıyabilir.
- Bu durum, pasif taşımadan farklı olarak enerji gerektirir ve "aktif taşıma" olarak adlandırılır.

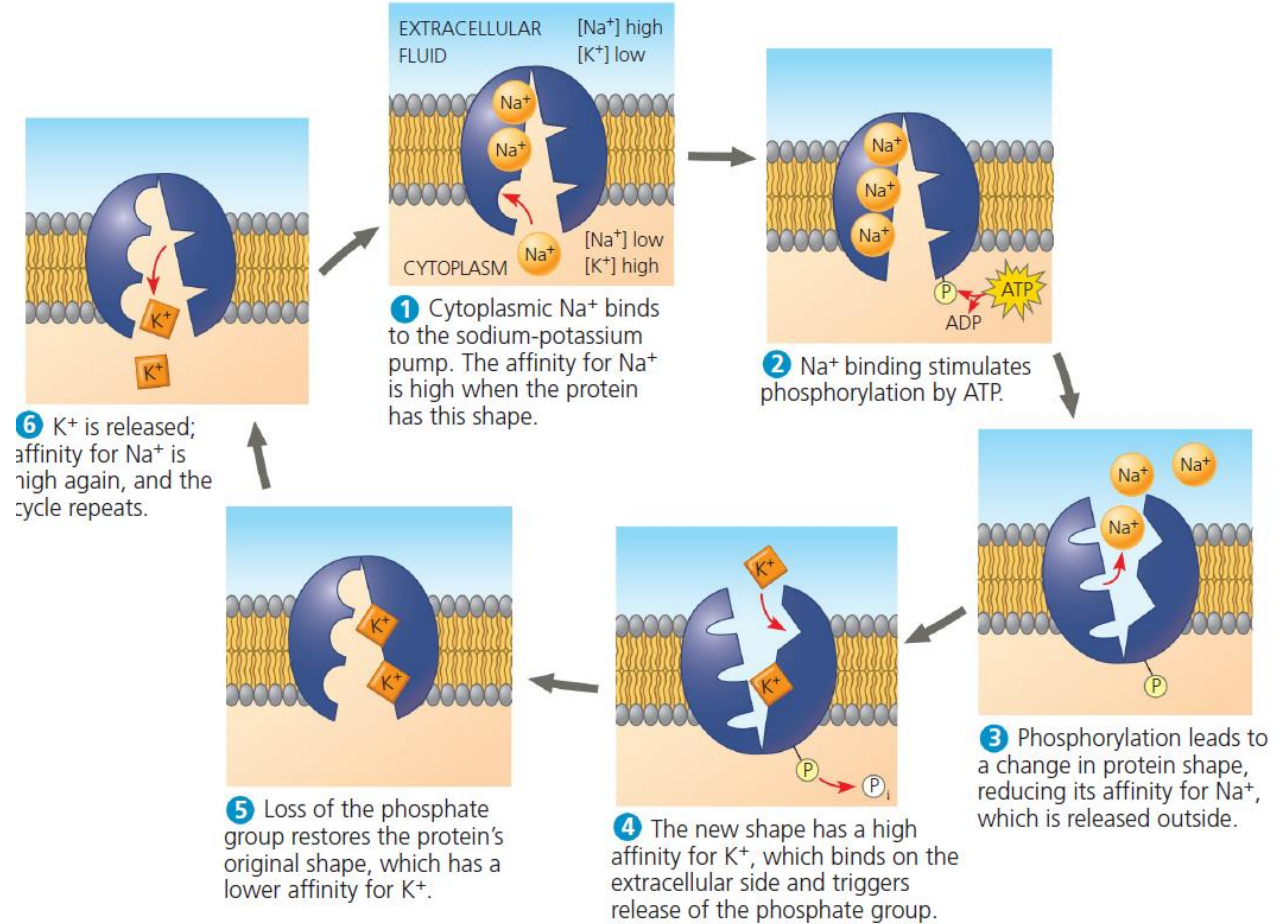


Aktif Taşımanın Enerji Gereksinimi

- Bir maddeyi konsantrasyon gradyanına karşı taşımak hücresel düzeyde bir iş yapmayı gerektirir.
- Bu nedenle aktif taşıma, hücre tarafından enerji harcanmasını gerektiren bir süreçtir.
- Aktif taşıma yapan proteinlerin tamamı, kanal değil taşıyıcı (carrier) proteinlerdir.
- Kanal proteinleri açık olduğunda sadece difüzyon sağlar; taşıyıcı proteinler ise maddeyi yönlü şekilde taşır.

Hücre İçi ve Dışı Konsantrasyon Dengesizliği

- Aktif taşıma, hücrelerin dış ortamdan farklı iyon derişimlerini sürdürebilmesini sağlar.
- Örneğin, hayvan hücrelerinde potasyum (K^+) iyonları içeride yüksek, sodyum (Na^+) iyonları ise düşük düzeydedir.
- Plazma zarı, Na^+ iyonlarını dışarı, K^+ iyonlarını ise içeri pompalayarak bu dengenin korunmasına katkı sağlar.





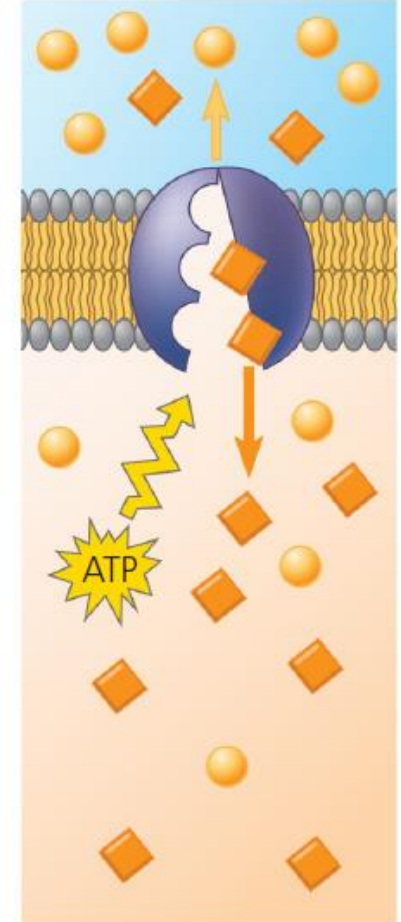
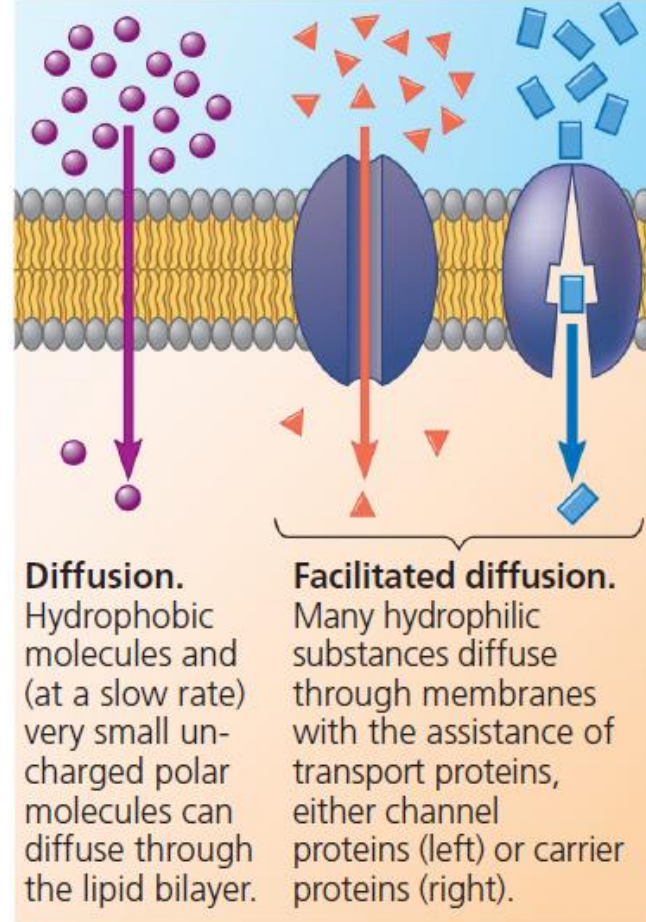
ATP-Aktif Taşımanın Güç Kaynağı

- Çoğu aktif taşıma sistemi için gerekli enerji, ATP molekülünün hidroliziyle sağlanır.
- ATP'nin terminal fosfat grubunun taşıyıcı proteine aktarılması, proteinin şeklini değiştirerek taşıma işlemini başlatır.
- Bu mekanizmaya sahip önemli bir örnek, sodyum-potasyum pompasıdır.



Pasif ve Aktif Taşımanın Karşılaştırılması

- Pasif taşımada enerji harcanmazken, aktif taşımada ATP gereklidir.
- Pasif taşıma, maddelerin yoğunluk farkına göre hareket ettiği bir süreçtir.
- Aktif taşıma ise bu yoğunluk farkına karşı bir yönde madde taşır.
- Yanda pasif ve aktif taşıma arasındaki farklar görsel olarak özetlenmiştir.





Zar Potansiyeli Nedir?

- Tüm hücrelerde, plazma zarının iki tarafı arasında bir voltaj farkı bulunur.
- Bu voltaj, zıt yüklü iyonların zarın iki tarafında eşit olmayan dağılımından kaynaklanır.
- Zar potansiyeli genellikle -50 ile -200 milivolt (mV) arasındadır; hücre içi dışa göre daha negatiftir.
- Bu potansiyel, iyonların zardan geçişini etkileyen önemli bir enerji kaynağıdır.



Elektrokimyasal Gradyan: İyonların Taşınmasını Belirleyen İkili Güç

- İyonların taşınmasında sadece konsantrasyon farkı değil, elektriksel fark da etkilidir.
- Kimyasal güç, iyonun konsantrasyon gradyanına bağlıdır.
- Elektriksel güç ise zar potansiyelinin iyon hareketine etkisidir.
- Bu iki gücün birleşimi, iyonların hareketini belirleyen elektrokimyasal gradyanı oluşturur.





Elektrokimyasal Gradyana Bir Örnek: Na^+ İyonu

- Dinlenme halindeki sinir hücresinde Na^+ konsantrasyonu hücre dışında daha yüksektir.
- Hücre uyarıldığında, kapılı kanallar açılır ve Na^+ iyonları hücre içine doğru difüze olur.
- Hem kimyasal (yoğunluk farkı) hem de elektriksel (zar içi negatif) kuvvet aynı yönde hareketi destekler.
- Bu nedenle Na^+ iyonları, elektrokimyasal gradyan boyunca hızla içeri akar.





Zıt Kuvvetlerde Aktif Taşımanın Gerekliliği

- Bazı durumlarda, zar potansiyeli bir iyonun difüzyonunu engelleyebilir.
- Bu durumda iyon, konsantrasyon gradyanı yönünde hareket etse bile elektriksel kuvvet tarafından geri itilir.
- Böyle bir durumda iyonun hücre içine taşınması için aktif taşıma gerekebilir.
- Bu süreçlerde ATP kullanılarak iyonlar istenen yöne taşınır.





Elektrojenenez: Zar Üzerinde Voltaj Üreten Taşıyıcılar

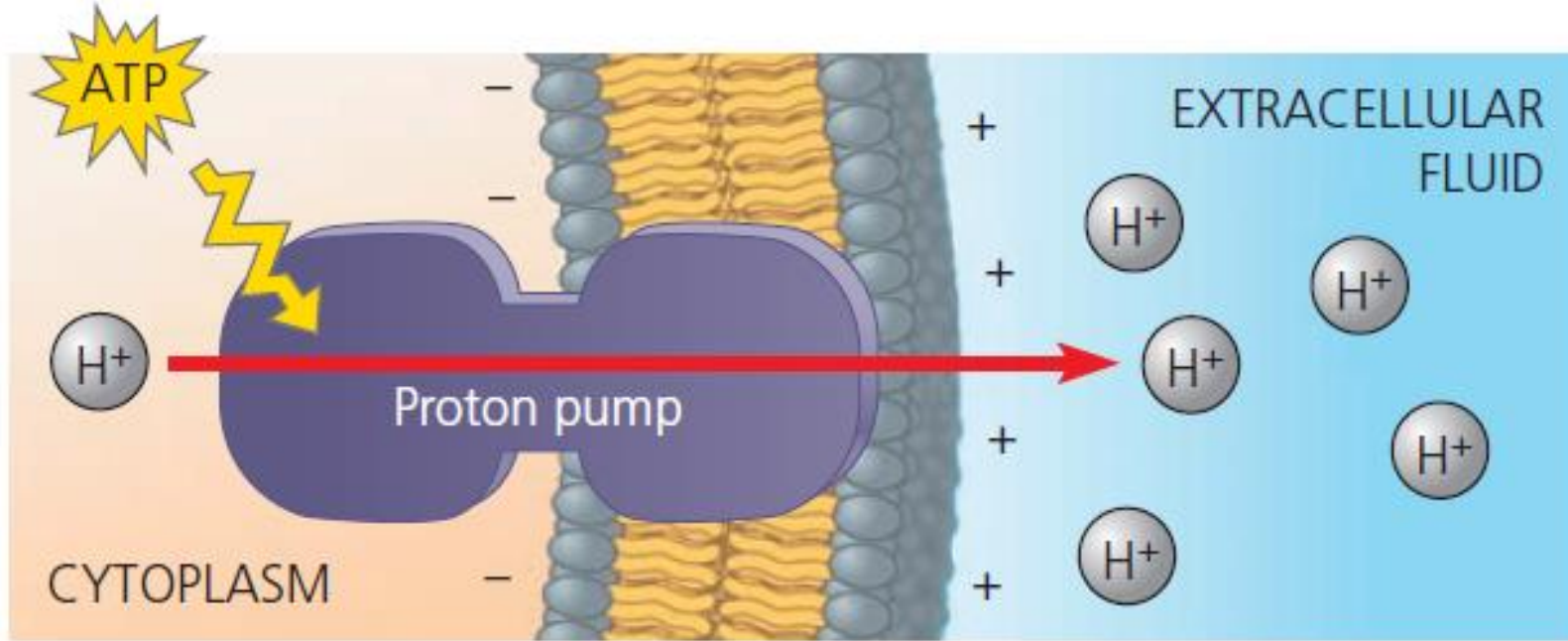
- Bazı taşıma proteinleri, iyonları taşıyarak zar üzerinde voltaj (membran potansiyeli) üretir.
- Bu tür proteinler elektrogenik pompa olarak adlandırılır.
- Sodyum-potasyum pompası, her çalışmasında 3 Na⁺ iyonunu dışarı, 2 K⁺ iyonunu içeri taşır.
- Böylece, her döngüde sitoplazmadan dış ortama bir net pozitif yük aktarılır.





Bitkilerde ve Mantar Hücrelerinde Proton Pompası

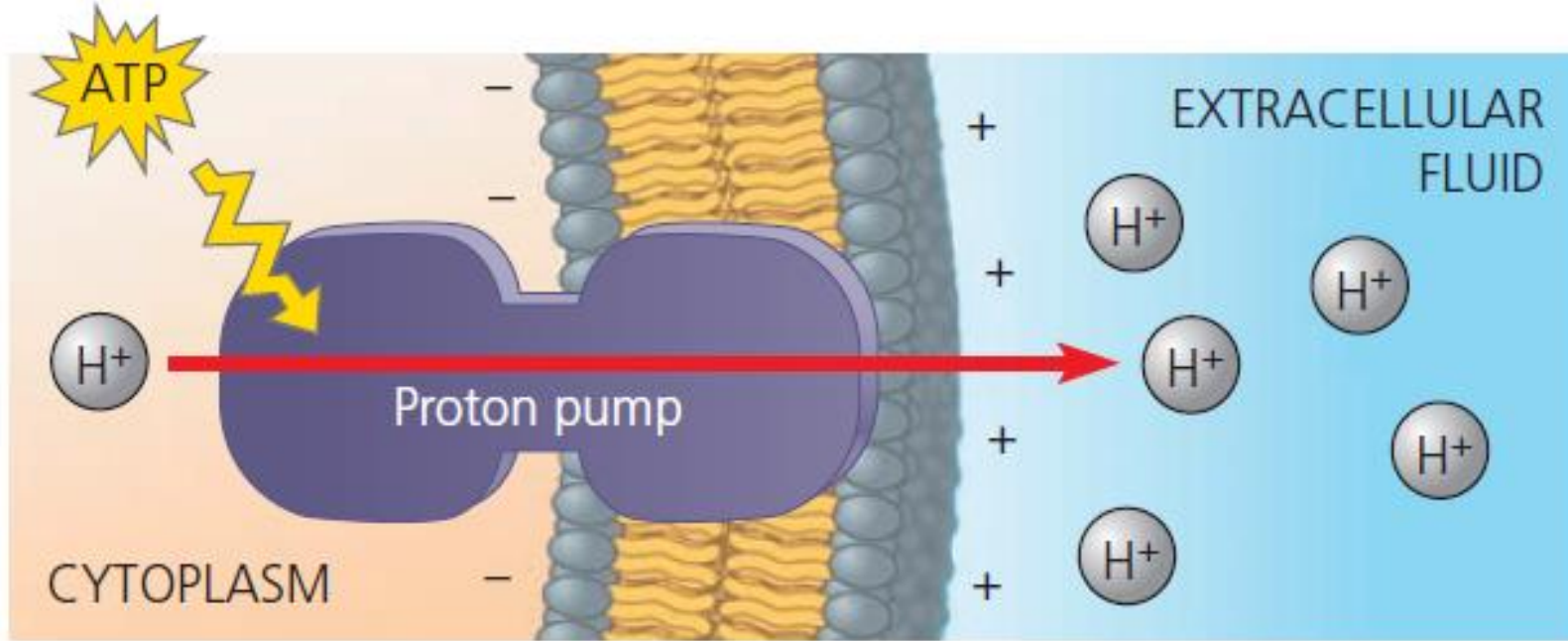
- Hayvan hücrelerinden farklı olarak bitki, mantar ve bakteri hücrelerinde başlıca elektrogenik pompa proton pompasıdır.
- Bu pompa, H^+ iyonlarını aktif şekilde hücre dışına taşır.





Bitkilerde ve Mantar Hücrelerinde Proton Pompası

- Böylece, dış ortama pozitif yük aktarımı sağlanır ve zar potansiyeli oluşur.
- Aşağıda proton pompasının işleyişi ve voltaj üretimi detaylı şekilde gösterilmiştir.





Elektrogenik Pompaların Hücresel İşlevi

- Elektrogenik pompalar, hücre zarındaki voltaj farkını oluşturarak enerji depolanmasına katkı sağlar.
- Bu enerji, örneğin hücresel solunum sırasında ATP sentezi için kullanılabilir.
- Ayrıca, bir başka maddeyle birlikte iyonların taşındığı co-transport (eş-taşıma) sistemlerinde de kullanılır.
- Böylece pompalar, sadece taşıma değil enerji yönetiminde de merkezi rol oynar.





Konsantrasyon Gradyanları ve Hücre Zarından Madde Taşınımı

- Bir çözücü, hücre zarının iki tarafında farklı yoğunluklarda bulunduğunda, difüzyon yoluyla daha yoğun olduğu taraftan az yoğun olduğu tarafa geçerek iş yapabilir.
- Bu durum, yukarı pompalanan suyun aşağı akarken iş yapmasına benzetilebilir.
- Hücreler, bu gradyan farklarını aktif taşımada enerji kaynağı olarak kullanabilir.





Co-transport (Eş Taşıma) Mekanizmasının Temeli

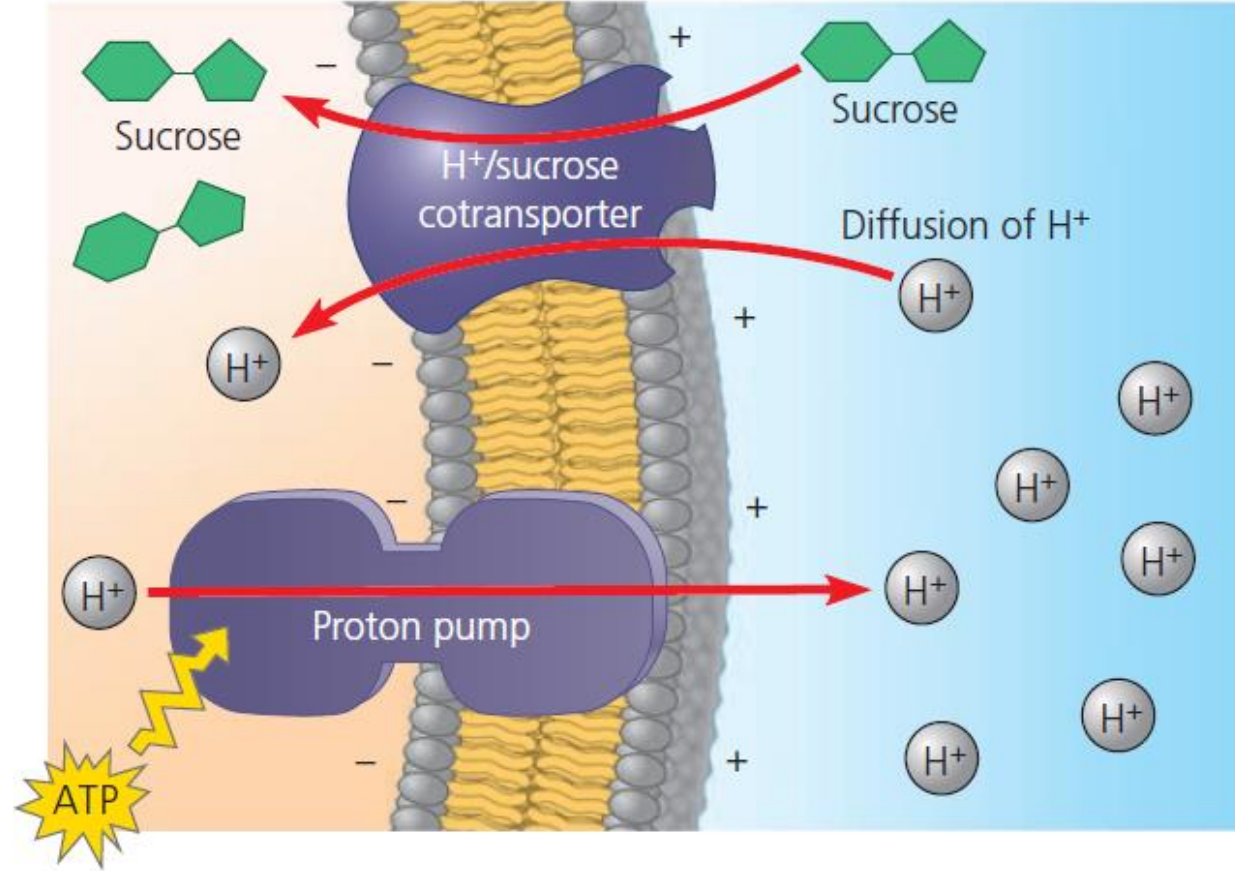
- Co-transport, bir taşıyıcı proteinin bir maddenin “aşağı yöndeki” difüzyonunu, başka bir maddenin “yukarı yöndeki” taşınmasına bağlamasıyla gerçekleşir.
- Bu taşıyıcı proteine “co-transporter” (eş taşıyıcı) denir.
- Bir madde gradyanına uygun şekilde taşınırken, diğer bir madde bu süreçten faydalanarak zıt gradyana karşı taşınır.





Bitki Hücrelerinde Co-transport Örneği

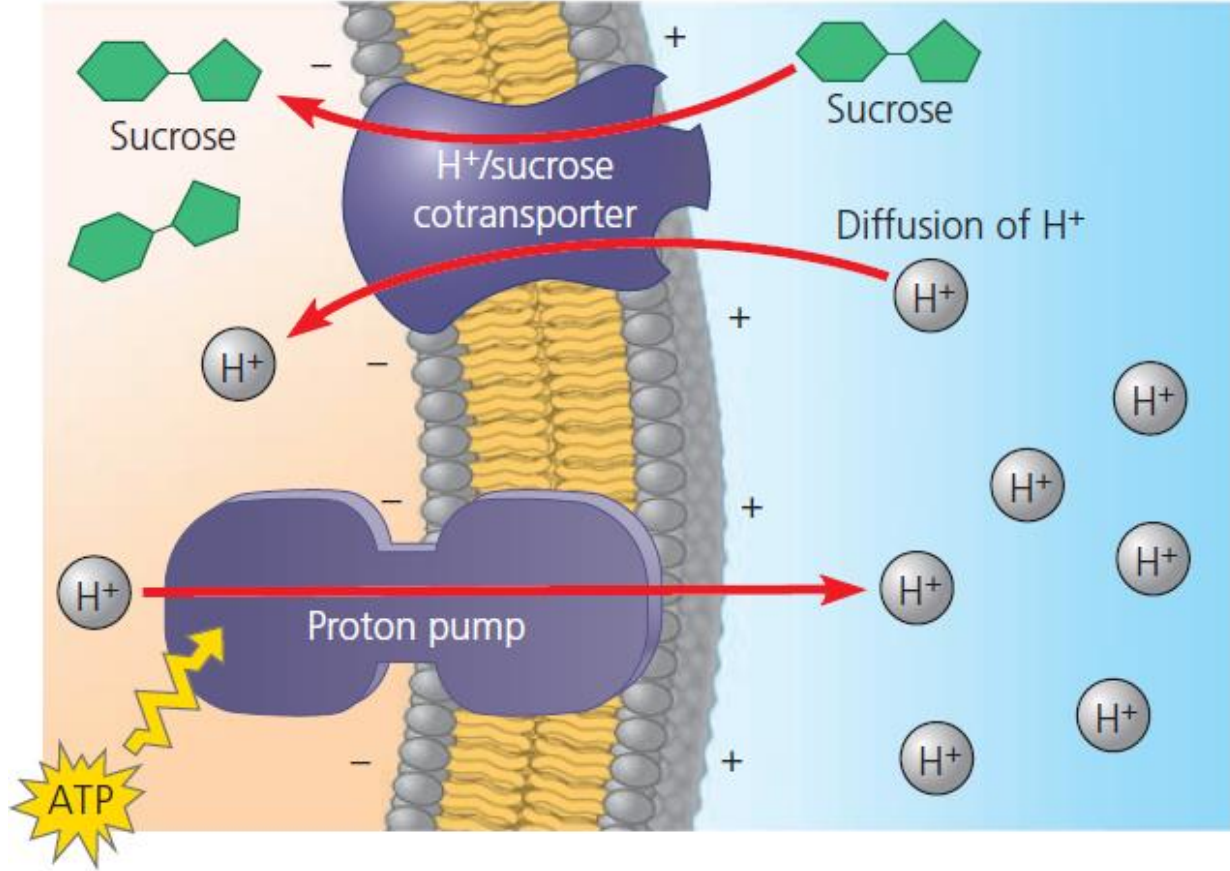
- Bitki hücreleri, ATP ile çalışan proton pompaları sayesinde H^+ iyonu gradyanı oluşturur.
- Bu H^+ gradyanı, amino asit, şeker ve besinlerin hücre içine alınmasında kullanılır.
- Yanda gösterildiği gibi, H^+ iyonunun hücreye geri girişi, sükrozun da hücre içine alınmasını sağlar.





H⁺/Sükroz Co-transportunun Rolü

- H⁺ iyonu, kendi elektrokimyasal gradyanını izleyerek difüzyonla hücreye girerken, sükroz da aynı taşıyıcı üzerinden hücre içine taşınır.
- Sükroz, kendi gradyanına ters yönde taşınsa da bu ancak H⁺ ile birlikte olursa gerçekleşebilir.
- Bitkiler, bu mekanizmayı kullanarak yapraklardaki damar hücrelerine fotosentezle oluşan sükrozu yükler.



İZLE



Co-transport'un Hayat Kurtaran Uygulaması

- Co-transport proteinleri üzerine yapılan çalışmalar, ishal tedavisinde etkili yöntemler geliştirilmesini sağladı.
- Normalde, sodyum kalın bağırsakta geri emilir; ancak ishalde bu süreç yeterince hızlı gerçekleşemez ve sodyum seviyesi hızla düşer.
- Bu durumun tedavisinde, hastalara NaCl ve glukoz içeren bir çözeltinin içirilmesi etkili olur.

Bi Dünya Biyoloji



Bektaş Tepe
gezimania_tr

İZLE



Sodyum-Glukoz Co-transporteri ile Tedavi

- Na^+ ve glukoz, bağırsak hücrelerinin yüzeyindeki sodyum-glukoz co-transporter'ları ile birlikte kana taşınır.
- Bu basit yöntem, özellikle gelişmekte olan ülkelerde bebek ölümlerini önemli ölçüde azaltmıştır.
- Co-transport mekanizması, bu tür hayati tedavilerin temelini oluşturur.

Bi Dünya Biyoloji



Bektaş Tepe
gezimania_tr



Büyük Moleküllerin Zar Üzerinden Toplu Taşınması

- Su ve küçük çözülmüş maddeler, difüzyon ya da taşıyıcı proteinlerle zardan geçebilir.
- Ancak protein, polisakkarit gibi büyük moleküller, veziküllerle toplu halde taşınır.
- Bu tür taşımalar da aktif taşıma gibi enerji gerektirir.





Ekzositoz (Exocytosis) Mekanizması

- Hücre, bazı maddeleri dış ortama vermek için plazma zarıyla vezikül kaynaştırır (ekzositoz).
- Golgi aygıtından çıkan veziküller hücre iskeleti boyunca zarla birleşmek üzere taşınır.
- Vezikül içeriği dışarı boşaltılır ve vezikül zarı, plazma zarına katılır.





Ekzositozun Biyolojik Örnekleri

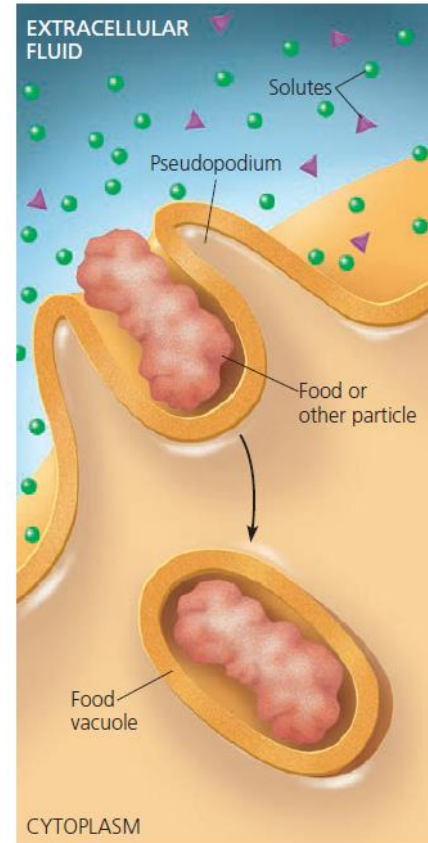
- Pankreastaki hücreler, insülin hormonunu ekzositoz yoluyla salgılar.
- Sinir hücreleri, nörotransmitter maddeleri diğer sinir ya da kas hücrelerine iletmek için bu mekanizmayı kullanır.
- Bitki hücreleri, hücre duvarı yapımında gereken protein ve karbonhidratları dışarı ekzositozla taşır.



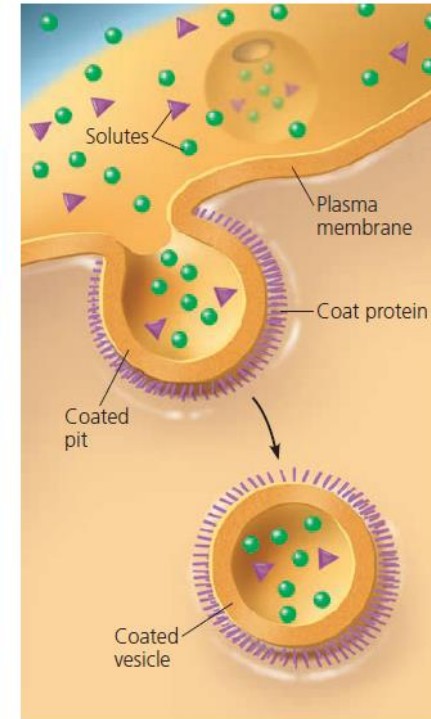
Endositoz (Endocytosis) Mekanizması

- Hücre, dış ortamdan madde almak için plazma zarından yeni veziküller oluşturur.
- Endositoz, dışarıya madde verme işlemi olan ekzositozun tersidir.
- Zar, içe doğru çökerek maddeyi kapsar ve içeri alır.
- Bu süreç yanda detaylı şekilde gösterilmiştir.

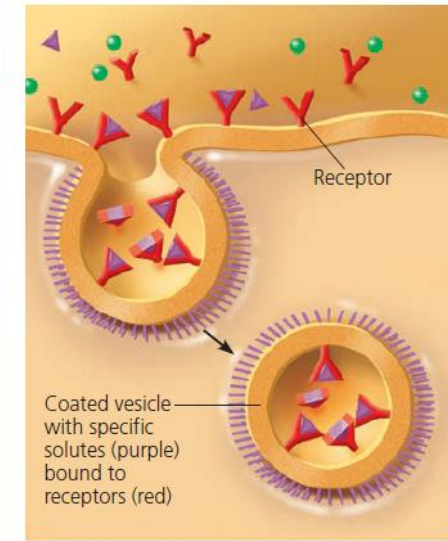
Phagocytosis



Pinocytosis



Receptor-Mediated Endocytosis

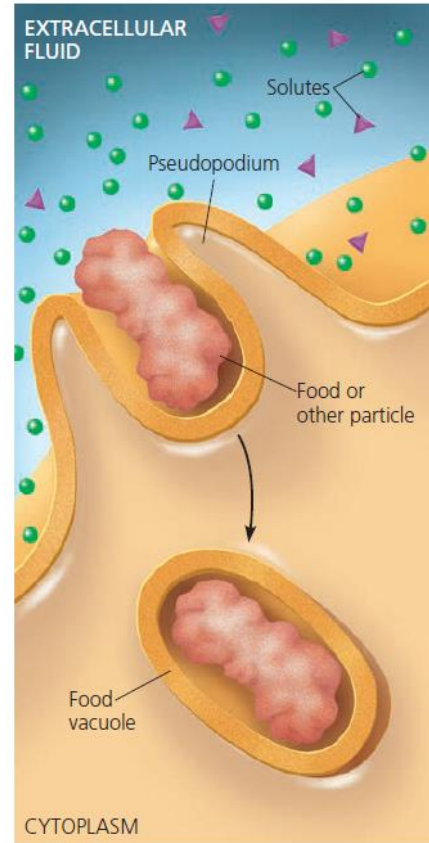




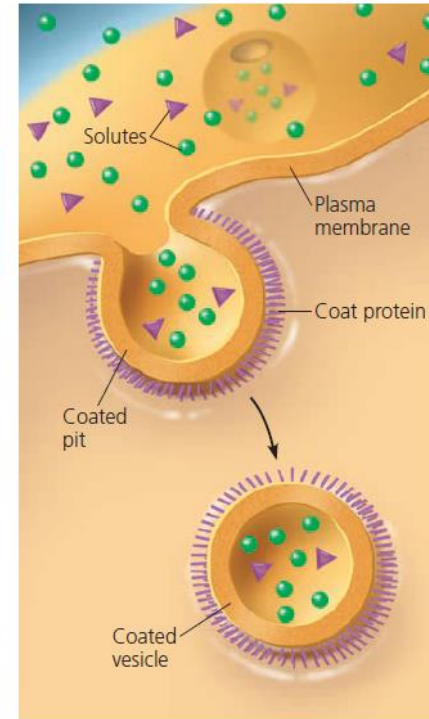
Endositoz Türleri

- **Fagositoz:** Büyük partiküllerin (örneğin bakteri) “yutulması”; hücre yemesi.
- **Pinositoz:** Sıvıların ve çözünmüş maddelerin alınması; hücre içmesi.
- **Reseptör aracılı endositoz:** Belirli moleküllerin, zar üzerindeki özel reseptörler aracılığıyla seçici olarak alınması.

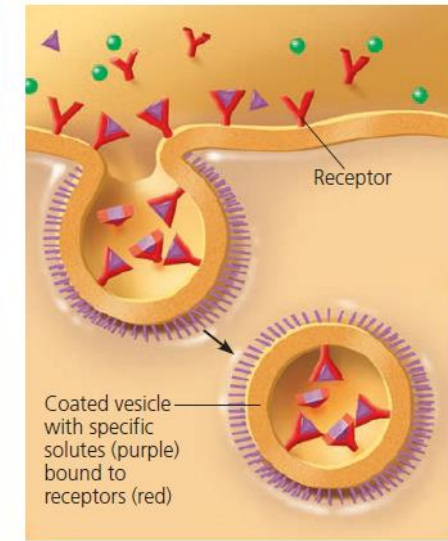
Phagocytosis



Pinocytosis



Receptor-Mediated Endocytosis





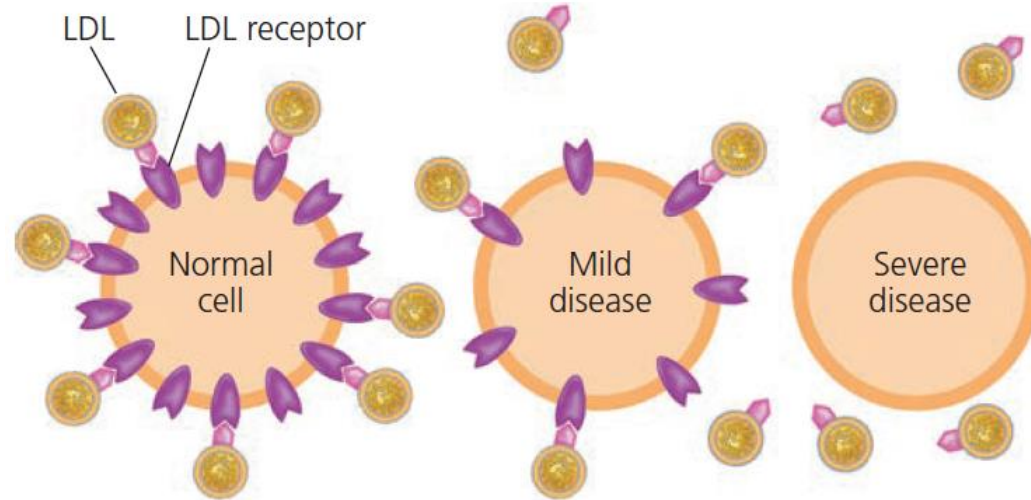
Kolesterolün Endositozla Alınması

- İnsan hücreleri, kolesterolü zar yapımı ve bazı hormonların sentezi için reseptör aracılı endositozla alır.
- Kolesterol, kanda LDL (low-density lipoprotein) partikülleriyle taşınır ve bunlar hücre zarındaki reseptörlere bağlanır.
- LDL'ler, reseptör aracılığıyla hücreye alınır ve böylece hücre içi kolesterol sağlanır.



Kalıtsal Kolesterol Bozukluğu: Ateroskleroz Riski

- Familial (ailesel) hiperkolesterolemi hastalığında, LDL reseptörleri eksik ya da hatalıdır.
- Sonuç olarak LDL'ler hücre içine giremez ve kanda kolesterol birikir.
- Kolesterol birikimi, damar duvarlarında lipid yığınlarının oluşmasına (ateroskleroz) yol açar ve bu da kalp krizi ya da inme riskini artırır.



Teşekkür ederim

Prof. Dr. Bektaş TEPE

