



Sinir Sistemi

Dr. Öğr. Üyesi Etkin ŞAFAK

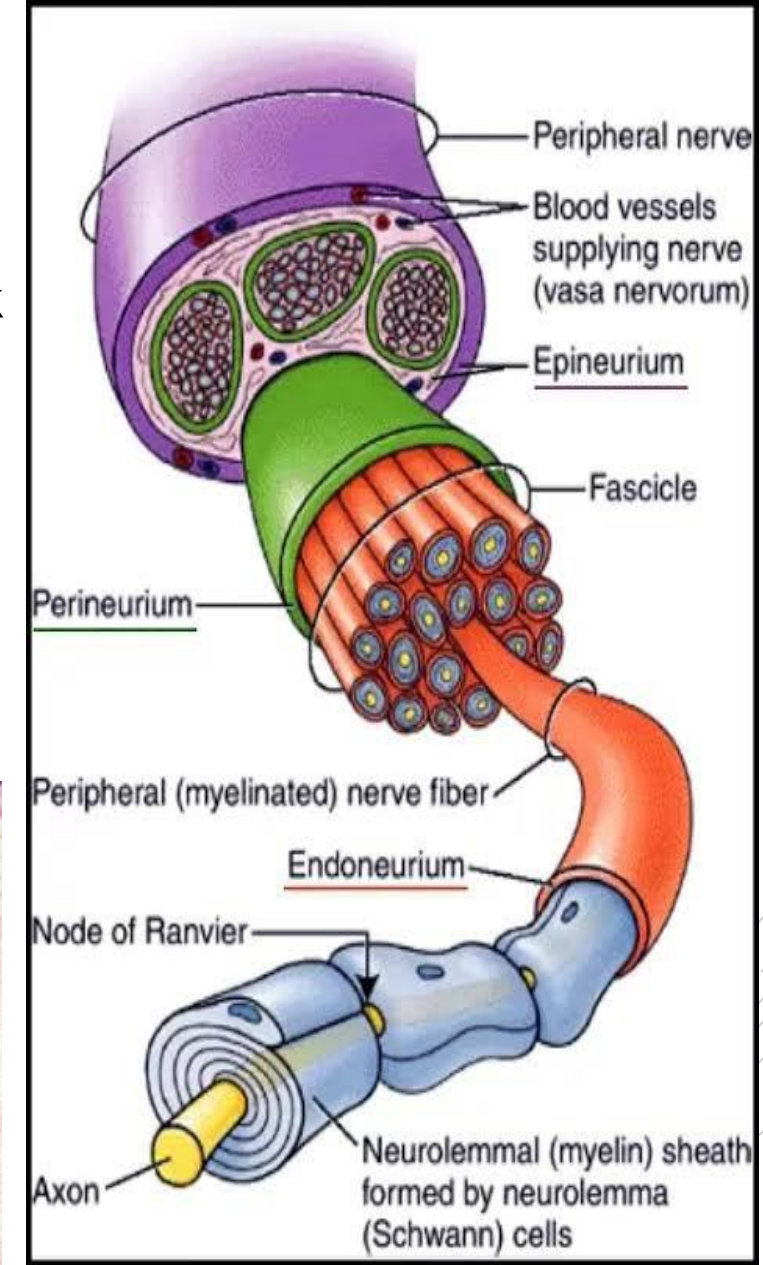
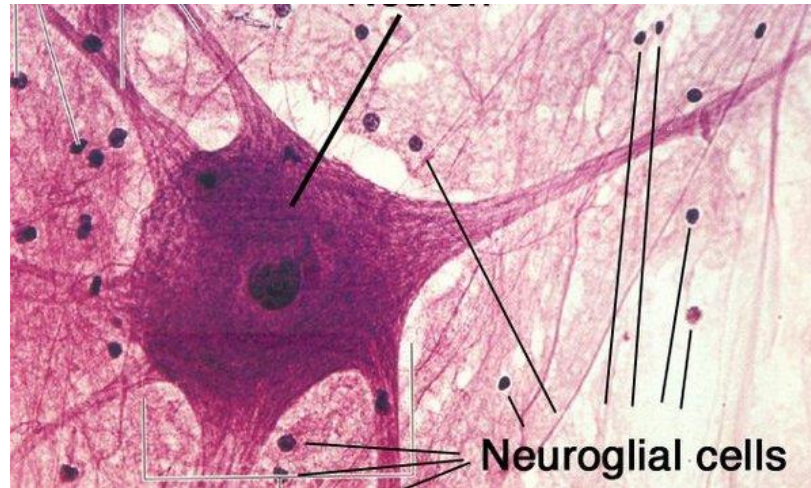
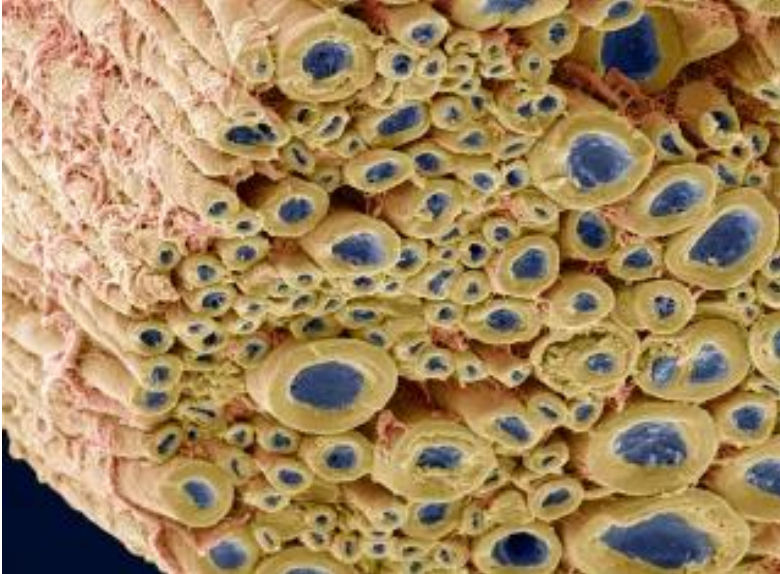


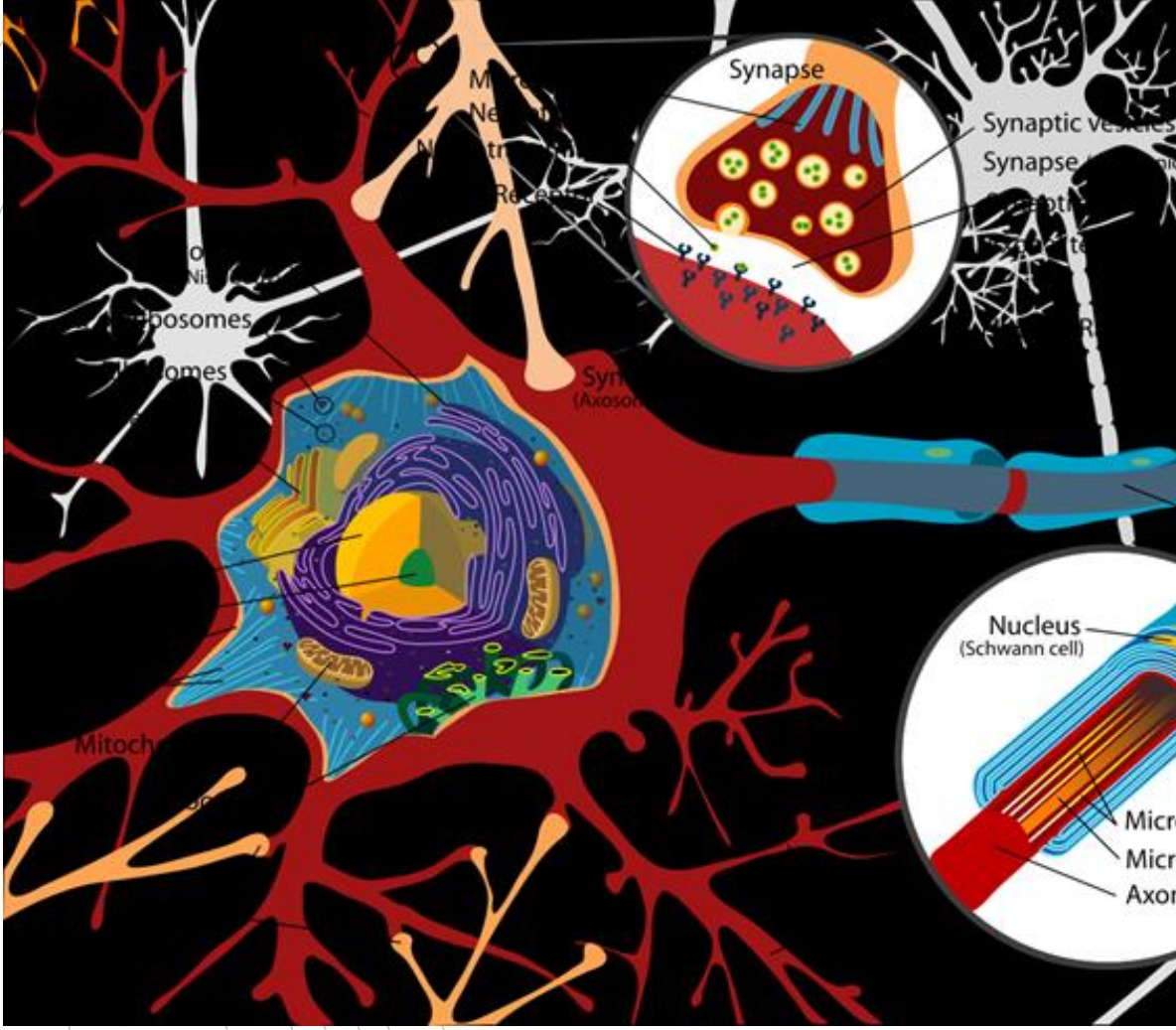
NÖRONLAR

- İnsan vücudu trilyonlarca hücreden oluşur.
- Sinir hücreleri veya nöronlar olarak adlandırılan sinir sistemi hücreleri, elektrokimyasal bir süreçle "mesajları" taşımak için uzmanlaşmıştır.
- İnsan beyinde, sinir uyarılarını aksiyon potansiyeli adı verilen bir süreçle gerçekleştiren yaklaşık 86 milyar nöron vardır.

SİNİR DOKUSU

- Sinir sisteminin temel birimi, bireysel sinir hücresi veya **nöron**dur.
- Sinir hücreleri, hücrenin bir kısmından aynı hücrenin başka bir kısmına geçen **elektrik sinyalleri** üreterek ve diğer hücrelerle iletişim kurmak için kimyasal haberciler "**nörotransmitterler**" salarak çalışır.
- **Sinirler**, sinir lifi demetlerinden oluşur.
- **Neuroglia**, sinir sisteminin bileşenlerine yardımcı olmak ve onları korumak için çeşitli işlevler gerçekleştirir.



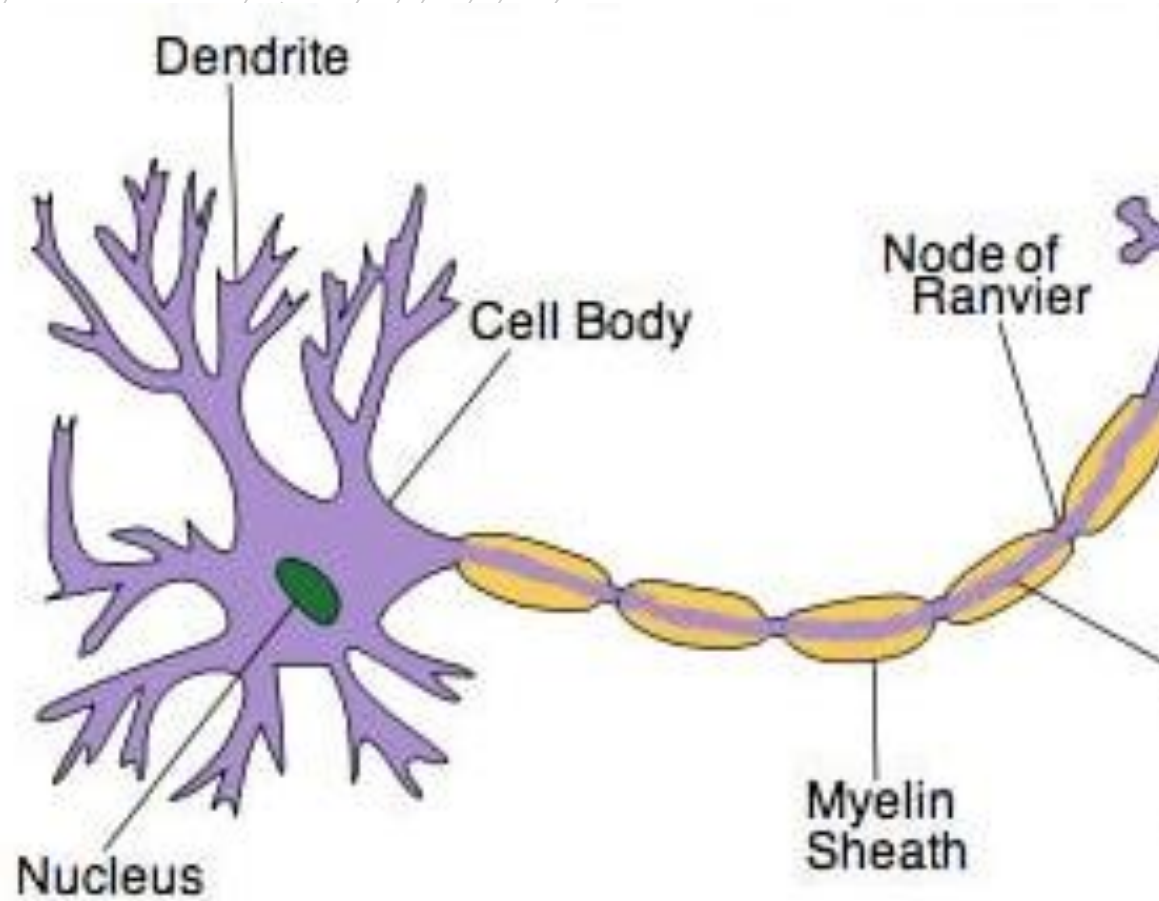


Diğer hücrelerle benzerlikler

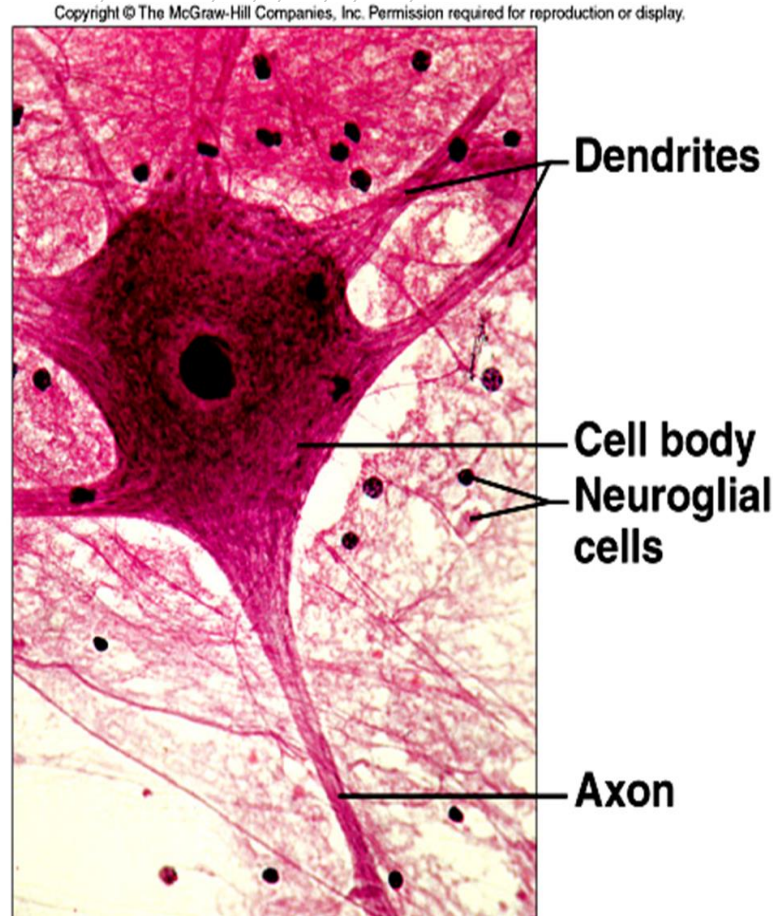
1. Nöronlar bir hücre zarı ile çevrilidir.
2. Nöronların genleri içeren bir çekirdeği vardır.
3. Nöronlar sitoplazma, mitokondri ve diğer "organellere" sahiptir.
4. Nöronlar, protein sentezi ve enerji üretimi gibi temel hücresel işlemleri gerçekleştirir.

Diğer hücrelerden farkları:

1. Nöronlar, **dendritler** ve **aksonlar** adı verilen özel uzantılara sahiptir. Dendritler bilgiyi hücre gövdesine getirir ve aksonlar bilgiyi hücre gövdesinden alır.
2. Nöronlar elektrokimyasal bir süreçle birbirleriyle iletişim kurarlar.
3. Nöronlar bazı özel yapılar (örneğin **sinapslar**) ve kimyasallar (örneğin **nörotransmitterler**) içerir.

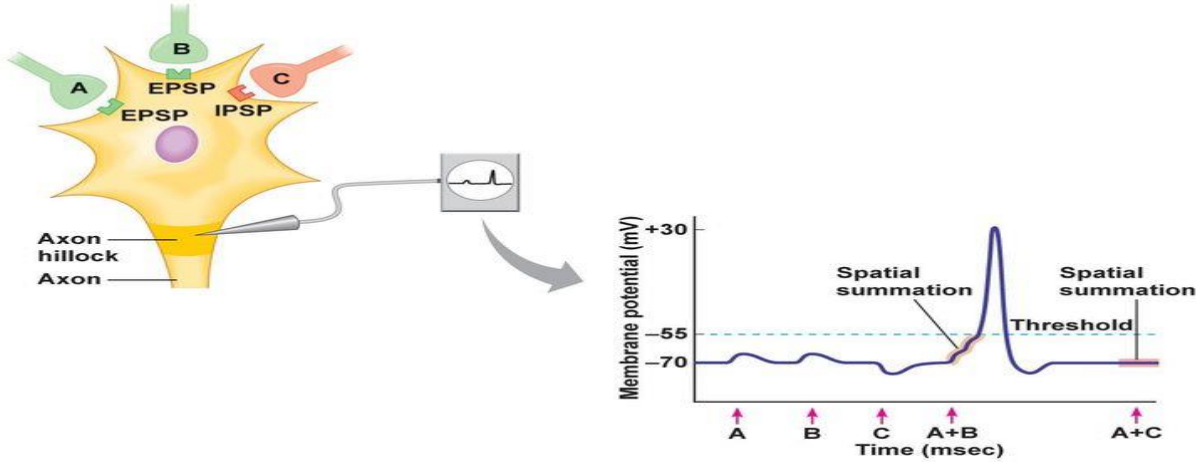
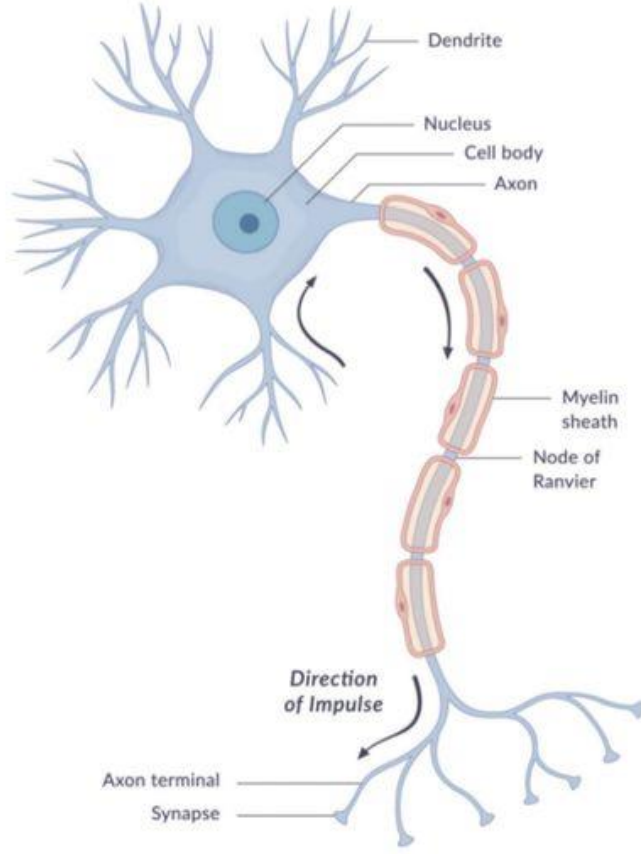


Bir nöronun yapısı:



Tek bir nöron şunlardan oluşur:

- **HÜCRE GÖVDESİ:** Çekirdeği ve ribozomları içerir ve bu nedenle protein sentezi için gerekli genetik bilgiye ve mekanizmaya sahiptir.
- **DENDRİTLER (Yunanca kelime - "ağaç"):** gelen mesajları hücre gövdesine iletir.
- Diğer nöronlardan mesaj almak için daha çok antenler gibi işlev görür.
- Dallanan dendritler (bazı nöronlarda sayıları 400.000 kadar olabilir!) hücrenin alıcı yüzey alanını artırır - sayısız başka nörondan sinyal alma kapasitesini artırır.



AKSONLAR: bazen sinir lifi olarak da adlandırılır, hücre gövdesinden hedef hücrelere uzanan tek bir uzun yapıdır.

Elektriksel mesajı bir prizden bir cihaza taşıyan bir elektrik kablosu gibi işlev görür.

Aksonların uzunluğu birkaç mikrometre den bir metre ve hatta daha fazlasına kadar değişebilir.

Aksonun hücre gövdesine en yakın kısmı ve hücre gövdesinin aksonun birleştiği kısmı, **akson tepesinin** ilk bölümü olarak bilinir.

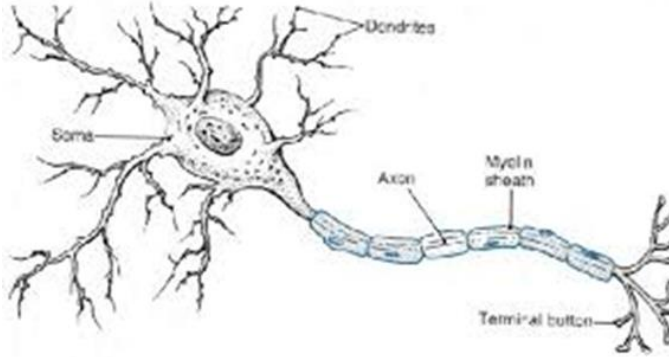
Presinaptik terminaller (terminal düğmeleri): Bir aksonun şişmiş, distal ucunda sinaptik veziküller içinde nörotransmitter maddeler bulunur.

Bu bölge aynı zamanda sinaptik bitiş veya sinaptik düğme olarak da adlandırılır.

Aksonlar ve dendritler arasındaki farklar:

Aksonlar

- Bilgiyi hücre gövdesinden uzaklaştırır.
- Yüzeyleri pürüzsüzdür.
- Genellikle hücre başına sadece 1 akson bulunur.
- Ribozomları bulunmaz.
- Myelin bulunabilir.
- Hücreden uzağa doğru dallanır.



Dendritler

- Hücre gövdesine bilgi getirir.
- Yüzeyleri pürüzlüdür (dendritik dikenler).
- Genellikle hücre başına birçok dendrite sahiptir.
- Ribozomları bulunur.
- Miyelin yalıtımı bulunmaz.
- Hücre gövdesine yakın dallanır.

Nöron Türleri

- Nöronlar birçok farklı şekil ve boyutları vardır.
- En küçük nöronlardan bazıları sadece 4 mikron genişliğinde hücre gövdelerine sahiptir.
- En büyük nöronlardan bazılarınının 100 mikron genişliğinde hücre gövdeleri vardır. (1 mikronun milimetrenin binde birine eşit olduğunu unutmayın!).

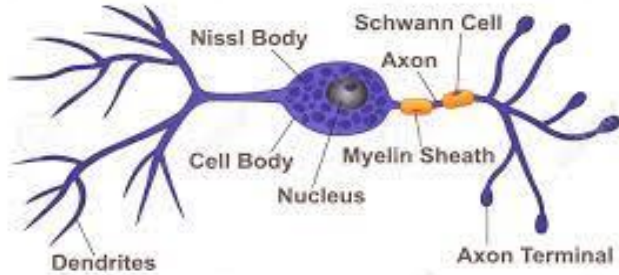


Nöron Türleri

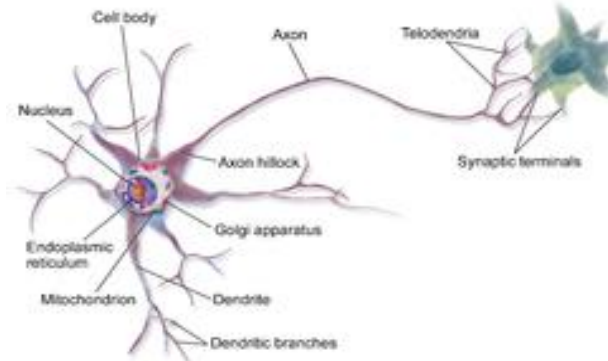
Nöronları sınıflandırmanın bir yolu, nöronun hücre gövdesinden uzanan uzantılarının sayısıdır.

- **Bipolar nöronlar:** hücre gövdesinden uzanan iki çıkıntıya sahiptirler
- (örnekler: retinal hücreler, koku epiteli hücreleri).

Bipolar Neuron

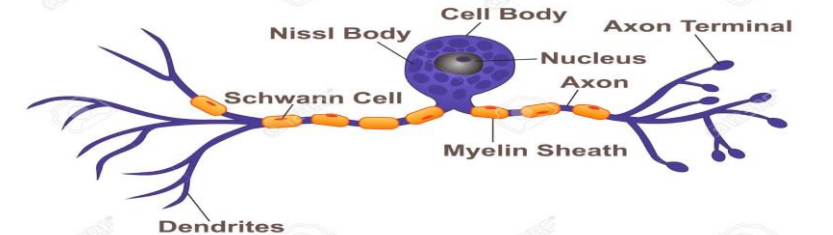


- **Çok kutuplu nöronlar:** tek bir aksone ve birçok dendrite (ve dendritik dallara) sahip olup, diğer nöronlardan gelen büyük miktarda bilginin entegrasyonuna izin verir.
- Bu yapılar, nöron hücre gövdesinden gelen projeksiyonlardır.
- Çok kutuplu nöronlar, merkezi sinir sistemindeki nöronların çoğunluğunu oluşturur.
- (örnekler: omurilik motor nöronları, ara nöronlar).



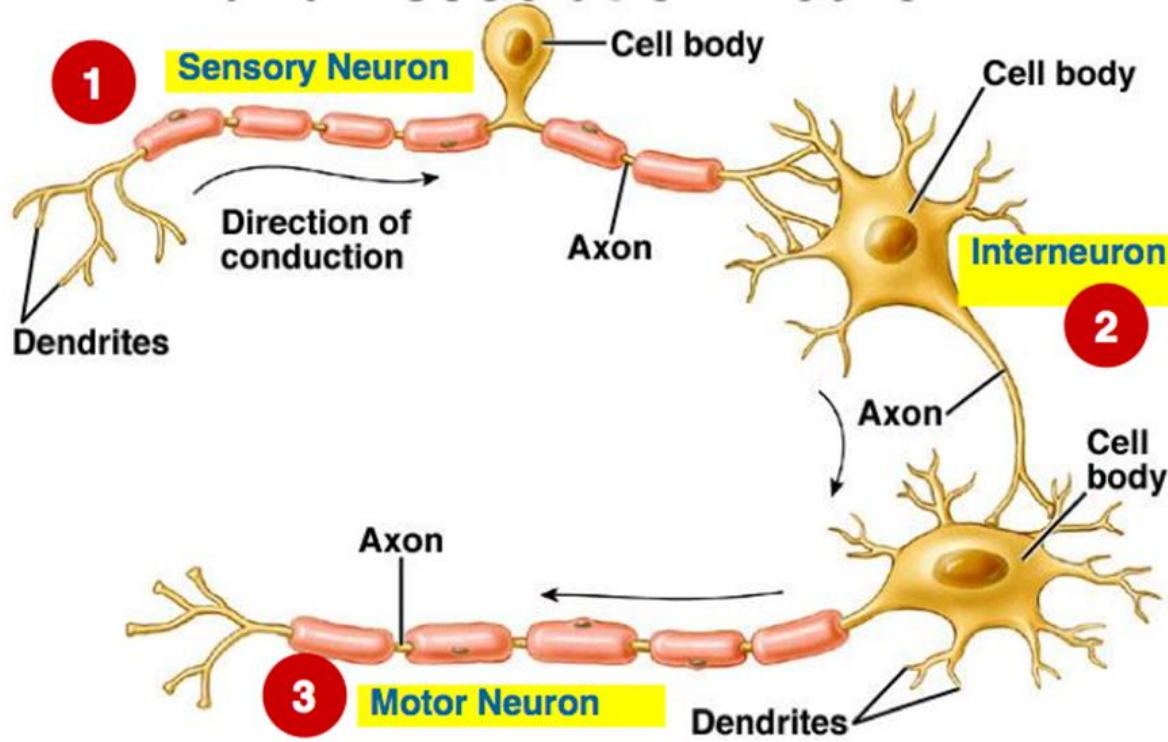
- **Psödounipolar hücreler:** Bu hücrelerde bir akson ve dendrit yerine 2 akson bulunur.
- Bir akson merkezi olarak omuriliğe doğru uzanır, diğer akson deriye veya kasa doğru uzanır.
- (örnek: dorsal kök ganglion hücreleri).

Pseudounipolar Neuron



Nöron Türleri

Three Types of Neurons



Nöronlar bilgi gönderdikleri yöne göre de sınıflandırılabilirler:

Duyusal (veya afferent) nöronlar: duyu reseptörlerden (örneğin deri, göz, burun, dil, kulak) merkezi sinir sistemine **doğru** bilgi gönderir.

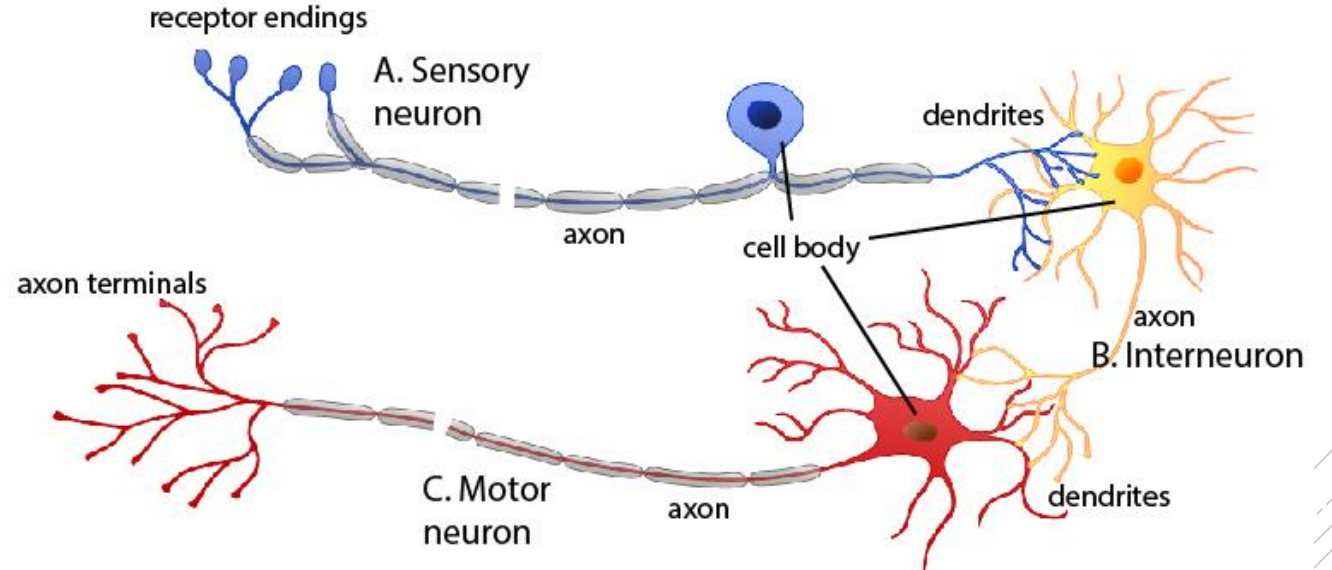
Motor (veya efferent) nöronlar: bilgiyi merkezi sinir sisteminden **uzağa** kaslara veya bezlere gönderir.

Ara nöronlar: duyu nöronları ve motor nöronlar arasında bilgi gönderir.

- Ara nöronların çoğu merkezi sinir sisteminde bulunur.

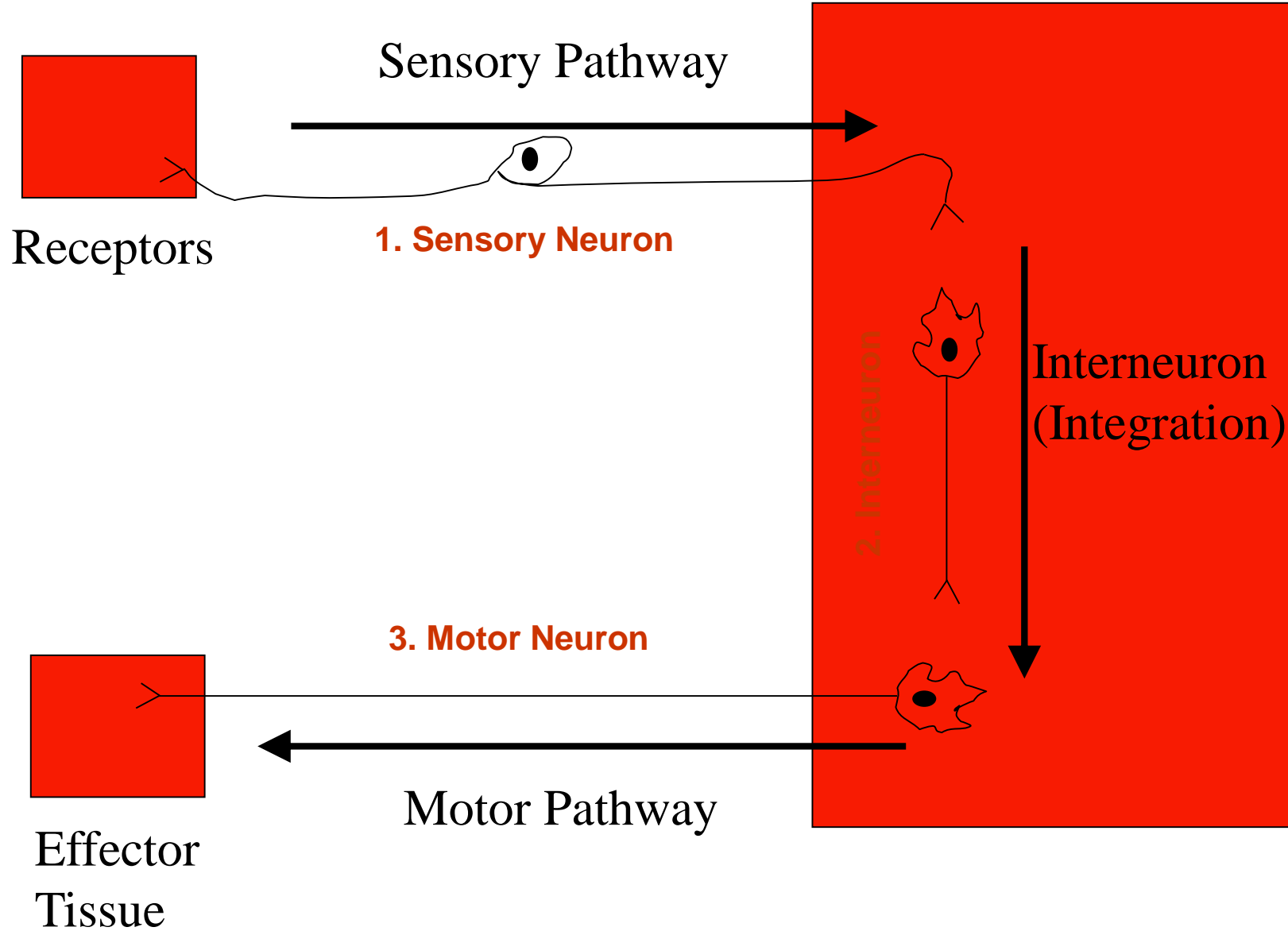
Nöronların İşlevsel Sınıfları

- Periferik uçlarında (merkezi sinir sisteminden en uzak uçlar), afferent nöronlar, nöronda elektrik sinyallerinin üretilmesine neden olarak çevrelerindeki çeşitli fiziksel veya kimyasal değişikliklere yanıt veren **duyu reseptörlerine** sahiptir.
- Reseptör bölgesi, plazma membranının özel bir bölümü veya nöron sonlanmasıyla yakından ilişkili ayrı bir hücre olabilir.



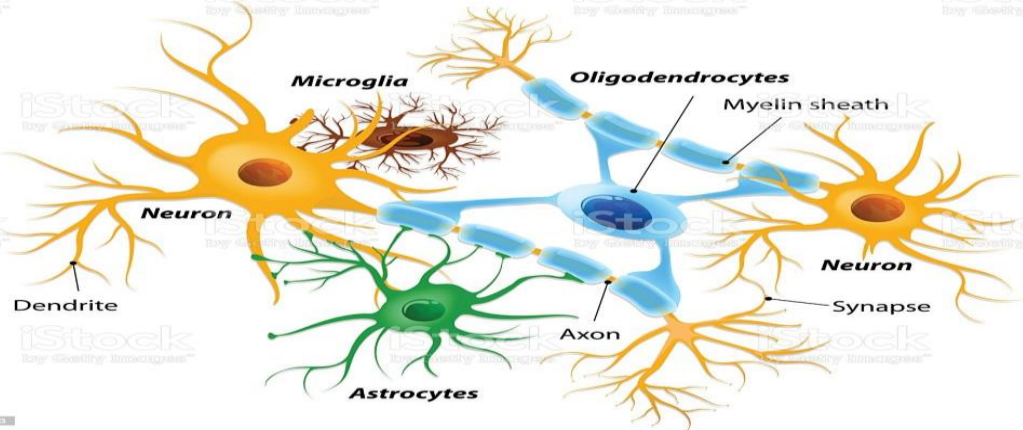
PNS

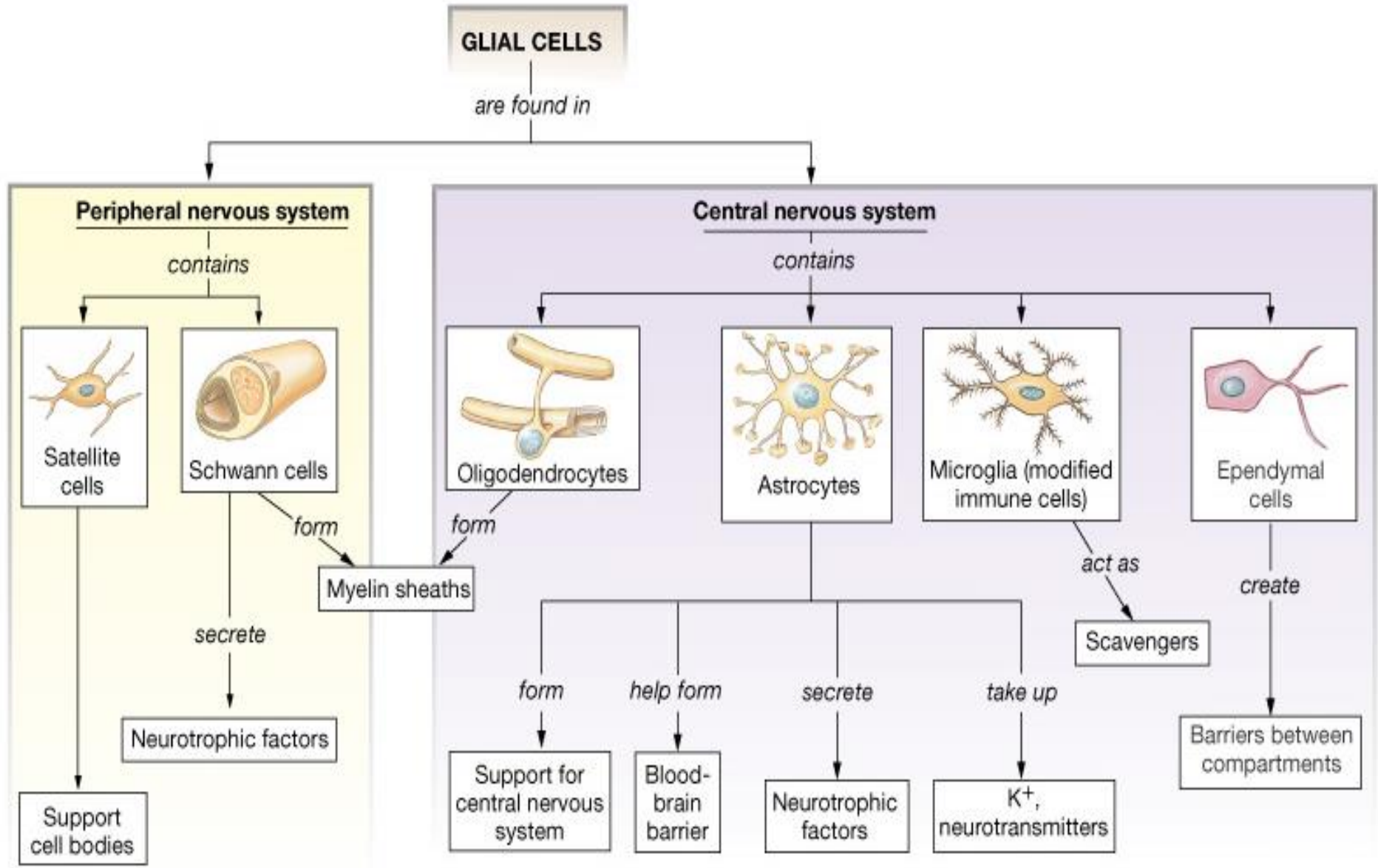
CNS



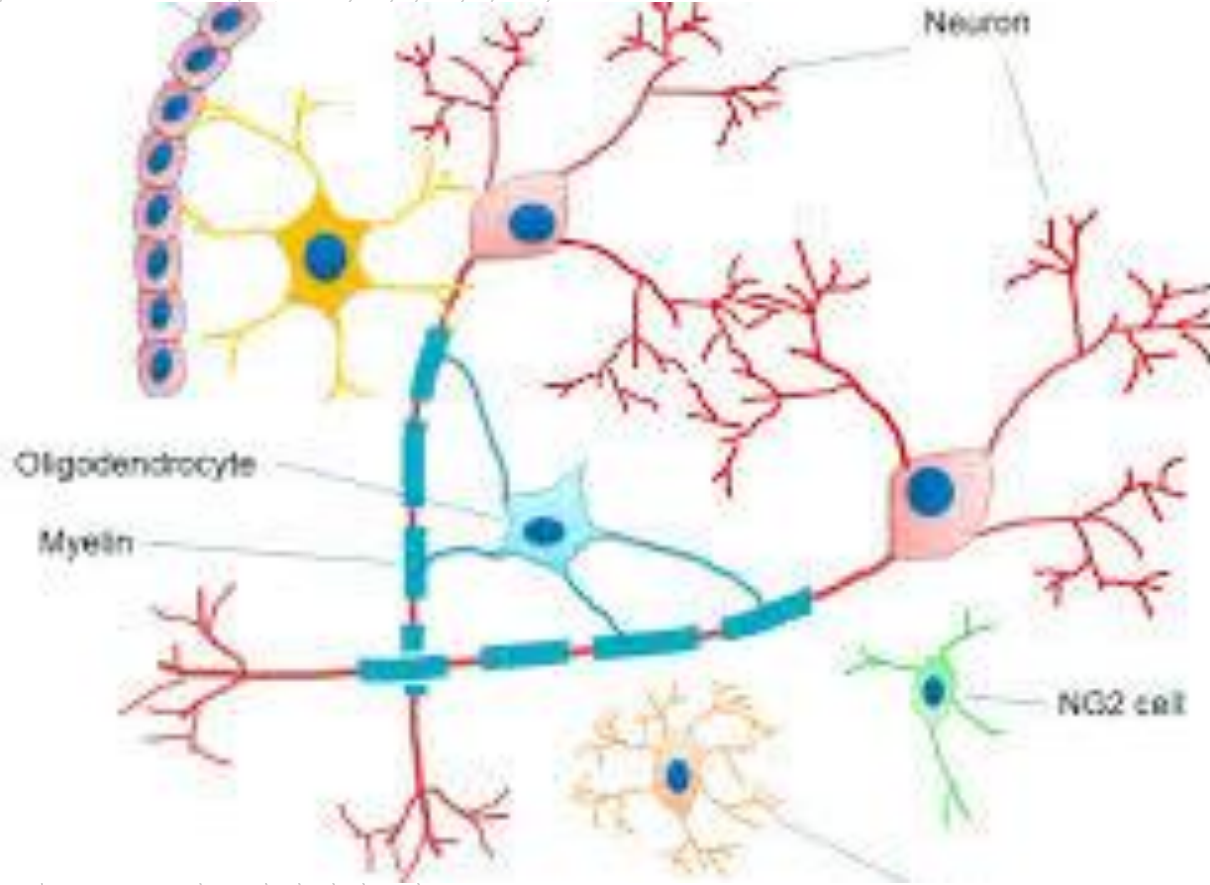
DESTEK HÜCRELERİ

- Nöronlar sinir sisteminin hacminin sadece yarısını oluşturur.
- Sinir sistemi'nin geri kalanı çeşitli destekleyici hücrelerden oluşur.
- **Neden?**
- Nöronların metabolizma hızları yüksektir sahiptir, ancak besin depolama yeteneğine sahip değildir.
- Sürekli olarak besin ve oksijen ile beslenmeleri gerekir.
- Bu hücreler nöronları destekler ve korur.



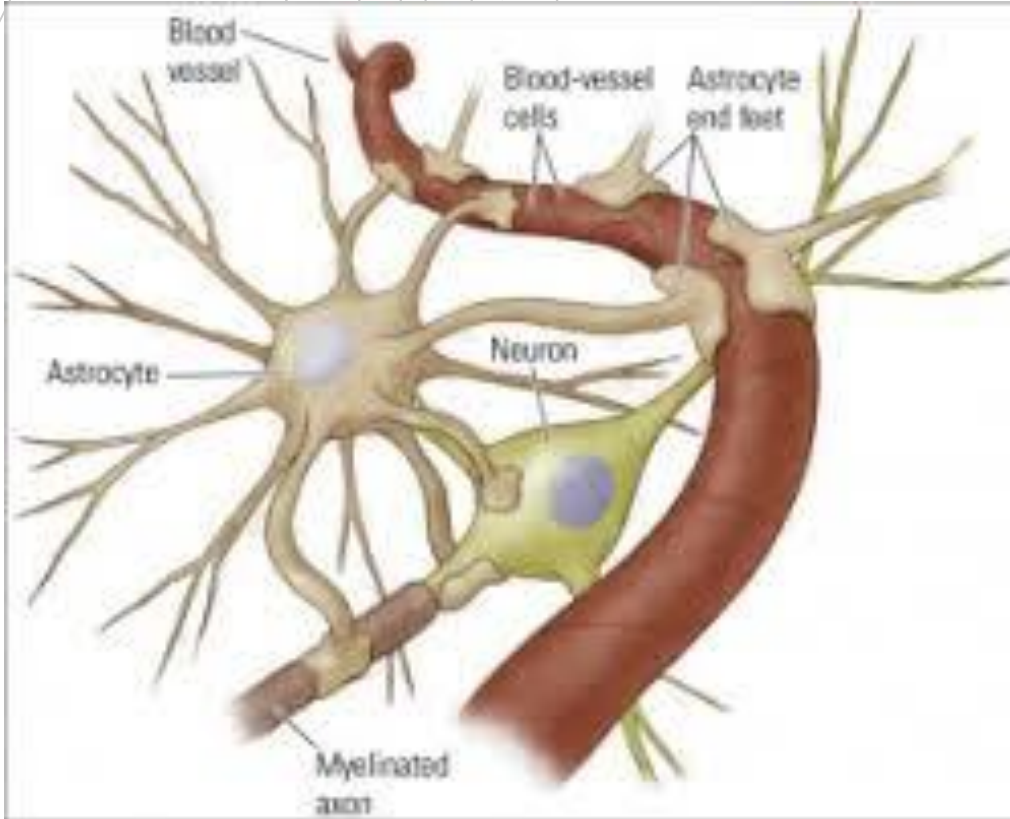


GLIA HÜCRELERİNİ HAFİFE ALMAYIN SİNİR SİSTEMİNİ BİR ARADA TUTAR



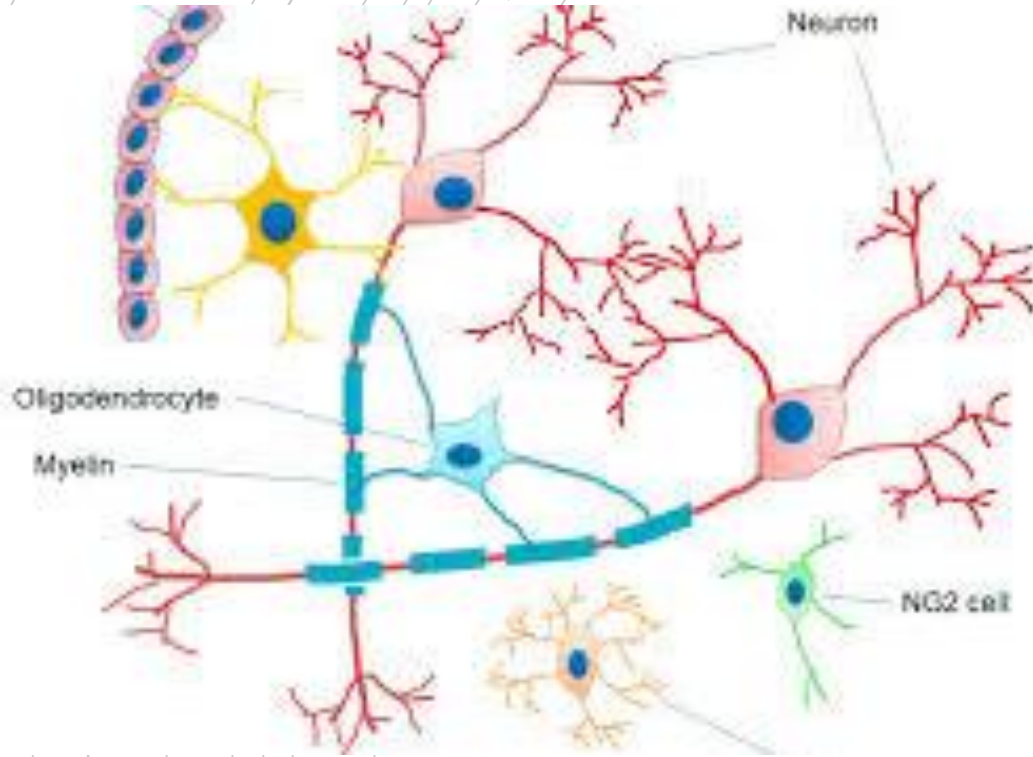
- On ya da yirmi yıl önce glial hücreler, sayıca nöronlardan 10 kat fazla olmalarına rağmen sinir sisteminde küçük oyuncular olarak görülüyordu.
- Glia'nın pasif destek hücreleri olarak işlev gördüğü, nöronlara besin getiren ve nöronlardan atıkları uzaklaştırdığı düşünülürken, nöronların bilgi işleme, plastisite, öğrenme ve hafıza gibi kritik sinir sistemi işlevlerini yerine getirdikleri düşünülüyordu.
- Son çalışmalar bu görüşü değiştirmekte ve glial hücrelerin bu temel beyin fonksiyonlarında kilit bir rol oynadığını göstermektedir.

NEUROGLIAL CELLS



- Genellikle basitçe **glial hücreler** veya glia olarak adlandırılan nöroglial hücreler, sinir hücrelerinden oldukça farklıdır.
- Başlıca fark, gliaların destekleyici işlevleri sinaptik temasları tanımlamaya ve nöronların sinyal gönderme yeteneklerini sürdürmeye yardımcı olmasına rağmen, doğrudan sinaptik etkileşimlere ve elektriksel sinyalleme katılmamasıdır.
- Glia, beyindeki sinir hücrelerinden daha fazladır yaklaşık 3 kat fazladır.
- Glial hücreler de hücre gövdelerinden uzanan karmaşık yapılara sahip olmalarına rağmen, genellikle nöronlardan daha küçüktürler ve aksonları ve dendritleri yoktur.

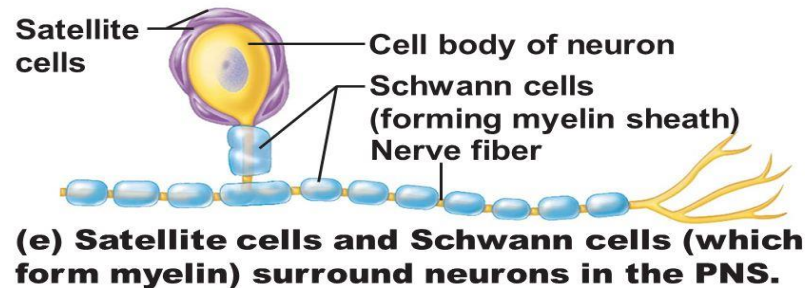
HASTALIKLARDA NÖROGLİAL HÜCRELER



- Fazlaca kanıtçoğu nörolojik hastalıkta glial hücrelerin rol oynadığını gösteriyor.
- Örneğin, **multipl sklerozda (MS)** makrofajlar, gri ve beyaz cevherdeki miyelini yok eder.
- **Oligodendrositlerdeki sitolojik değişiklikler**– Apoptoz gibi, anormal çekirdeklerli büyük şişmeler ve aktif içerik birikimi gibi - makrofajlar tarafından miyelin yıkımından önce veya aynı anda görülmektedir.
- Buna karşılık, MS'deki makrofaj aktivitesi, oligodendrositlerin kaybını takiben ölü miyeline karşı bir tepkiyi temsil ediyor gibi görünmektedir.

2- Periferik Sinir Sistemi'nin Glial Hücreleri

- 1. Schwann hücreleri**– periferik sinir sistemindeki aksonlar için miyelin kılıfını oluşturur.
 - Birçok Schwann hücresi aksonun miyelinlenmesine yardımcı olur.
- 2. Uydu hücreleri**- Periferik sinir sistemi'de nöron ganglionlarını çevreleyen küçük hücrelerdir.
 - Gangliyonları korumak ve onarmata görevlidirler



Merkezi sinir sisteminin Glial hücreleri

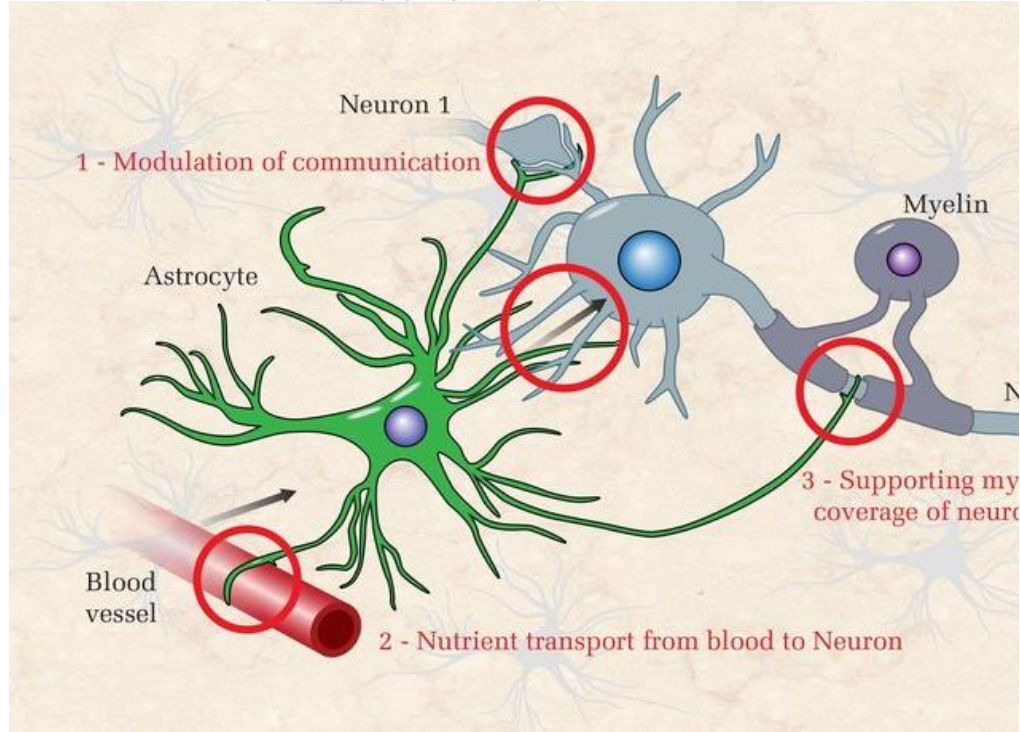
3. Oligodendrositler – Merkezi sinir sistemindeki aksonların miyelin kılıflarını oluşturur, yalıtım sağlayarak sinyallerin daha hızlı yayılmasını sağlarlar.

4. Astrositler – hassas sinir dokusunu korumak için kısıtlayıcı kan-beyin bariyerinin (KBB) oluşturulmasına yardımcı olur.

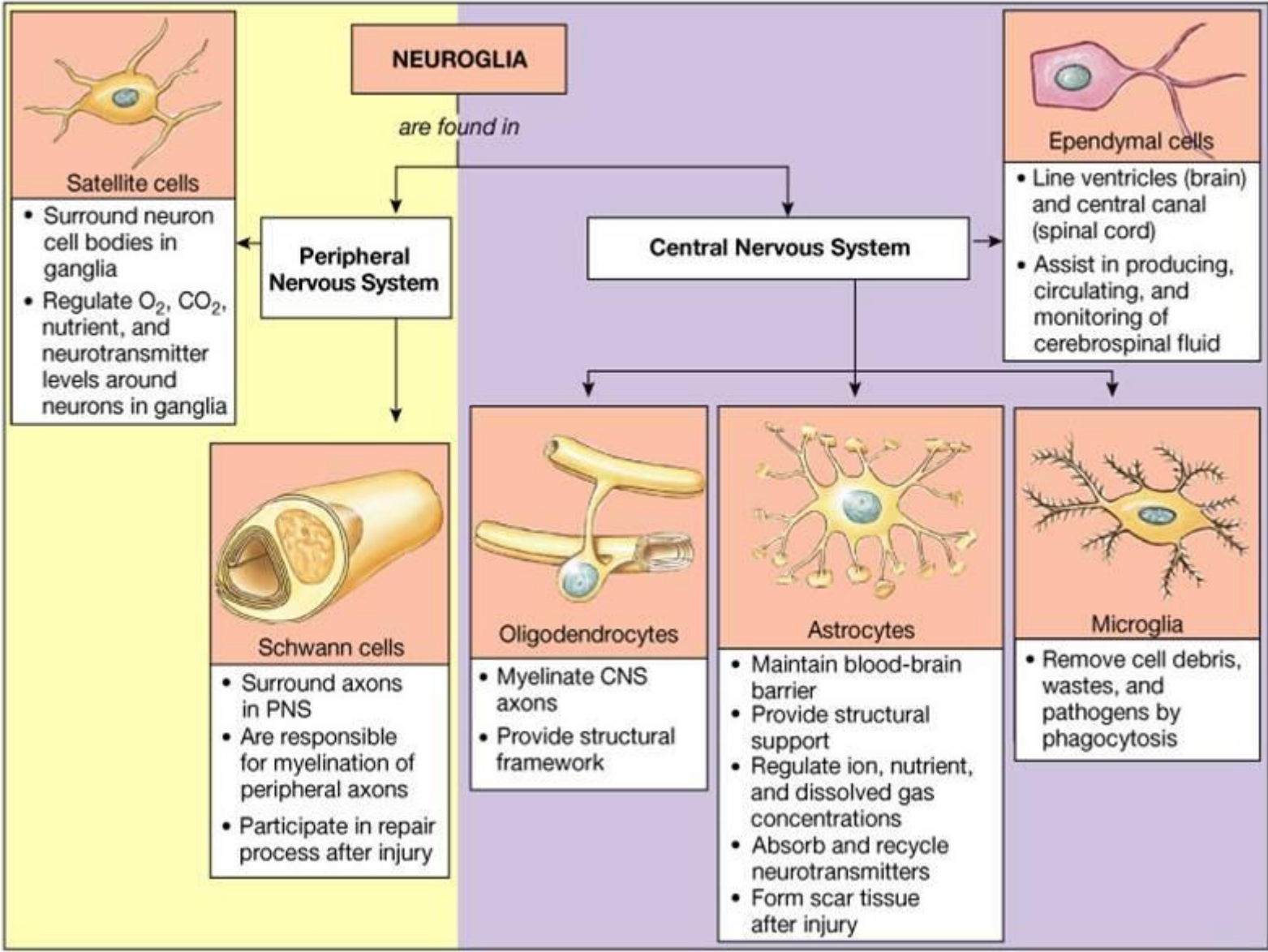
5. Mikroglia – Merkezi sinir sisteminde'de savunma hücreleri olarak görev yapan fagositik hücrelerdir (makrofajlar gibi). Merkezi sinir sistemi hasar görürse veya enfekte olursa hücreler çoğalır. Mikroglia monositlerden türemiştir ve beyin bağışıklığının ve savunmasının merkezinde yer alır. Mikroglia ayrıca, her ikisi de Merkezi sinir sisteminin'nin gelişiminde önemli olan sinapsları ve aktif olarak apoptozu teşvik eder.

6. Ependimal hücreler – Merkezi sinir sisteminin'nin sıvı dolu boşluklarını çevreler (örn. ventriküller ve santral kanal). Beyin omurilik sıvısının (BOS) oluşturulmasına ve salgılanmasına yardımcı olurlar.

ASTROSİTLER



- Astrositler ayrıca MSS'de bilgi işlemeye de katkıda bulunur.
- Bazı işlemler, sinapsların etrafında perdeler oluşturur.
- Astrositler ayrıca glutamat, ATP, GABA ve D-serin dahil olmak üzere birkaç vericiyi serbest bırakır. Başka bir deyişle, astrositler MSS'deki nörotransmitterlerin ince ayarını yapar.

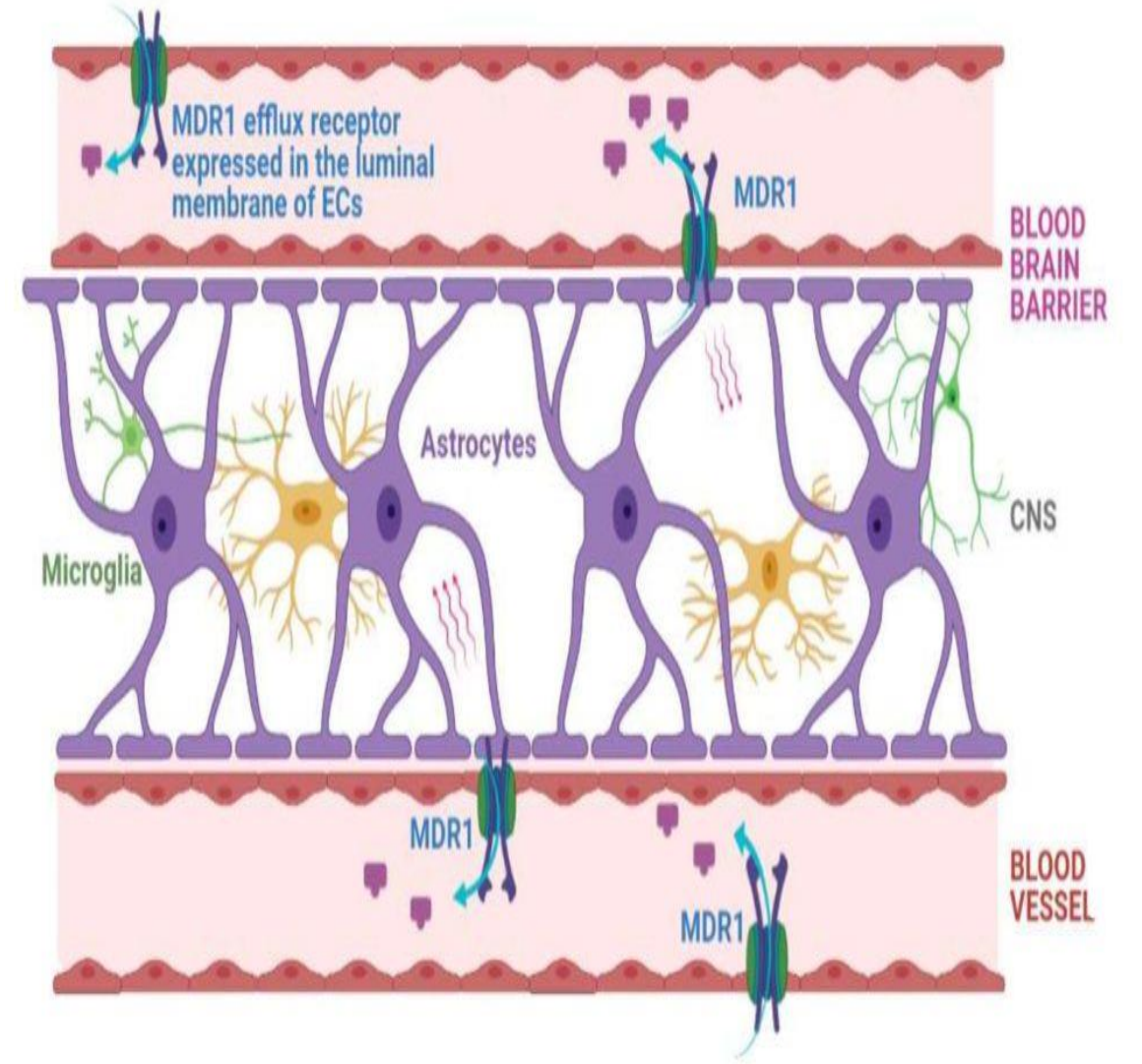


Kan-Beyin Bariyeri

Kan-beyin bariyeri, seçici olarak sadece bazı maddelerin girmesine izin vererek MSS'ni korur. Bariyer, kılcal duvarlardan yapılmıştır ve beyindeki sıvıların bileşimini düzenleyerek nöronal iletimi korumaya yardımcı olur. Beyindeki kılcal damarlar, kılcal damarları çevreleyen sıvının içeriğini de düzenleyen astrositler ile çevrilidir. Kan-beyin bariyeri postrema bölgesinde daha geçirgendir ve bu bölgedeki nöronların kandaki toksik maddelerin varlığını tespit etmesine izin verir.

Düşünce sorusu

Kan-beyin bariyeri, patojenlerin beyne girmesini engellemeye yardımcı olurken, aynı zamanda terapötik moleküllerin girmesini de engelleyebilir. Beyindeki belli bölgeleri hedef alan ilaçların geliştirilmesi, Alzheimer ve Parkinson hastalıkları gibi semptomları tedavi etmek için moleküllerin kan-beyin bariyerini geçmesinin zorluğu nedeniyle karmaşık olabilir. Kan-beyin bariyeri boyunca ilaç geçişini geliştirmek için araştırma ekibine seçildiğinizi hayal edin. Hangi stratejileri denerdiniz ve neden?



Kademeli Potansiyeller

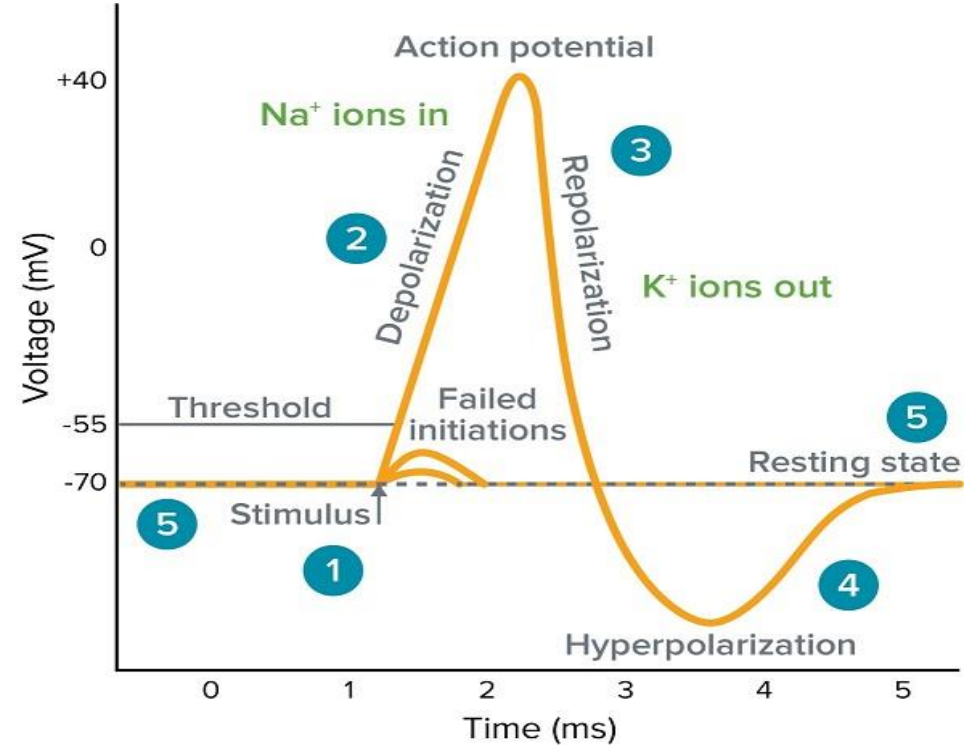
Membran potansiyelinde büyüklüğü değişen ve azalan lokalize değişikliklerdir.

Aksiyon Potansiyelleri

Membran potansiyelinde (iyon geçirgenliğindeki değişiklikler nedeniyle) sabit büyüklükte ve azalmayan hızlı terse dönmedir.

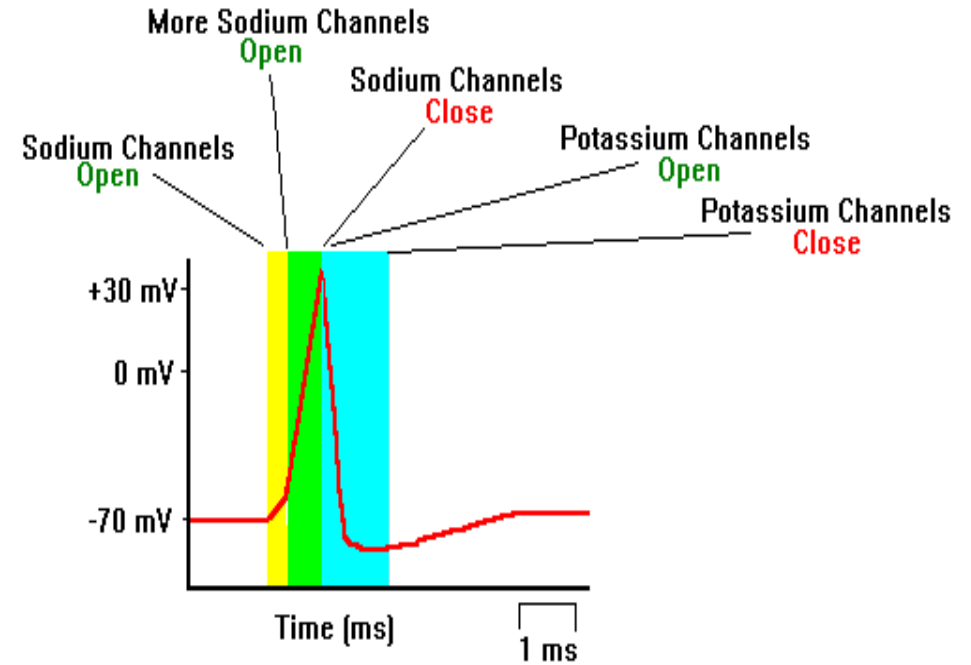
Aksiyon Potansiyeli

- Membran potansiyelinin -70 mV'tan $+30$ mV'a 100 mV değişebildiği ve daha sonra dinlenme membran potansiyeline yeniden polarize olabileceği membran potansiyelindeki hızlı, büyük değişimlerdir.
- Sinir ve kas hücrelerinin yanı sıra bazı endokrin, bağışıklık ve üreme hücreleri de, aksiyon potansiyelleri üretebilen plazma zarlarına sahiptir.
- Bu zarlara **uyarılabilir** zarlar denir ve bunların aksiyon potansiyeli oluşturma yetenekleri uyarılabilirlik olarak bilinir.



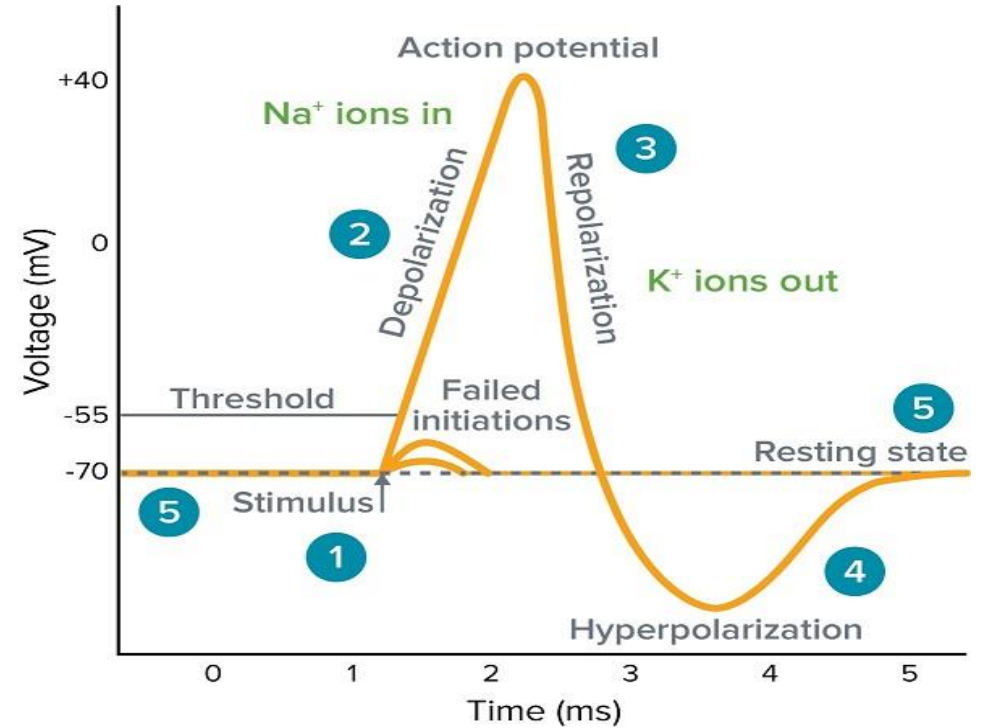
Aksiyon Potansiyeli

- Aksiyon potansiyeli, seçilen iyonların konsantrasyon gradyanlarını aşağı doğru hareket ettirmelerine izin veren zar iyon geçirgenliğindeki geçici bir değişiklikten kaynaklanır.
- **Dinlenme durumunda**, plazma zarındaki açık kanallar ağırlıklı olarak potasyum iyonlarına geçirgen olanlardır.
- Çok az sodyum-iyon kanalı açıktır, dinlenme potansiyeli **potasyum denge potansiyeline** yakındır.



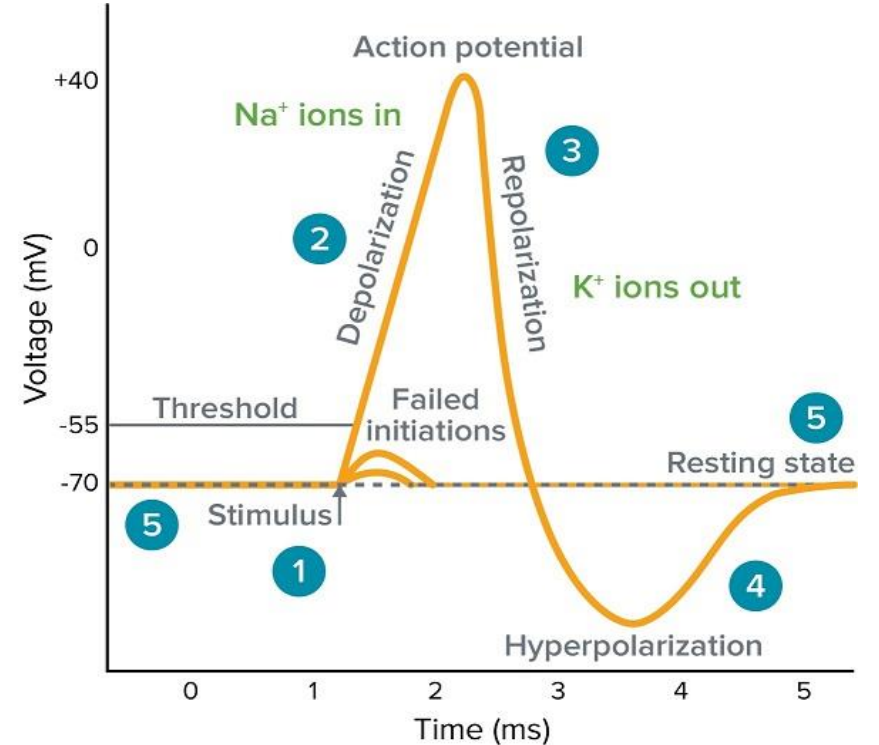
Aksiyon Potansiyeli

- Bir aksiyon potansiyeli sırasında, sodyum ve potasyum iyonlarına karşı zar geçirgenlikleri belirgin şekilde değişir.
- Aksiyon potansiyelinin **depolarize edici fazi**, sodyum iyonlarına karşı membran geçirgenliğini birkaç yüz kat artıran voltaj kapılı sodyum kanallarının açılmasından kaynaklanır.
- Bu, daha fazla sodyum iyonunun hücreye taşınmasına izin verir.
- Bu süre zarfında hücreye sodyum iyonları şeklinde giren pozitif yük, sonrasında potasyum iyonları şeklinde terk eder ve zar depolarize olur.
- Hatta zarın içinde pozitif ve dışında negatif hale gelerek dahada aşabilir.
- Bu aşamada, membran potansiyeli sodyum denge potansiyeline (60 mV) yaklaşır ancak tam olarak ulaşmaz.



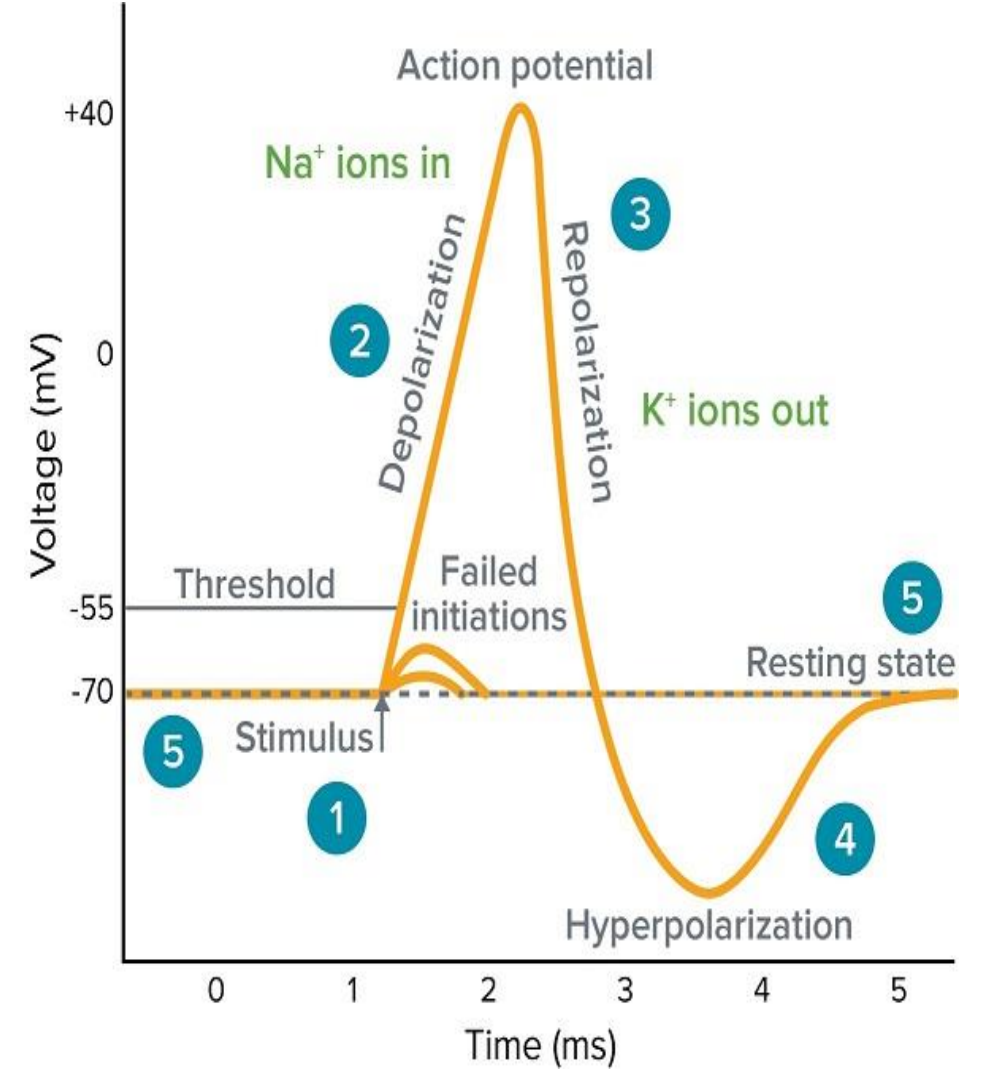
Aksiyon Potansiyeli

- **Sinir hücrelerindeki** aksiyon potansiyelleri sadece yaklaşık 1 ms sürer.
- Bazı **kas hücrelerinde** çok daha uzun sürebilir. Membran potansiyeli çok hızlı bir şekilde dinlenme düzeyine geri döner, çünkü:
- (1) depolarizasyon fazı sırasında açılan sodyum kanalları, aksiyon potansiyelinin zirvesine yakın bir yerde inaktivasyona uğrayarak kapanmalarına neden olur; V_e
- (2) sodyum kanallarından daha yavaş açılan voltaj kapılı potasyum kanalları, depolarizasyona tepki olarak açılır.
- Sodyum kanallarının tek başına kapanması, membran potansiyelini dinlenme seviyesine geri getirecektir, çünkü bu durumda dışarı çıkan potasyum akışı, içeri giren sodyum akışını aşacaktır.



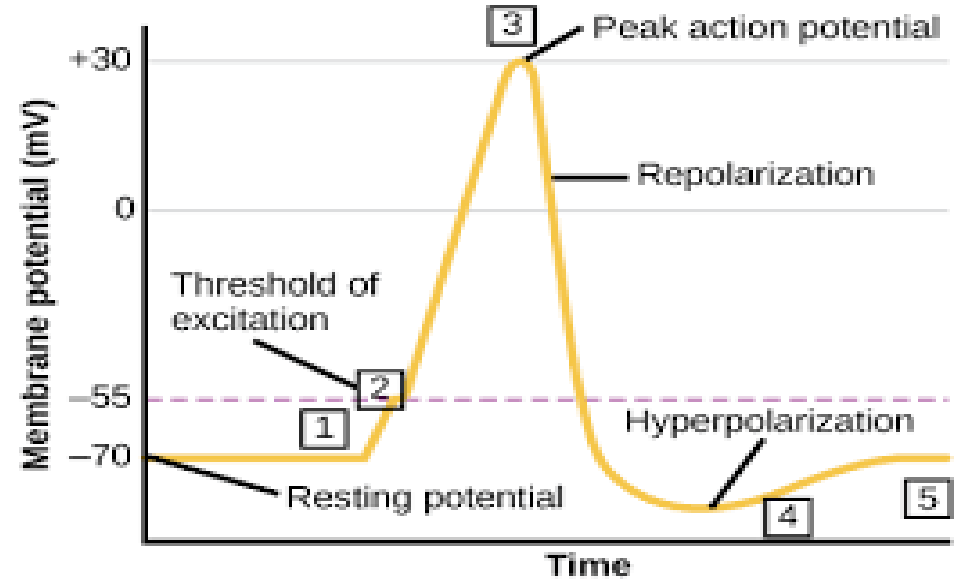
Aksiyon Potansiyeli

- İşlem, potasyum geçirgenliğindeki eş zamanlı artışla hızlanır.
- Potasyumun hücre dışına difüzyonu içerideki sodyum difüzyonundan çok daha fazladır ve zar potansiyelini hızla dinlenme düzeyine geri döndürür.
- Aslında, sodyum kanalları kapandıktan sonra, bazı voltaj kapılı potasyum kanalları hala açıktır.
- Sinir hücrelerinde genellikle dinlenme seviyesinin ötesinde zar potansiyelinde küçük bir hiperpolarizasyon vardır.
- Sodyumun hücresel birikimi ve potasyum kaybı, membran Na,K-ATPase pompalarının sürekli çalışmasıyla önlenir.

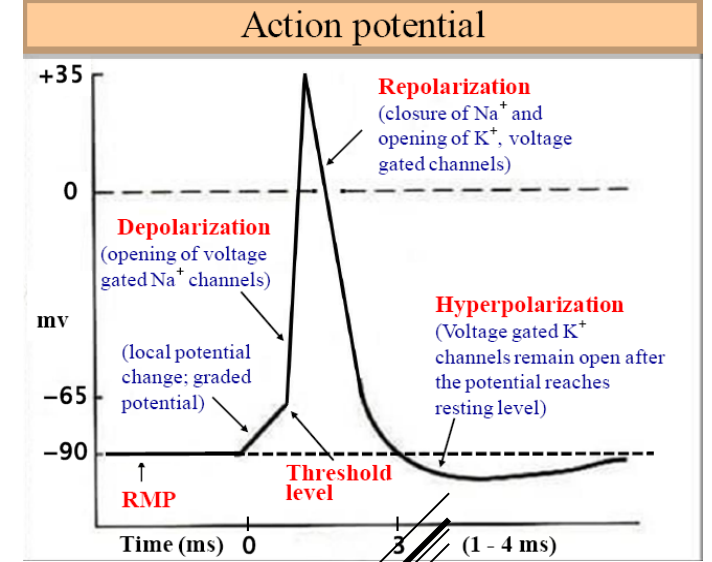


İyon Kanalı Değişikliklerinin Mekanizması

- Bir aksiyon potansiyeli sırasında açılan potasyum kanalları da voltaj kapılıdır.
- Aslında bunların açılması, sodyum kanallarını açan aynı depolarizasyon tarafından tetiklenir, ancak potasyum kanalının açılması biraz gecikir.
- **Peki ya aksiyon potansiyelinin yükselme fazı sırasında açılan voltaj kapılı sodyum kanallarının inaktivasyonu?**
- Bu, kısa açılışından sonra kanalı kapatan, kanalı oluşturan proteinlerin uyumunda voltaj kaynaklı bir değişikliğin sonucudur.



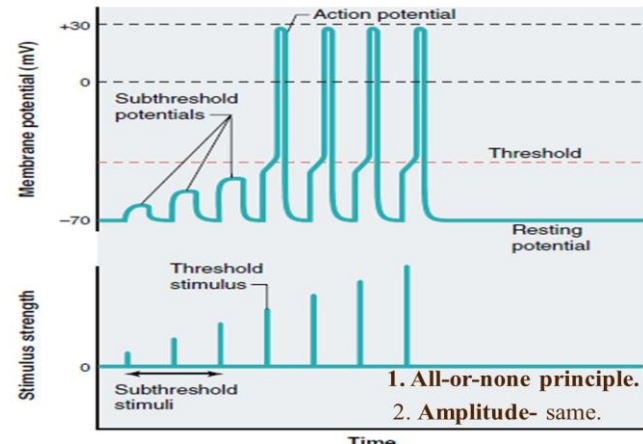
- Aksiyon potansiyelleri, yalnızca pozitif yükün iyon kanallarından net hareketi içe doğru olduğunda meydana gelir.
- Bunun meydana geldiği zar potansiyeline **eşik potansiyeli** denir,
- Zarı bu seviyeye kadar depolarize edecek kadar güçlü olan uyarılar, **eşik uyarılardır**.
- Çoğu uyarılabilir zarın eşiği, dinlenme zarı potansiyelinden yaklaşık 15 mV daha az negatiftir.
- Bu nedenle, bir nöronun dinlenme potansiyeli -70 mV ise, eşik potansiyeli -55 mV olabilir.



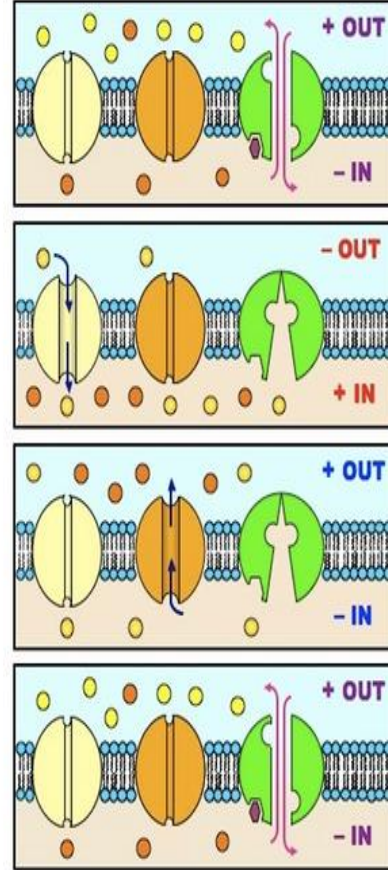
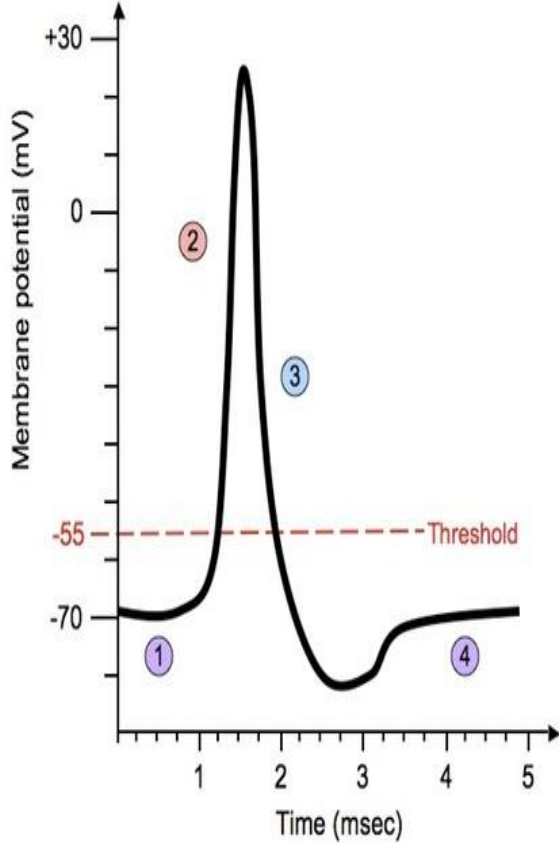
Eşik Potansiyeli

Eşik Potansiyeli

- **Eşiğin altındaki depolarizasyonlarda**, dışarı doğru potasyum hareketi hala sodyum girişini aşar ve sodyum girişindeki artışa rağmen pozitif geri bildirim döngüsü başlatılamaz.
- Bu gibi durumlarda, uyaran kaldırılır kaldırılmaz zar dinlenme seviyesine döner ve hiçbir **aksiyon potansiyeli oluşmaz**.
- Bu zayıf **depolarizasyonlar eşik altı potansiyellerdir** ve bunlara neden olan uyaranlar **eşik altı uyaranlardır**.



Hep yada Hiç



- Eşik büyüklüğünden daha büyük uyarılar da aksiyon potansiyellerini ortaya çıkarır,
- Bu tür uyarılardan kaynaklanan aksiyon potansiyelleri, eşik uyarıların neden olduğu ile tam olarak aynı dalgaboyuna sahiptir.
- **Bunun nedeni, eşige bir kez ulaşıldığında, zar olaylarının artık uyarı gücüne bağlı olmamasıdır.**
- Bunun yerine depolarizasyon, pozitif geri besleme döngüsü çalıştığı için bir aksiyon potansiyeli üretir.
- Aksiyon potansiyelleri ya maksimum düzeyde gerçekleşir ya da hiç oluşmaz.
- Bunu söylemenin başka bir yolu, aksiyon potansiyellerinin **ya hep ya hiç olduğudur.**

Hep yada Hiç

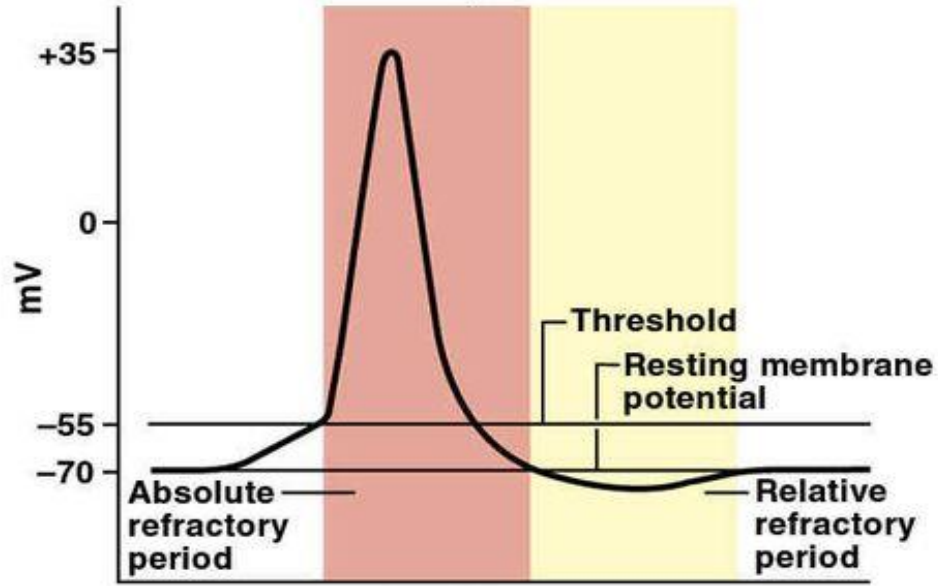
- Bir silahın ateşlenmesi, hep yada hiç ilkesini gösteren mekanik bir analogidir.
- Patlamanın büyüklüğü ve merminin tabancayı terk etme hızı tetiğe ne kadar sert basıldığına bağlı değildir.
- Ya tetik, silahı ateşleyecek kadar sert çekilmiştir ya da çekilmemiştir; silah yarı kuvvetle ateşlenemez



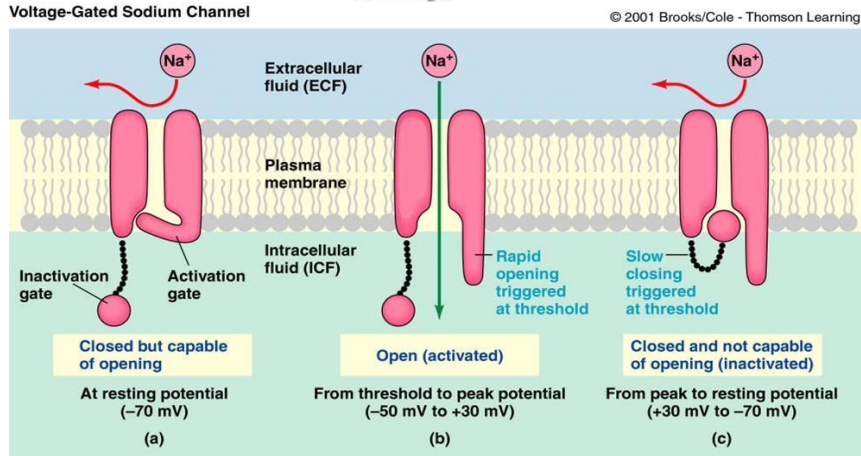


- **Yüksek bir ses ile fısıltıyı, hafif bir dokunuş ile çimdiklemeyi nasıl ayırt edebiliriz?**
- Bu bilgi, dalga boyuna değil, birim zamanda iletilen aksiyon potansiyellerinin sayısına ve modeline bağlıdır.

Refractory Periods



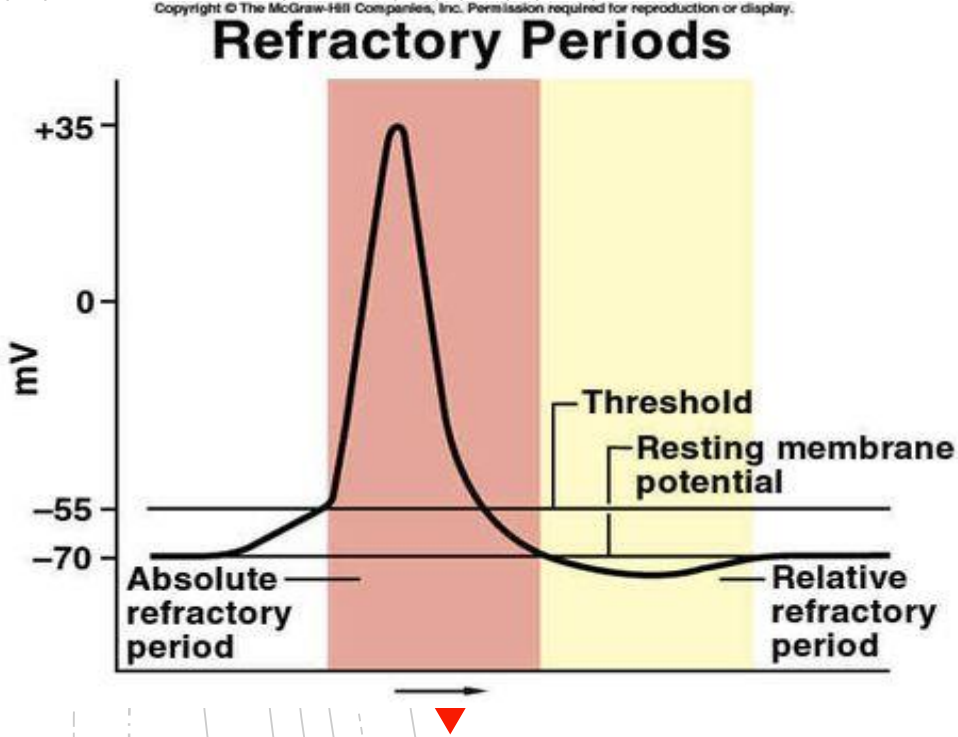
- Aksiyon potansiyeli sırasında, zarın **mutlak refrakter dönemde** olduğu söylenir.
- İkinci bir uyarı, ne kadar güçlü olursa olsun, ikinci bir aksiyon potansiyeli üretemeyecektir.
- Bunun nedeni, voltaj kapılı sodyum kanallarının aksiyon potansiyelinin zirvesinde **kapalı, aktif olmayan bir duruma** girmesidir.
- Sodyum kanal proteinleri depolarizasyonla tekrar açılacakları duruma dönmeden önce zarın **repolarize** olması gerekir.



Absolut (Mutlak) Refraktör Dönem

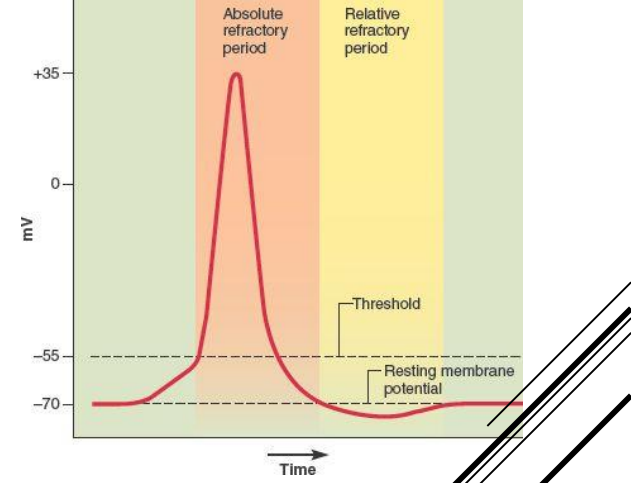
- Mutlak refrakter dönemin ardından, ikinci bir aksiyon potansiyelinin üretilebileceği bir aralık vardır, ancak bu yalnızca uyarın kuvveti normalden önemli ölçüde daha büyükse gerçekleşir.

- Bu, nöronlarda 10 ila 15 ms veya daha uzun sürebilen **rölatif refrakter dönemdir**.
- Kabaca hiperpolarizasyon sonrası döneme denk gelir.
- Rölatifrefrakter dönem boyunca, voltaj kapılı sodyum kanallarının inaktivasyonu devam eder ve artan sayıda potasyum kanalı açıktır.
- Bir depolarizasyon artan eşik değeri veya ilgili refrakter periyodu aşarsa, ek aksiyon potansiyelleri ateşlenecektir.



Rölatif Refraktör Dönem

- Refrakter dönemler, uyarılabilir bir zar tarafından belirli bir süre içinde üretilebilen aksiyon potansiyellerinin sayısını sınırlar.
- Ekstra uyarıyı sınırlamaya yardımcı oldukları için nöral sinyallerin güvenilirliğini de arttıırırlar.
- Refraktör dönemler, aksiyon potansiyeli yayılımının yönünü belirlemede anahtar rol üstlenir.



Refraktör Dönemin Fonksiyonları

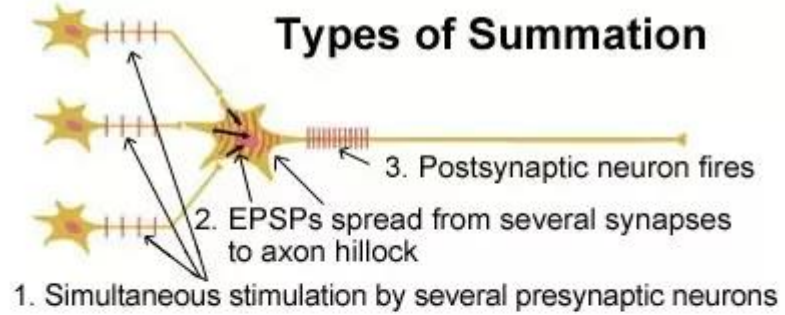
Kademeli Potansiyellere karşı Aksiyon Potansiyeli

Kademeli Potansiyel	Aksiyon Potansiyeli
Büyüklik deęişir.	Varyasyon yok – Hep yada Hiç
Azalan (pasif yayılma)	Azalmayan (kendi kendini yenileyen)
Refraktör dönem yok	İki refraktör dönem: Absolut ve Rölatif
Sumasyon imkanı var	Sumasyon imkanı yok
Nörotransmitter madde ve hormon salınımını tetikler	Eşik değeri tetikler
Hücre gövdesinde gerçekleşir (yön değişebilir)	Akson tepcięinde meydana gelir (tek yönlü)

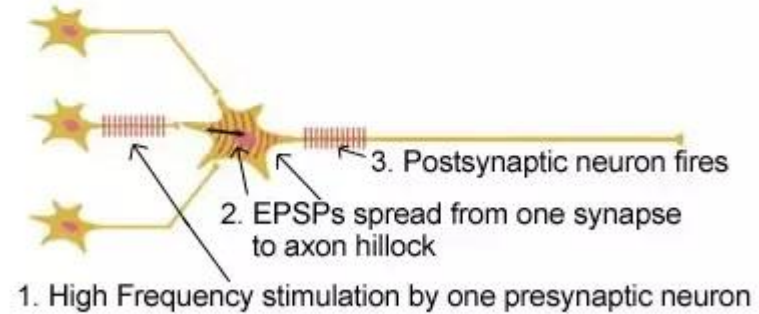
Kademeli Potansiyelerde Sumasyon

- **Spasyal Sumasyon:**

Nöronun farklı yerlerinde aynı anda birden fazla uyaran meydana geldiğinden, zar potansiyelindeki değişiklikler eklenebilir ve büyüklüğü artırılabilir veya azaltılabilir.



Spatial summation



Temporal summation

- **Temporal Sumasyon:**

Tek bir uyarının frekansı arttıkça, zar potansiyelindeki değişiklikler eklenebilir ve büyüklüğü artabilir.

Propagation of an Action Potential

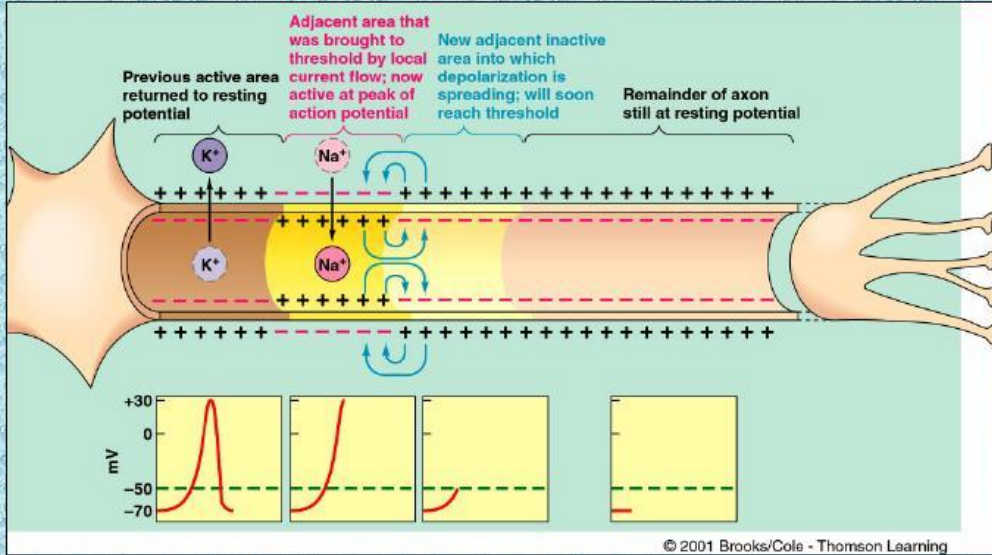
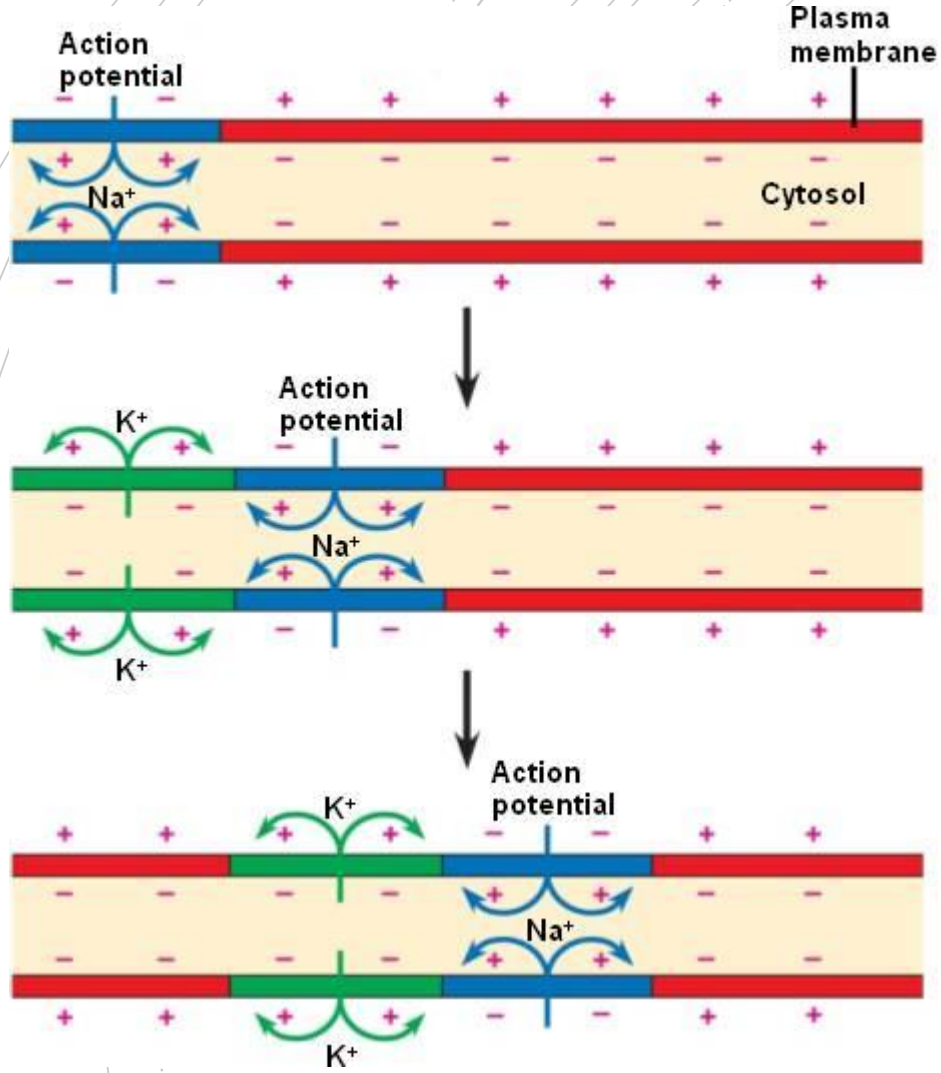


Fig 4-12

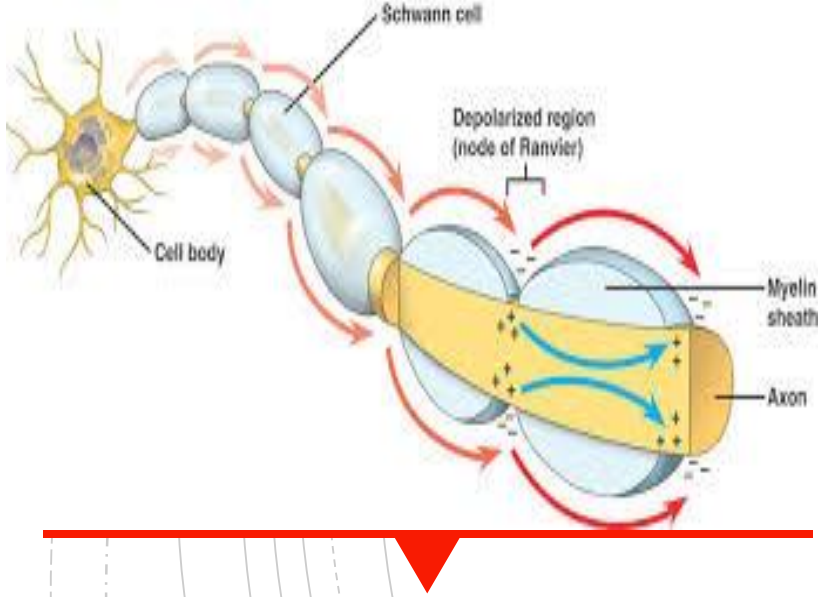
- Zar boyunca sıralı olarak sodyum ve potasyum kanallarının açılıp kapanır.
- Aksiyon potansiyeli hareket etmez, ancak hemen önündeki akson bölgesinde yeni bir aksiyon potansiyeli "harekete geçirir".
- Az önce bir aksiyon potansiyeline maruz kalan zar alanları dirençli olduğundan ve hemen başka bir aksiyon potansiyeline maruz kalamayacağından, aksiyon potansiyelinin yayılmasının tek yönü, zarın yakın zamanda aktif olan bir bölgesinden uzağa doğrudur.

Aksiyon Potansiyelinin yayılması



- Yayılma yönü, uyarıcı konumu tarafından belirlenir.
- Örneğin, iskelet kası hücrelerindeki aksiyon potansiyelleri bu silindirik hücrelerin ortasına yakın bir yerde başlatılır ve iki uca doğru yayılır.
- Bununla birlikte, çoğu sinir hücresinde, aksiyon potansiyelleri fizyolojik olarak hücrenin bir ucunda başlatılır (nedenleri bir sonraki bölümde açıklanacaktır) ve diğer uca doğru yayılır.

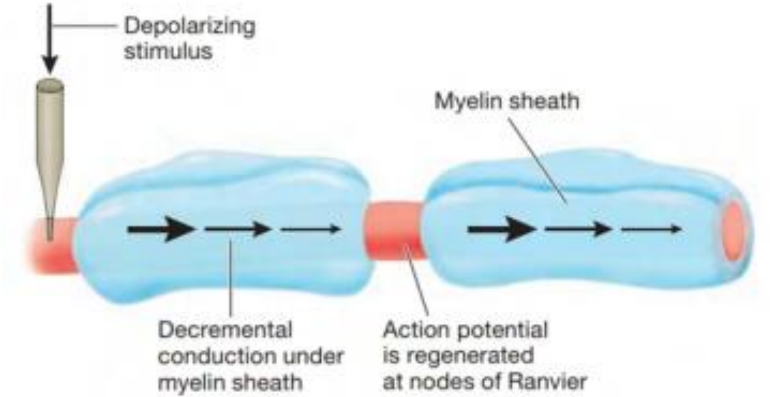
Aksiyon Potansiyelinin Yayılması



- Bir aksiyon potansiyelinin bir zar boyunca yayılma hızı, lif çapına ve lifin miyelinli olup olmamasına bağlıdır.
- Lif çapı ne kadar büyük olursa, aksiyon potansiyeli o kadar hızlı yayılır.
- **Neden?**
- Büyük bir lif, yerel akıma karşı daha az direnç sunar; belirli bir sürede daha fazla iyon akacak ve zarın bitişik bölgelerini eşige daha hızlı getirecektir.

Aksiyon Potansiyelinin Yayılması

- Miyelin, yükün hücre içi ve hücre dışı sıvı bölmeleri arasında akmasını zorlaştıran bir yalıtkandır.
- Miyelin boyunca daha az yük “sızıntısı” vardır.
- Aksonların miyelinli bölgesindeki voltaj kapılı sodyum kanallarının konsantrasyonu düşüktür.
- Bu nedenle, aksiyon potansiyelleri; yalnızca miyelin kılıfın kesintiye uğradığı ve voltaj kapılı sodyum kanallarının konsantrasyonunun yüksek olduğu **Ranvier düğümlerinde** meydana gelir.
- Aksiyon potansiyelleri, miyelinli bir lif boyunca yayılırken kelimenin tam anlamıyla bir düğümden diğerine atlar ve bu nedenle bu tür bir yayılmaya **saltotorik iletim** denir.



Aksiyon Potansiyelinin Yayılması

Sorularınız?

esafak@ankara.edu.tr

THAT

Bu, bir dal gibi kırılan son
sinirimin sesiydi.