



SİNİR SİSTEMİ

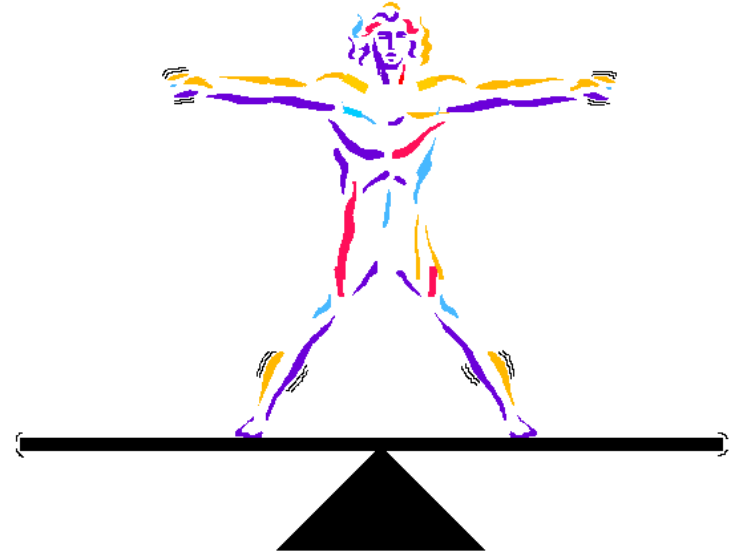
Dr. Öğr. Üyesi Ahu DEMİRTAŞ

MAKÜ Veteriner Fakültesi

Fizyoloji Anabilim Dalı

SİNİRSEL KONTROL

- Hayatın devamı için canlının iç ortamının değişmez tutulması şarttır. Örneğin, hücrenin kimyasal yapısı, pH'sı, sıcak kanlılarda vücut sıcaklığı değişmez tutulmalıdır. İç ortamın değişmez tutulması işine "**homeostasis**" denir.



- Gerek homeostasis gerekse diğer vücut fonksiyonlarının canlının ihtiyaçlarına uygun bir biçimde yapılabilmesi için bir takım düzenleyici kontrol sistemlerine ihtiyaç vardır.
- **Hayvan organizmasında iki esas kontrol (regülasyon) sistemi vardır:**
 - **Hormonlarla kontrol (kimyasal kontrol)**
 - **Sinirlerle kontrol (sinirsel kontrol)**
- Hormonlarla kontrol hem bitkilerde hem de hayvanlarda mevcuttur. Sinirsel kontrol ise yalnız hayvanlarda vardır.

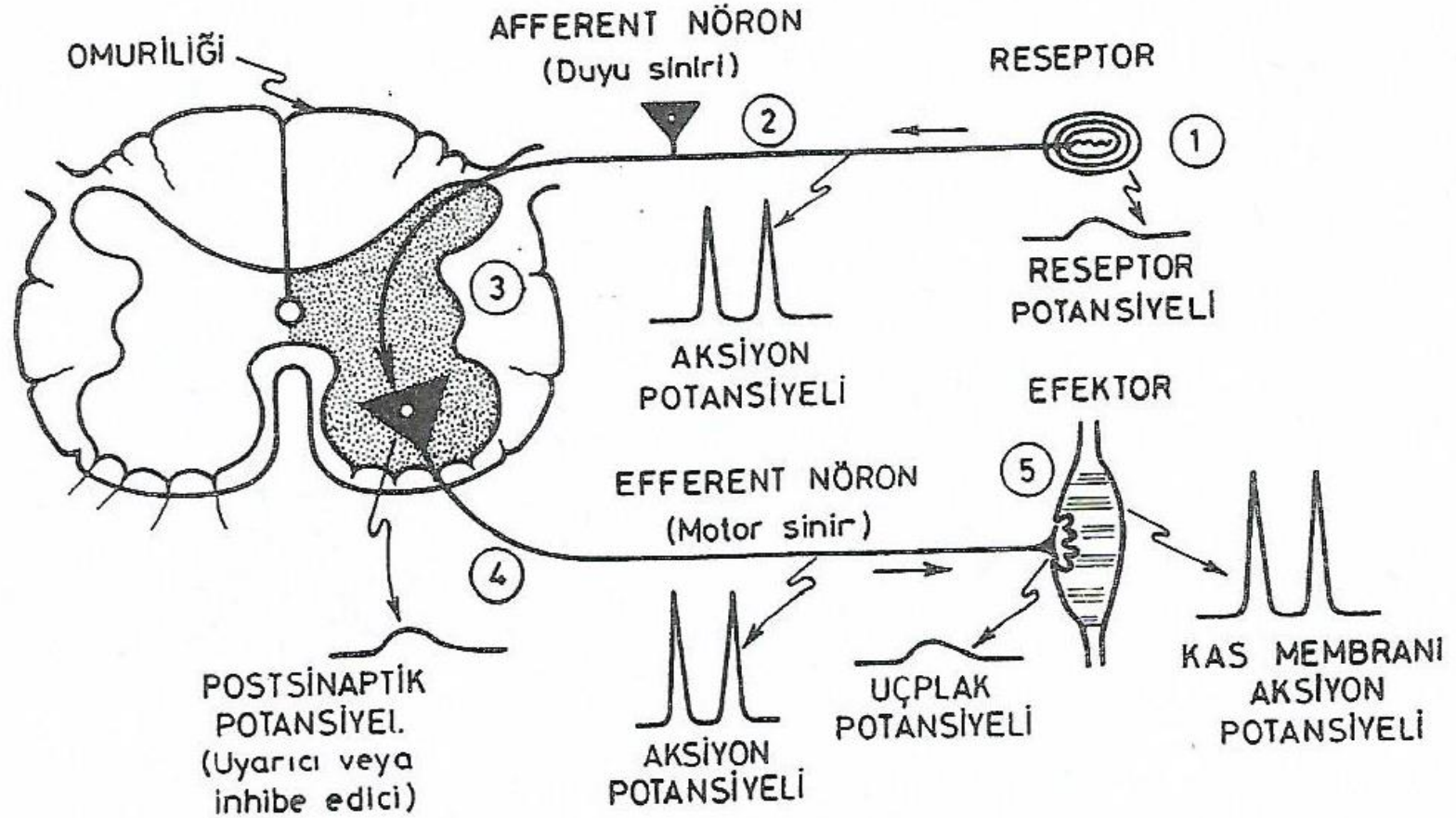
SİNİR SİSTEMİNİN FONKSİYONLARI

- Her çeşit hücre uyarılabilme yeteneğine sahiptir ve uyarılınca bu uyarıya cevap verme yeteneğine de sahiptir. Canlı varlık tarafından uyarmaya karşı cevap vermeyi sağlayan sistemlerin 4 esas özelliği vardır. Bunlar:
 1. Uyarılabilme (irritabilite), **(reseptör fonksiyonu)**
 2. Uyarılma sonucu meydana gelen sinyalin iletilmesi (konduktivite), **(nöron fonksiyonu)**
 3. Canlının kendisi ile uyaran arasında bir ilişki kurması (korelasyon), **(sinir merkezleri fonksiyonu)**
 4. Uyarana cevap verilmesi (reaksiyon) **(effektör fonksiyonu)**

REFLEKS ARKI

- Herhangi bir sinir fonksiyonunun yapılabilmesi için en az bir **reseptör**, bir **afferent nöron**, bir **merkez**, bir **efferent nöron** ve bir de **effektör organ** bulunması gerekir. Bu sinir komponentlerinden kurulmuş yapıya refleks arkı (refleks yayı) denir.
- Sinir fonksiyonunu yapan esas yapı **refleks arkı**dır.
- **Nöronlar**
 - A. Afferent nöronlar:** Bilgiyi **periferden merkeze** getiren nöronlardır.
 - Somatik afferentler (**sensorik; duyuşal nöronlar**)
 - Visseral afferentler
 - B. Efferent nöronlar:** Bilgiyi **merkezden perifer**e götüren nöronlardır.
 - Somatik efferentler (**motor nöronlar**)
 - Visseral efferentler
 - C. İnternöronlar (ara nöronlar):** Merkezi sinir sisteminde bulunurlar.

Refleks arkı



REFLEKS ARKI ADI VERİLEN ANATOMİK YAPI ŞU KISIMLARDAN KURULMUŞTUR :
① RESEPTOR , ② AFFERENT NÖRON , ③ MERKEZ (omur iliği ve beyin merkezleri), ④ EFFERENT NÖRON , ⑤ EFEKTOR ORGANI (iskelet kası, kalp kası, düz kas, bez hücresi).

SİNİR SİSTEMİ

- **Merkezi Sinir Sistemi**

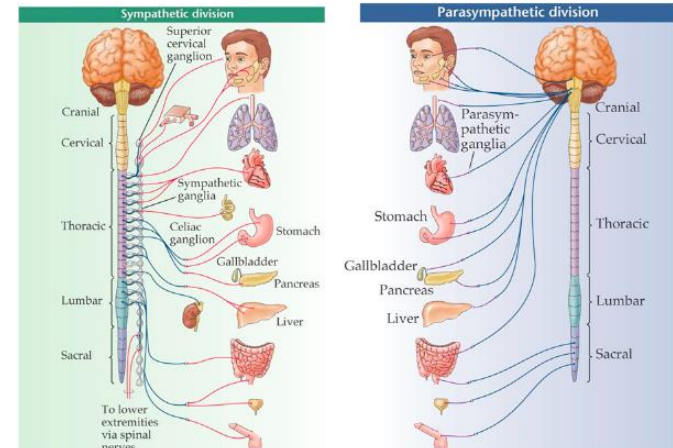
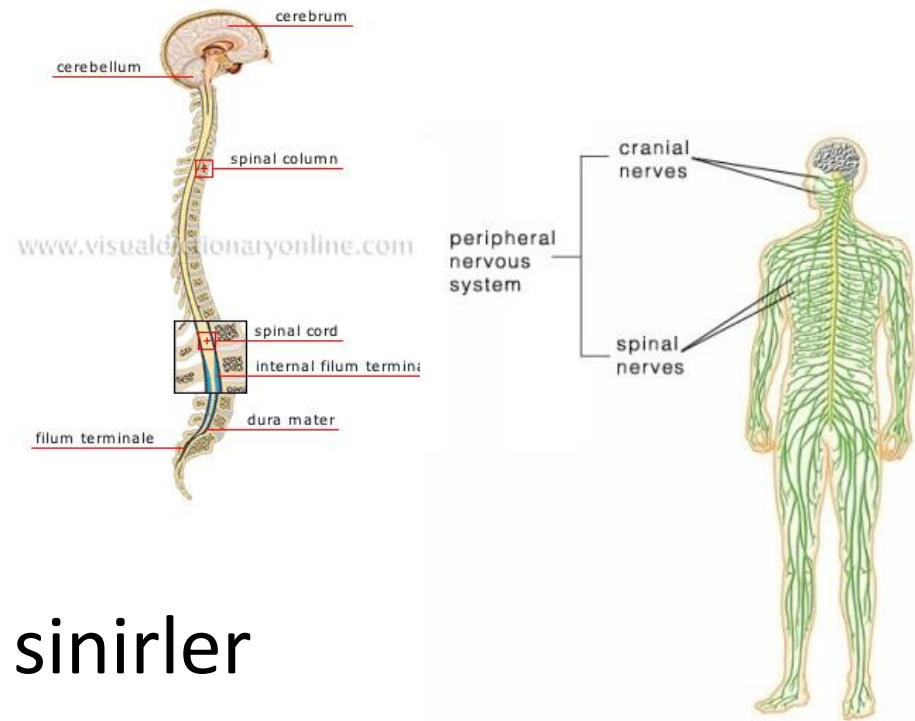
beyin + omurilik

- **Periferik Sinir Sistemi**

kranyal sinirler + spinal sinirler

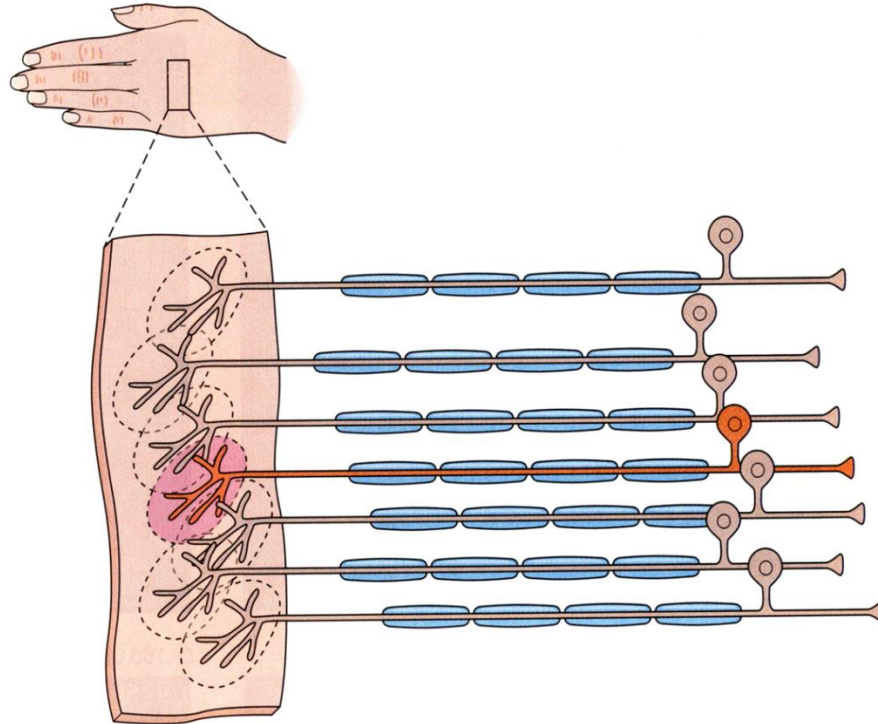
- **Otonom Sinir Sistemi**

sempatik + parasempatik



RESEPTÖR

- Duyarlı oldukları enerji formundaki değişiklikleri sinir impulsuna çeviren yapılardır. **Uyarı algaçlarıdır.** Ör: Temas duyusunu alan reseptör, mekaniksel enerjiyi sinir impulsuna çevirir.



Reseptörlerin Sınıflandırılması

A) Bulundukları Yere Göre Sınıflandırma

1. **Eksteroreseptör'ler (dış reseptörler):** Vücudun **dışında** ve **deride** bulunan reseptörlerdir.
 - **Göz** ve **kulaktaki** reseptörler vücudun uzağında olan değişikliklerden (elektromanyetik ve ses dalgalarından) etkilenirler. Bunlara telereseptörler denir.
2. **İnteroreseptör'ler (iç reseptörler):** **İç organlarda** bulunan reseptörlerdir (visseral reseptörler).
3. **Propriyoreseptörler**
 - İç kulaktaki denge reseptörleri
 - Kaslardaki kas mekiği, golgi aparatları
 - Tendonlardaki ve oynak yerlerdeki reseptörler

☐ **Vücudun boşluktaki yerinden ve pozisyonundan merkezleri haberdar ederler.**

B) Duyarlı oldukları enerji formuna göre sınıflandırma

1. **Mekanoreseptörler:** Mekaniksel enerjideki değişikliklere duyarlıdır.
 - a) **Temas ve basınç reseptörleri:** Meissner korpuskülü, Merkel korpuskülü, Pacini korpuskülü, serbest sinir uçları, kılların temas reseptörleri
 - b) **Kinestetik reseptörler:** Oynak yerlerde bulunan ve vücut kısımlarının pozisyonundan beyni haberdar eden reseptörler
 - c) **İç kulağın cochlea kısmındaki ses reseptörleri:** Ses dalgalarının basılar membranında yarattığı titreşim hareketlerini alan reseptörler
 - d) **Kasların ve tendoların gerilme reseptörleri:** Kas mekiği ve golgi aparatları kaslardaki gerilim ve uzunluğu algılarlar.
 - e) **Akciğerlerdeki ve sağ atriumdaki gerilme reseptörleri**
 - f) **Damar çeperlerindeki basınç reseptörleri (baroreseptörler)** (arcus aorticus, sinüs caraticus)
2. **Termoreseptörler:** Isı enerjisindeki değişiklikleri algılar. Ör: Raffini organı (sıcaklık), Krause bulbusu (soğukluk)
3. **Kemoreseptörler:** Kimyasal enerji değişikliklerini algılar.
 - **Dildeki lezzet, burundaki koku reseptörleri**
 - **Sinüs caraticus ve arcus aurticus'taki kemoreseptörler:** Kandaki O₂, CO₂ ve pH değişikliklerini algılayan reseptörler
4. **Fotoreseptörler:** Gözün retinasında bulunan **ışık** enerjisine duyarlı reseptörlerdir
5. **Osmoreseptörler:** Osmotik basınca duyarlı reseptörlerdir. Ör: Beyinde lateral preoptik alanda bulunan reseptörler
6. **Nosiseptörler:** Acı, ağrı reseptörleri. Latince nocens (zarar verici) kelimesinden köken almışlardır. Vücudun incitici, yaralayıcı etkilerden haberdar olmasını sağlarlar.

SİNİR SİSTEMİ HÜCRELERİ

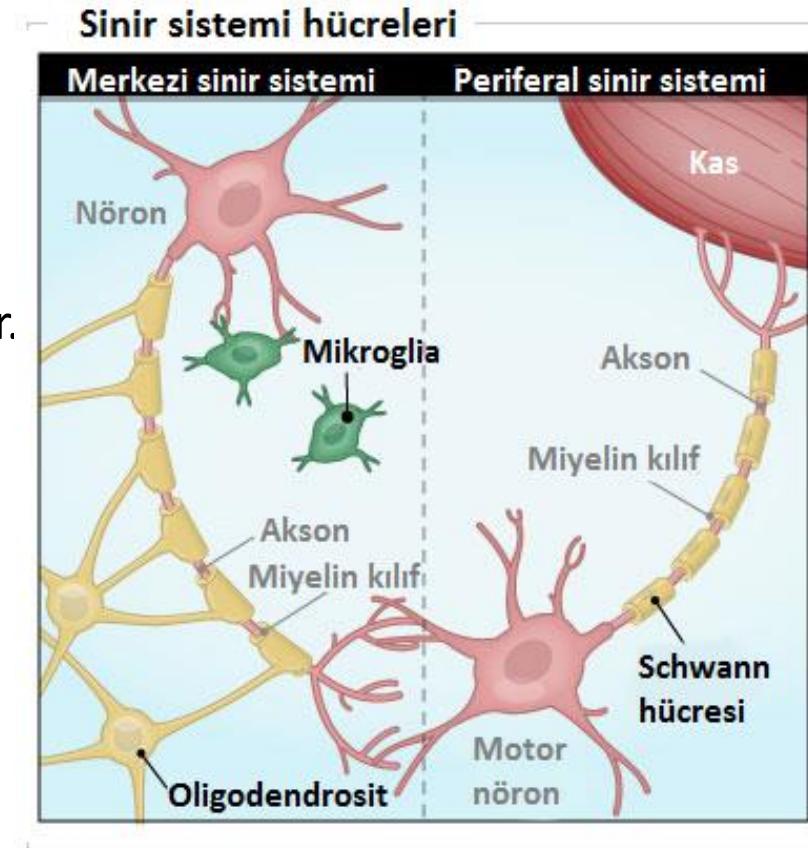
- Sinir sisteminde 2 ana hücre tipi bulunur:

1. Destekleyici hücreler:

- Nöronları çevreleyen ve saran sinir hücreleridir.
- Nöronların aktivitelerine destek olurlar.
- Nöronları birbirinden ayırır ve izole ederler.
- Nöronların sağlığını ve büyümesini desteklerler.
- Kan-beyin bariyerinin oluşumuna katkı sağlarlar.

2. Nöronlar

- Elektriksel uyarıları ileten uyarılabilir hücrelerdir.
- Temel fonksiyonel birimdir.

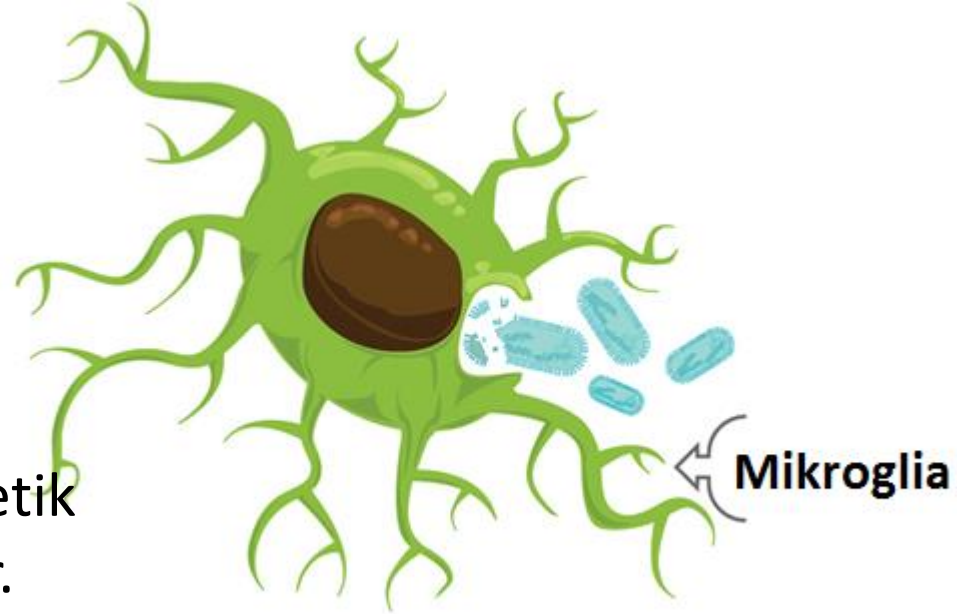


1. Destekleyici hücreler

Glial hücreler (Nöroglia)

1. Mikroglia

- Küçük, dikensi ve oval hücrelerdir.
- Merkezi sinir sistemindeki **fagositik** hücrelerdir (**makrofajlar**). Hemotopoetik kök hücreden köken alırlar.
- **Beyin hasarı ve yangılarında beyni koruyan hareketli hücrelerdir.**



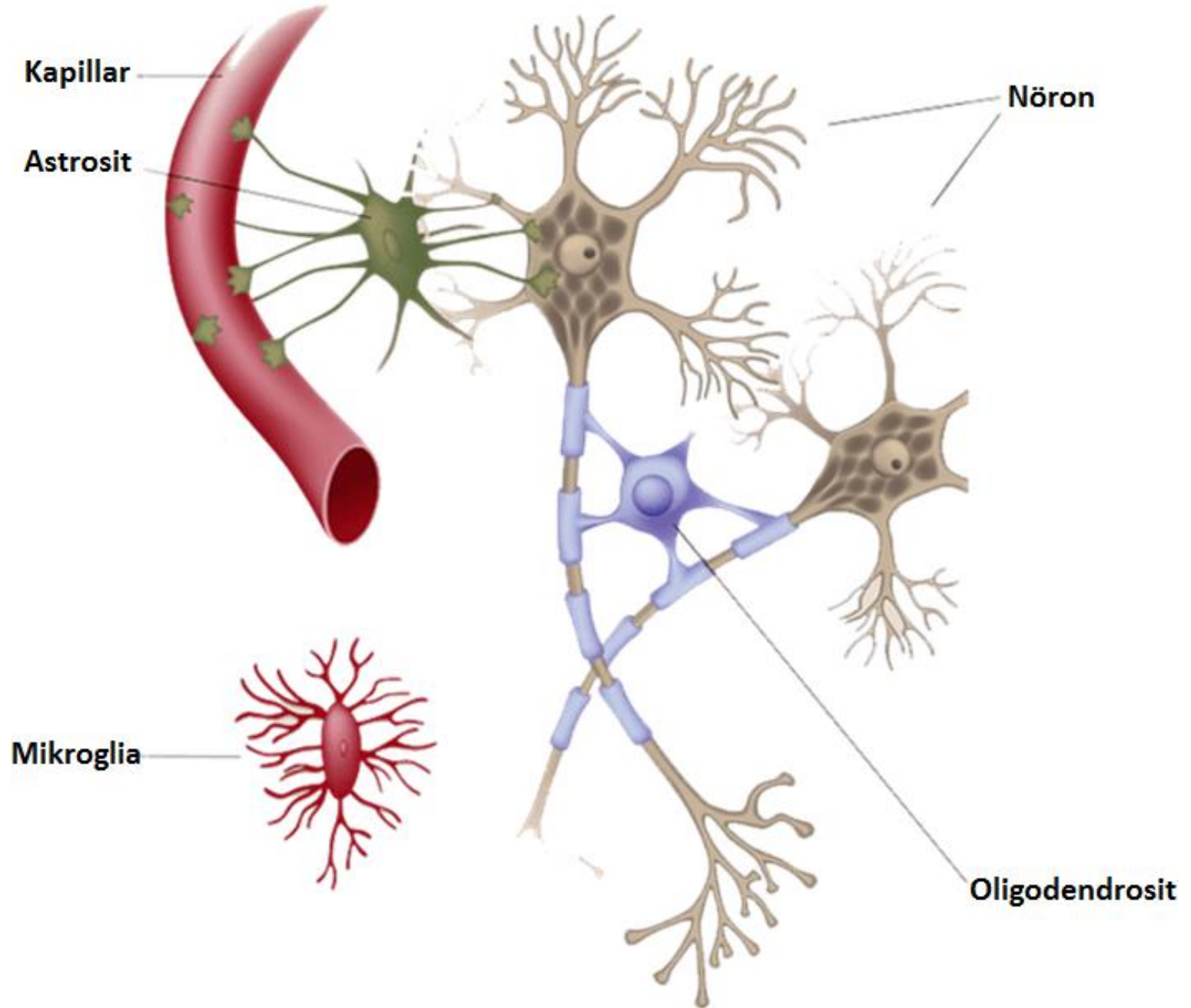
2. Makroglia

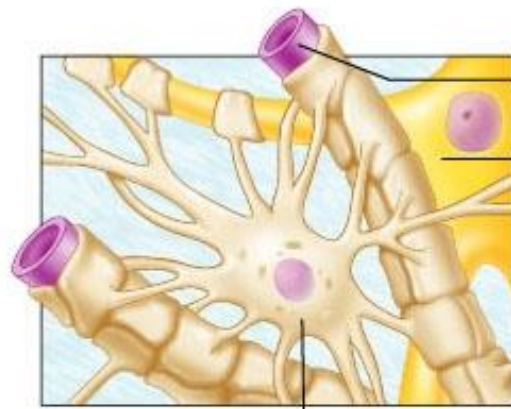
- **Ektodermal dokudan köken alırlar.**

2. Makroglial hücreler

İsim	Yer	Görev
Astrositler	MSS	- En bol miktarda bulunan, yıldız şeklinde ayakları olan dallanmış makroglial hücrelerdir. Bir ayakları ile nörona diğer ayakları ile kapillar damarlara bağlıdır. - Nöronların besinlere ulaşmasına aracılık ederler. Nöronları çevreleyen dış ortamın kimyasal içeriğini düzenlerler. Ör: K^+un ortamdan uzaklaştırılması ve nöronlardan salınan nörotransmitterlerin sinaptik aralıktan uzaklaştırılması gibi Nöronları sarar ve desteklerler. Kan beyin bariyerinin oluşumuna katılırlar.
Oligodendrositler	MSS	MSS nöron aksonlarının etrafını sararak miyelin kılıfı oluştururlar.
Ependimal hücreler	MSS	- Omuriliği ve beyin ventriküllerinin duvarının iç yüzeyini saran hücrelerdir. Beyin-omurilik sıvısını yapar, salar ve silia'ları ile sirkülasyonunu sağlarlar. Kan-beyin bariyerinin oluşumuna katkı sağlarlar.
Schwann hücreleri	PSS	PSS nöronlarındaki miyelin kılıfı oluştururlar. - Fagositik aktiviteye de sahip olan bu hücreler yara döküntülerini temizleyerek nöronların onarımına katkı sağlarlar.
Satelit (uydu) hücreleri	PSS	- Sinir gangliyonlarında bulunan nöronları saran küçük hücrelerdir. - Astrositler gibi nöronların dışındaki ortamın kimyasal içeriğini korurlar.

Merkezi sinir sistemi hücreleri

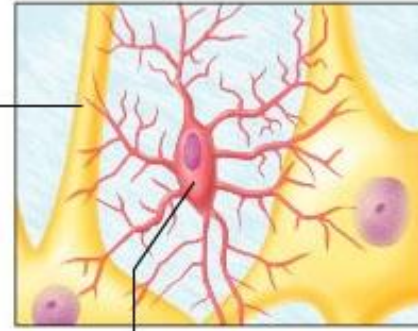




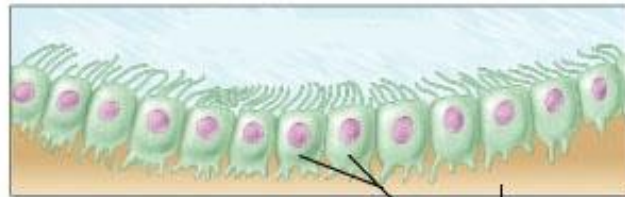
(a) Astrosit

Kapillar

Nöron

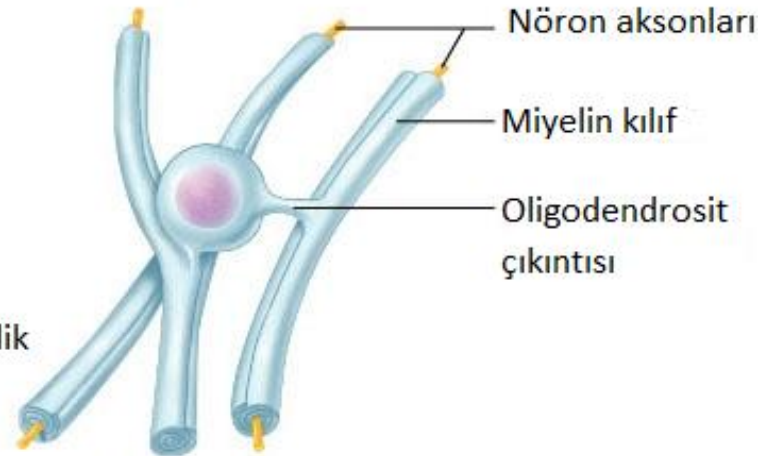


(b) Mikroglia



(c) Ependimal hücreler

Beyin veya omurilik dokusu



(d) Oligodendrosit

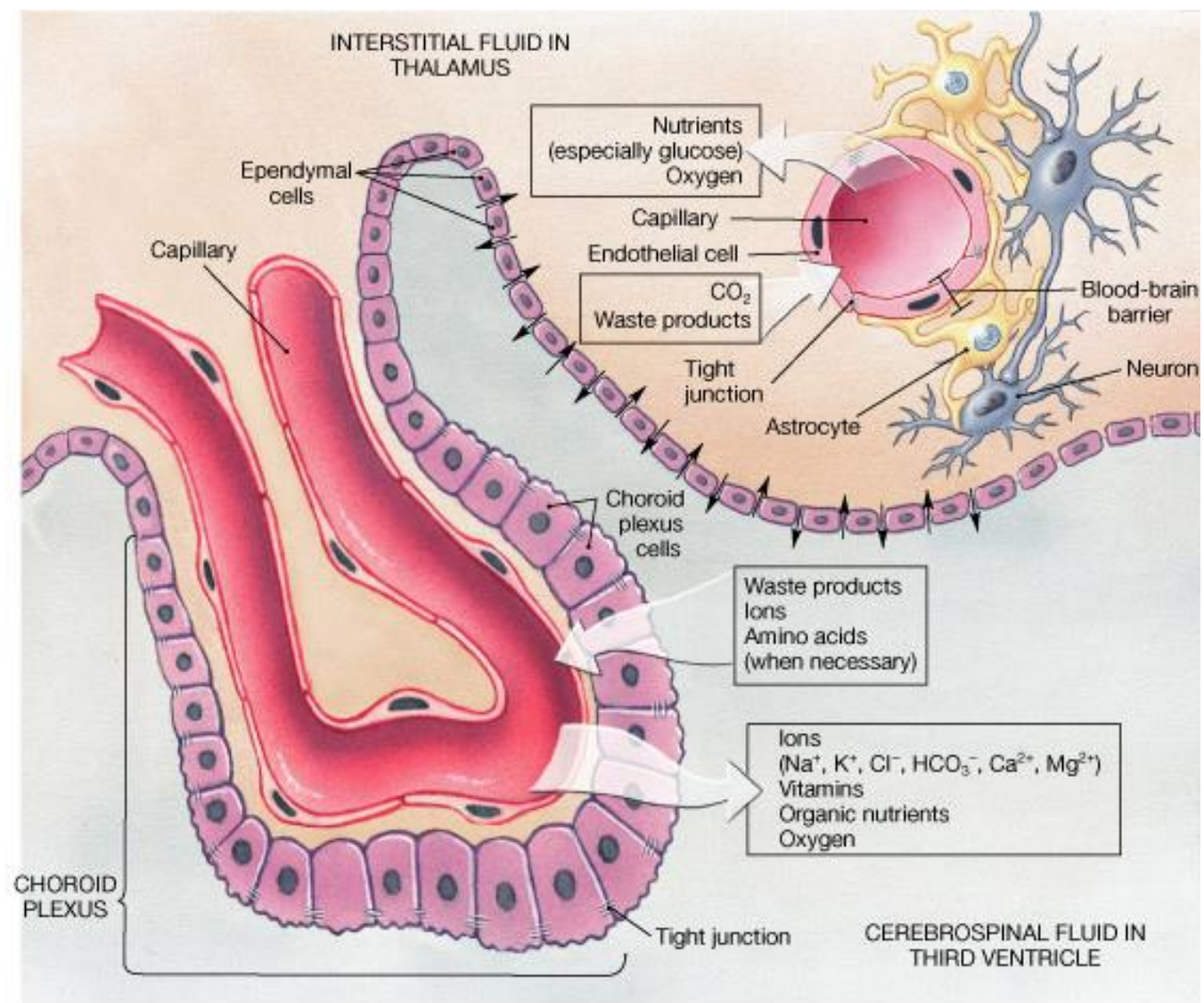
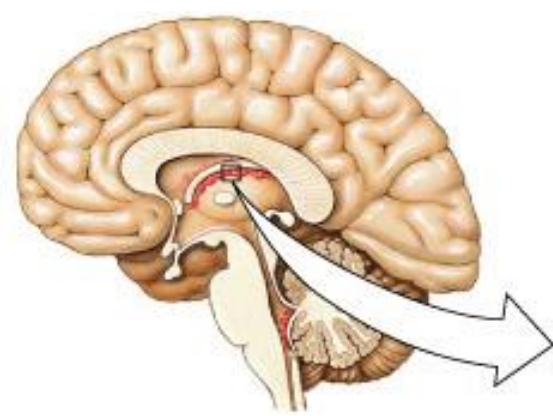
Schwann hücreleri
(miyelin kılıfı
oluştururlar)

Nöron gövdesi

Satelit hücresi

Nöron aksonu

Nöroglial hücreler



Kan-beyin ve kan-BOS bariyerleri

2. Nöronlar

- **Sinir sisteminin işlevsel en küçük yapı taşlarıdır.**
- Yaşam süreleri uzundur, bölünme yetenekleri yoktur.
- Yüksek metabolik hıza sahiptirler.
- Nöronun temel bölümleri:

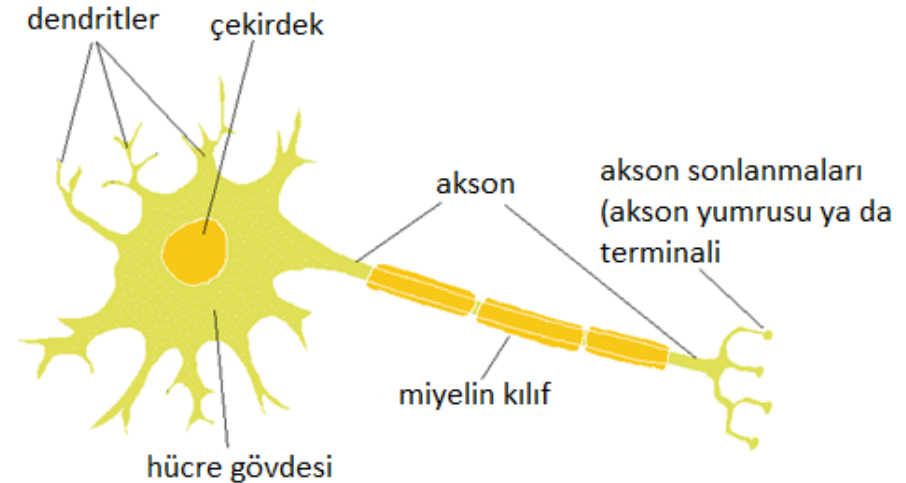
- **Dendrit**

- **Nöron gövdesi (soma)**

- Çekirdek (nükleus)
- Ribozomlar
- Nissl cisimcikleri (Granüllü ER)

- **Akson**

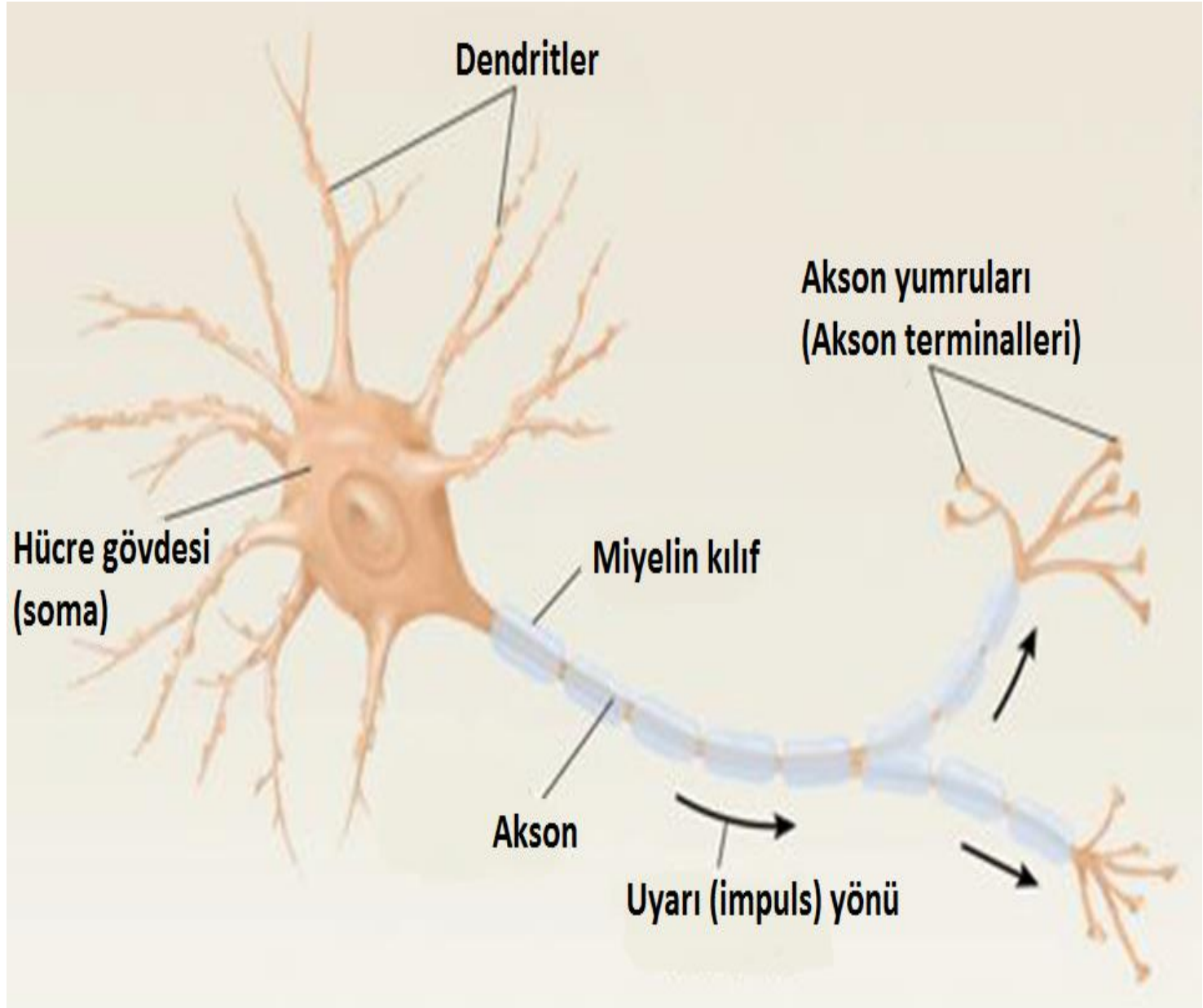
- **Akson sonlanmaları (akson terminali ya da akson yumrusu)**



Nöronun yapısı

- Nöron; gelen bilgiyi bir önceki nörondan alan kısa hücresel uzantılar olan **“dendrit”**ler, bu bilgiyi kendi içinde değerlendiren ve hücre çekirdeği ile organellerini taşıyan **“gövde” (soma)** ve nihayetinde gelen bilgiyi bir sonraki nörona ileten ve uzunluğu nöronun tipine göre değişen **“akson”**dan oluşmaktadır.
- Nöronu öne doğru uzatılmış ve parmakları açılmış bir ele benzetebiliriz. Bu örnekte, parmaklarımızın her biri birer dendrit, elimizin orta kısmı gövde ve kolumuz da aksonu temsil edecektir.
- Vücudumuzdaki çoğu akson, uyarının aksonda daha hızlı iletilmesine hizmet eden **‘miyelin kılıf’**la çevrelenmiştir.
- Aksonun son kısmı ise bir genişleme yapmaktadır ki buna **‘akson yumrusu’** ya da **‘akson terminali’** denilmektedir. Her akson tam da sonlandığı noktada dallanmalar yapmakta ve bu sayede diğer nöronun dendriti ile birden fazla akson yumrusu vasıtasıyla iletişim kurmaktadır

Nöronun yapısı



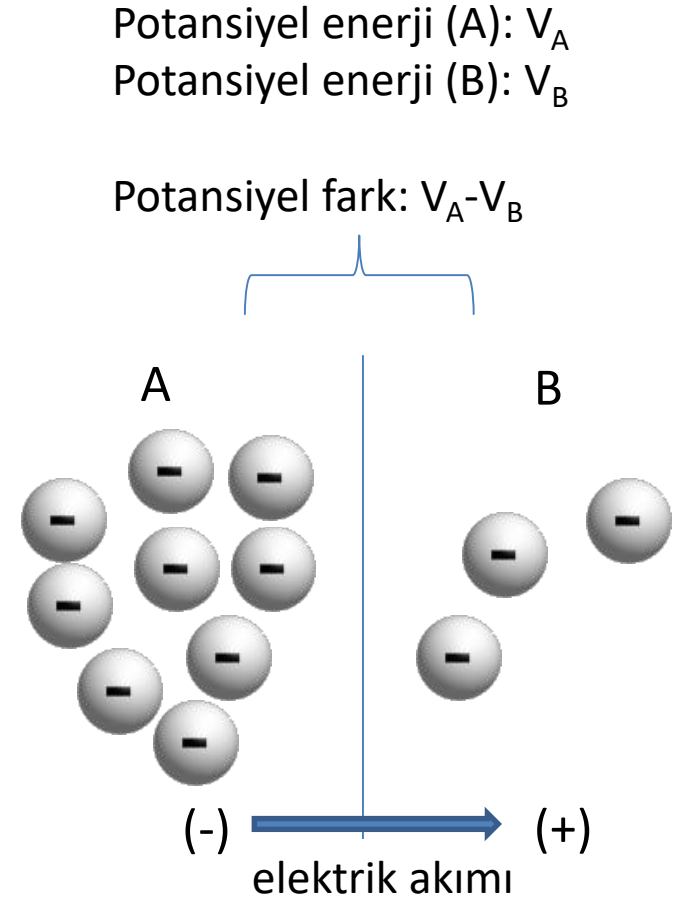


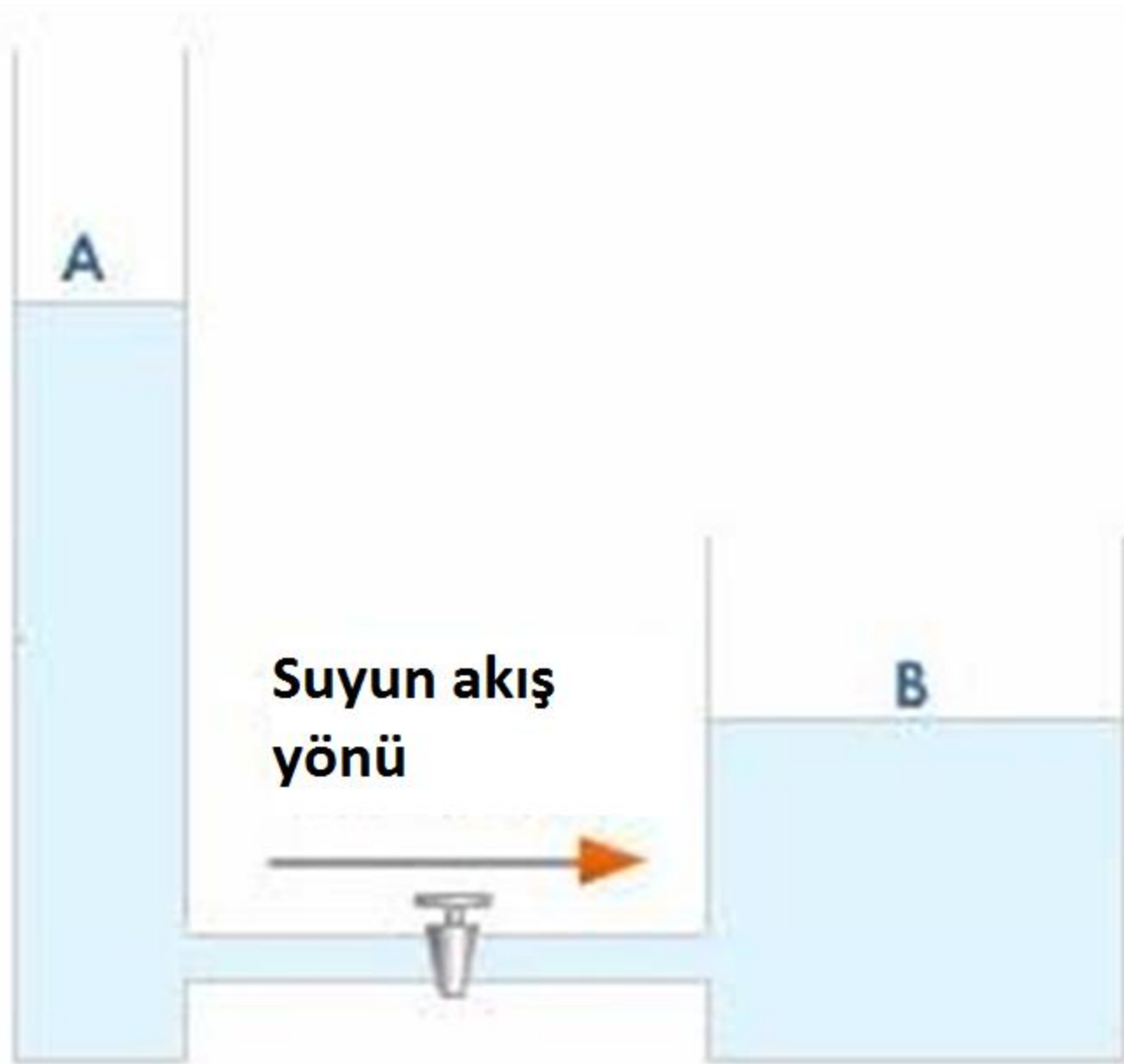
- **Bir mikrodalga fırından daha küçük olan beynimizde 100 milyar nöron bulunmaktadır.**
- **Her nöron diğer nöronlarla 10 milyona yakın bağlantı yapmaktadır.**

MEMBRAN POTANSİYELLERİ

Potansiyel fark: A ve B gibi birbirinden geçirgen olmayan bir zarla ayrılmış iki farklı nokta düşünelim. A noktasındaki elektron sayısı, B noktasındaki elektron sayısından fazla olsun. Bu durumda A noktasındaki yükler, B noktasına göre bir potansiyel enerjiye sahiptirler. Bu iki noktanın elektriksel potansiyel enerjileri arasındaki farka "**potansiyel fark**" (**voltaj**) denir. Ölçü birimi **volt**'tur.

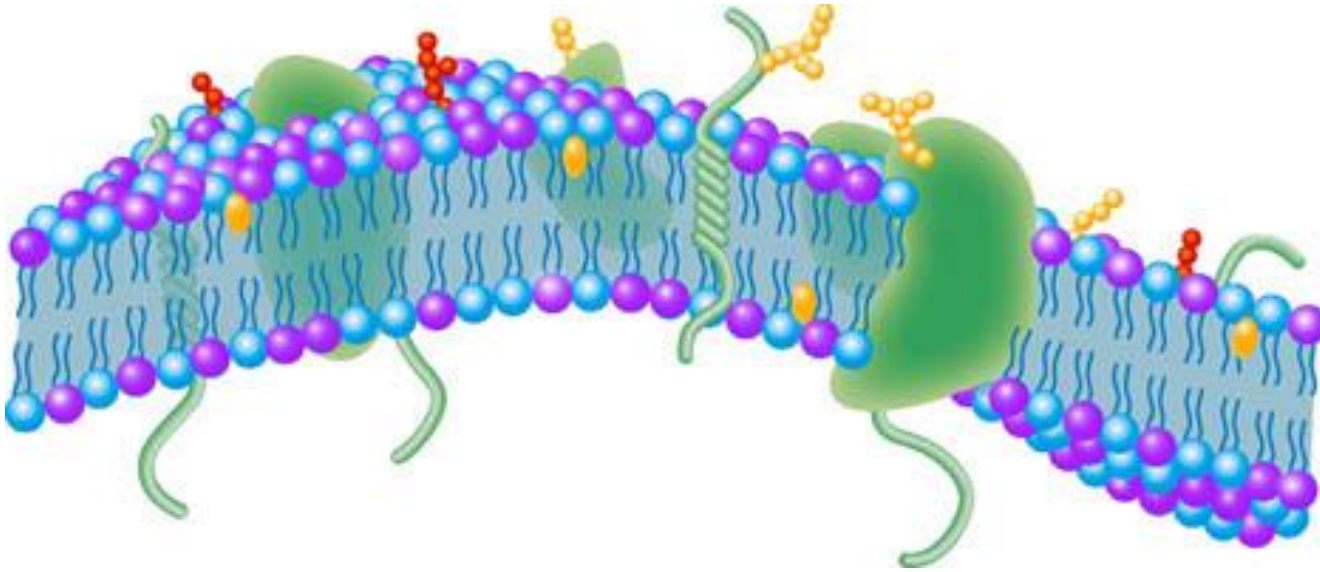
Bu potansiyel fark elektriksel bir güç doğurur (iş yapma potansiyeli). Bu iki nokta arasındaki engel kalkacak olursa A noktasındaki yükler B noktasına hareket ederler, buna da "**elektrik akımı**" denir.





Potansiyal fark oluşumu için başka bir örnek

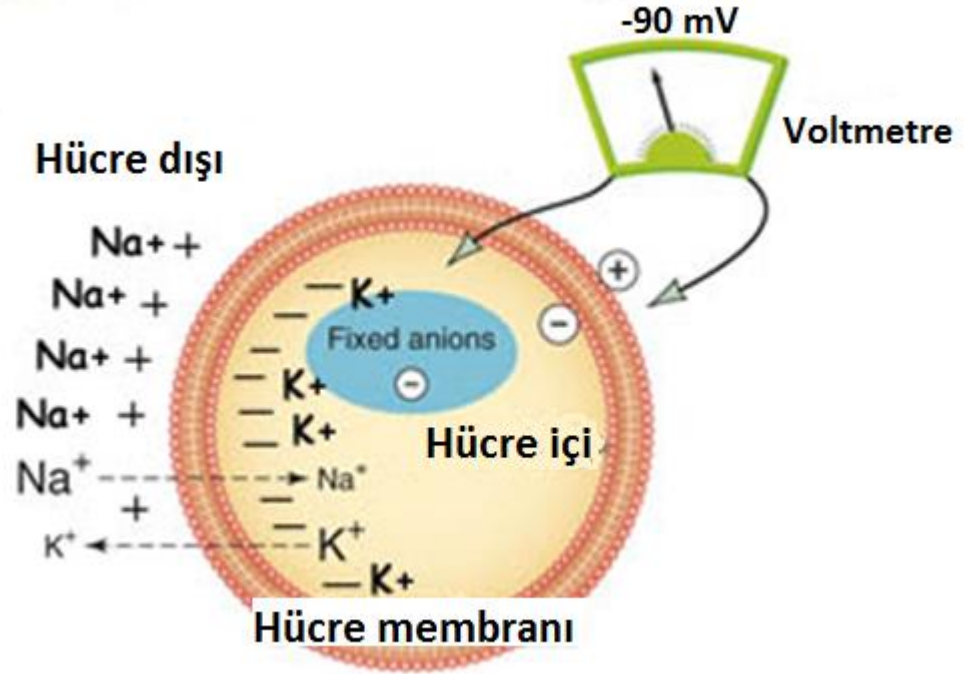
Hücre içindeki ve dışındaki yükleri birbirinden ayıran seçici geçirgen bariyer: Hücre zarı



- Hücre membranı lipidlerden yapılmıştır. Lipidler çok az yüklü tanecik taşırlar, elektrik akımına elverişli değildirler. Bu nedenle hücre zarı, hücre içindeki ve dışındaki yükler arasında bir '**sed**' oluşturur. Böylelikle (+) ve (-) yükler birbirinden ayrılmış olur ve bu yükler bakımından hücre içi ve dışı arasında bir '**potansiyel fark**' oluşur.

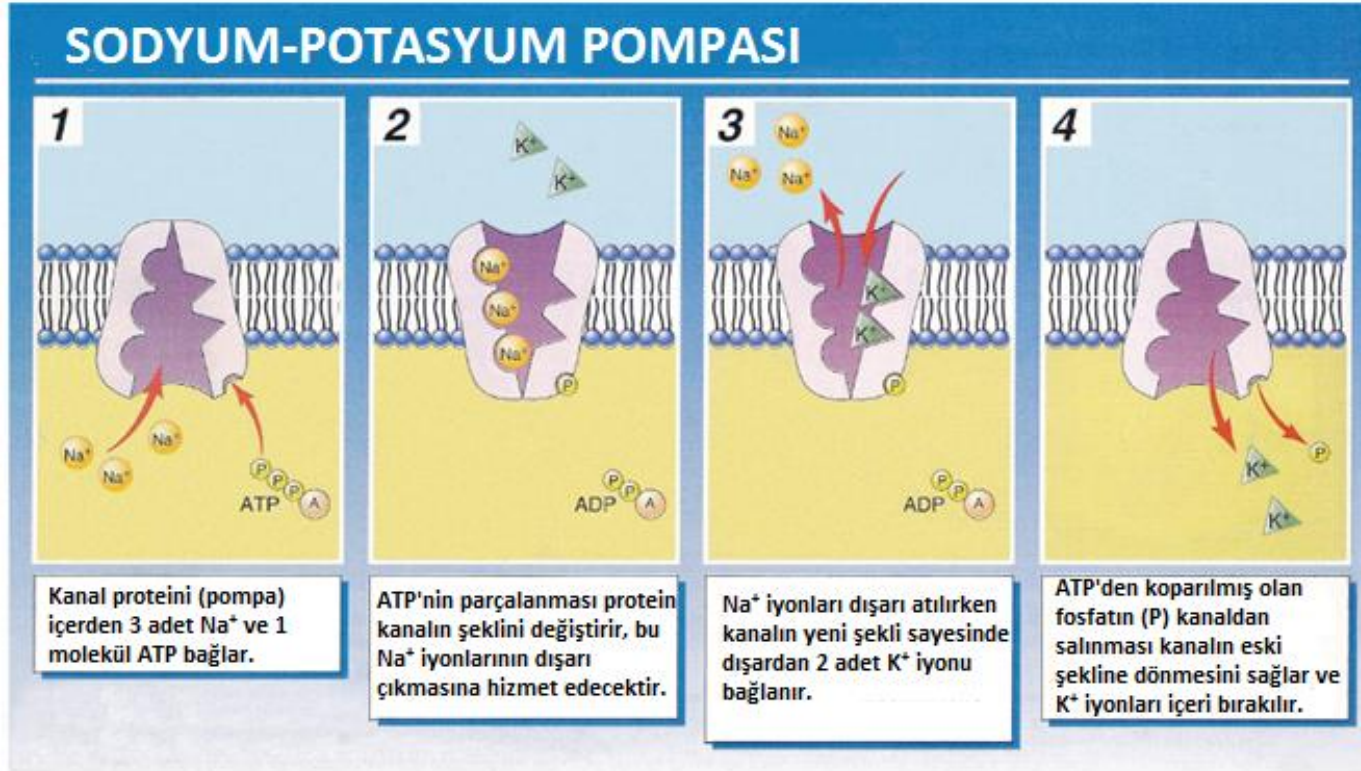
Hücre içi ve dışı arasındaki potansiyel fark: Denge potansiyeli (Dinlenim potansiyeli)

- **Hücre membranı Na^+ 'a karşı az geçirgendir.** K^+ 'a karşı ise Na^+ 'a göre 100 kat daha fazla geçirgendir.
- Hücre içinde, büyük oldukları için hücre zarını asla geçemeyen **negatif yüklü protein anyonlar** vardır. Bunlar negatif yüklerinden ötürü bol miktarda K^+ 'u hücre içinde tutarlar (K^+ hücre zarından rahat geçebildiği için).
- Membrandaki **Na^+/K^+ pompası** içeriye sızan Na^+ 'u sürekli dışarı pompalar.



- Tüm bu nedenlerle, dinlenimde bir hücrenin iç tarafı, dışa göre yaklaşık -90 mV daha negatif bir potansiyeldedir. Hücre içi ile dışı arasındaki -70 ile -90 mV arasında olan bu potansiyel farka **denge (dinlenim) potansiyeli** denir.
- Dinlenim durumundaki zar **polarize** durumdadır.

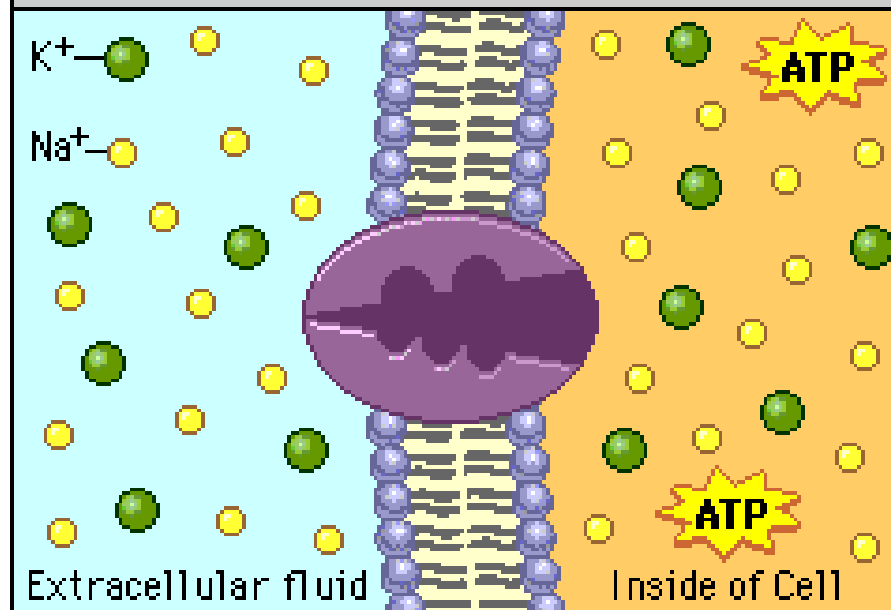
Na⁺/K⁺ pompası



- Hücrelerde sızma kanallarından devamlı dışarıdan içeri Na⁺, içerden dışarı ise K⁺ sızması söz konusudur.
- Pompa enerji (ATP) harcayarak **içerden dışarı 3 Na⁺**'a karşılık, **dışardan içeri 2 K⁺** pompalar.
- Böylece iyonların dışarıya göre daha negatif olduğu **denge potansiyeli durumu korunmuş olur.**

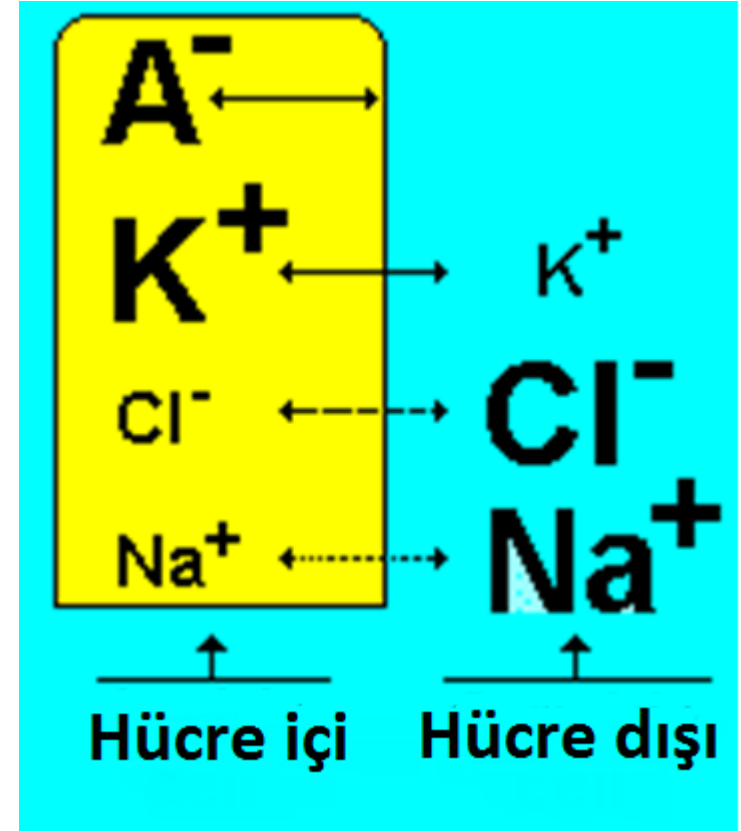
Na⁺/K⁺ pompası

Step 1. Three Na⁺ ions bind to cytoplasmic high-affinity binding sites.



Organizmada iyonların dağılımı

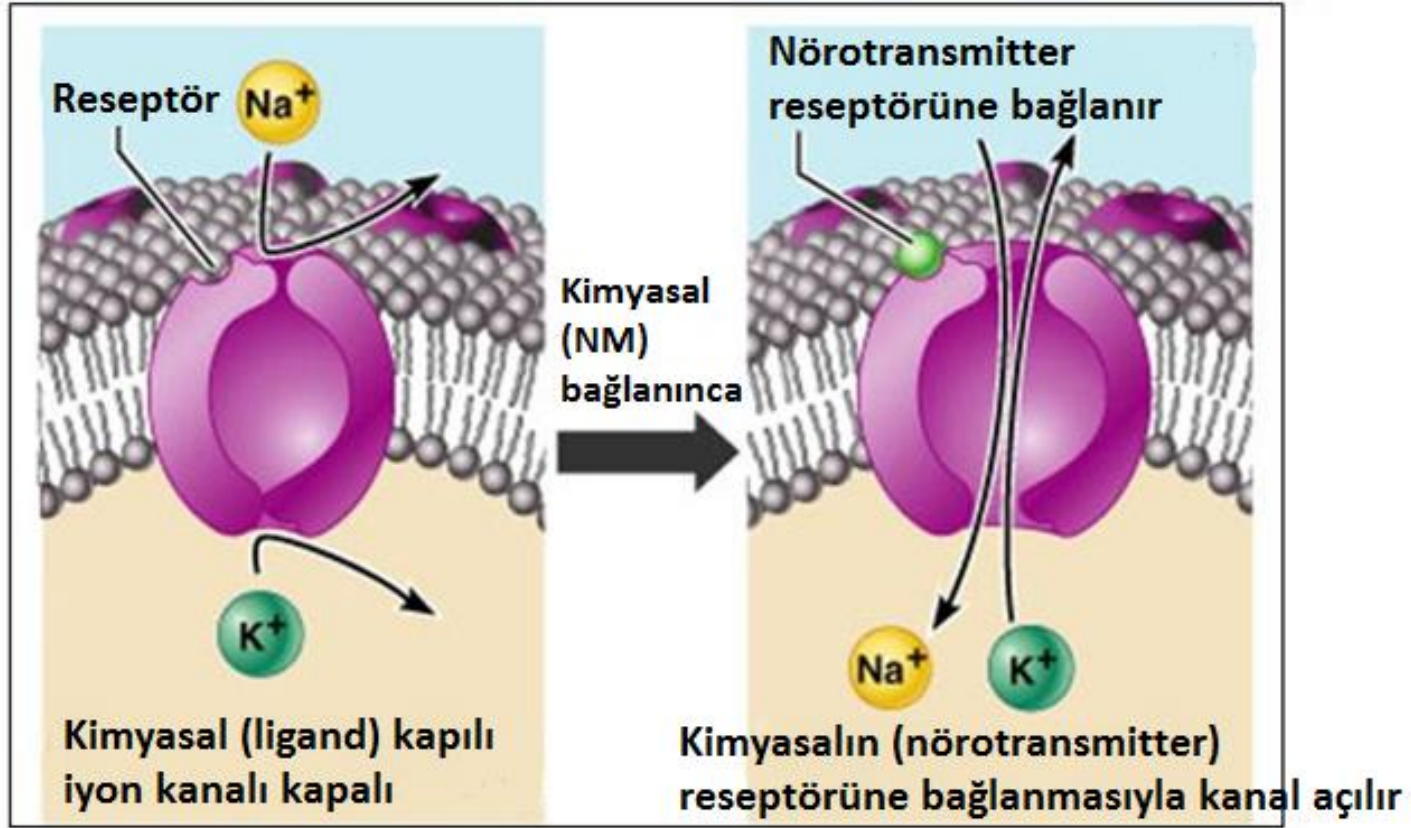
- Hücre dışı ortam Na^+ ve Cl^- iyonlarınca,
- Hücre içi ortam K^+ iyonlarınca zengindir.
- Hücre içinde ayrıca hücreyi terk edemeyen negatif yüklü anyonlar (A^-) vardır.



Hücre membranındaki iyon kanalları ve bunları kontrol eden kapılar

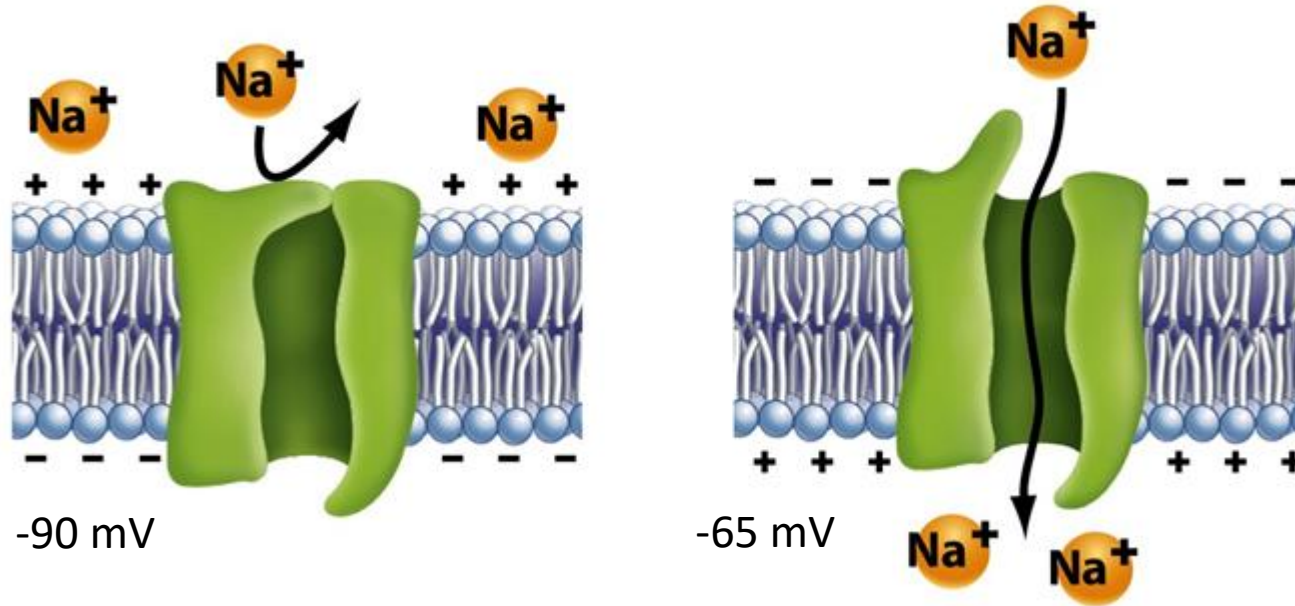
- **Voltaj-kapılı kanallar:** Membran potansiyeline göre açılıp kapanan kanallardır. Ör: Na^+ ve K^+ kanalları
- **Kimyasal (ligand) kapılı kanal:** Kendine özgü bir nörotransmittere bağlanınca açılan kanallardır. Ör: Sinaptik iletim
- **Mekanik kapılı kanal:** Reseptörlerin gerilme ve basınç gibi fiziksel olarak uyarılması sonucu açılabilen kanallardır. Ör: Bazı duysal sinir uçları
- **Pasif veya sızma kanalları:** Her zaman açık olan kapısız kanallardır. Ör: Dinlenimde açık olan Na^+ ve K^+ kanalları

Kimyasal (ligand) kapılı kanalların çalışma prensibi



- Nörotransmitter kanal üzerindeki reseptörüne bağlı olmadığında kapı kapalıdır
 - Na^+ hücre içine giremez, K^+ hücre dışına çıkamaz.
- Nörotransmitter reseptörüne bağlanınca kapı açılır
 - Na^+ hücreye girer, K^+ hücre dışına çıkar

Voltaj-kapılı kanalların çalışma prensibi



- Hücre içi ile dışı arasındaki potansiyel fark -90 mV iken voltaja duyarlı Na⁺ kapıları kapalıdır.
 - Na⁺ hücre içine giremez
- Hücre içinin negatifliği azalmaya başlayıp, önce 0 düzeyine sonra da daha pozitif değerlere kaydığında bu kanallar açılır.
 - Na⁺ hücre içine girebilir

Aksiyon potansiyeli

- Hücre aktif iken membran potansiyeli değişir ve bu potansiyel farkına da iş potansiyeli anlamında "**aksiyon potansiyeli**" denir.
- Hücreler birbirleriyle bu yolla haberleşirler. Sinirlerdeki aksiyon potansiyeline "**sinir impulsu**" da denir.
- Hücrenin uyarılması ile dinlenme (polarizasyon) dönemini takip eden 3 olay gerçekleşir:
 - **Depolarizasyon:** Membranın iç kısmı daha az negatif hale gelir (pozitifliğe doğru kayma)
 - **Repolarizasyon:** Membran eski dinlenme potansiyeline yani polarize durumuna geri döner
 - **Hiperpolarizasyon:** Membranın iç kısmı dinlenme potansiyeline göre daha negatif hale gelir

Aksiyon potansiyeli dönemleri

- **Dinlenim (polarizasyon)**

- Voltaj kapılı Na^+ ve K^+ kanalları kapalıdır.
- Sızma kanallarından sınırlı miktarda Na^+ ve K^+ sızmaktadır.
- Hücre içi negatiftir.

- **Depolarizasyon**

- Hücre uyarıldığı zaman Na^+ karşı geçirgenliği artar ve membran potansiyeli yükselmeye başlar. Bu ise voltaja duyarlı sodyum kanallarını açmaya başlar. Membran potansiyeli -65/-55 gibi kritik bir değere yükseldiğinde (kritik depolarizasyon potansiyeli) büyük miktarda Na^+ kanalları açılır ve Na^+ 'un içeri girmesiyle depolarizasyon gerçekleşir.
- Hücre içi pozitif döner.

- **Repolarizasyon**

- Uç potansiyele ulaştıktan sonra hücre içine Na^+ girişi durur (Na^+ kanalları inaktif hale gelir).
- Voltaj-kapılı K^+ kanalları açılır ve K^+ hücre dışına çıkmaya başlar.
- Hücre içi tekrar negatifleşir, denge potansiyeline (-90 mV) dönülür.

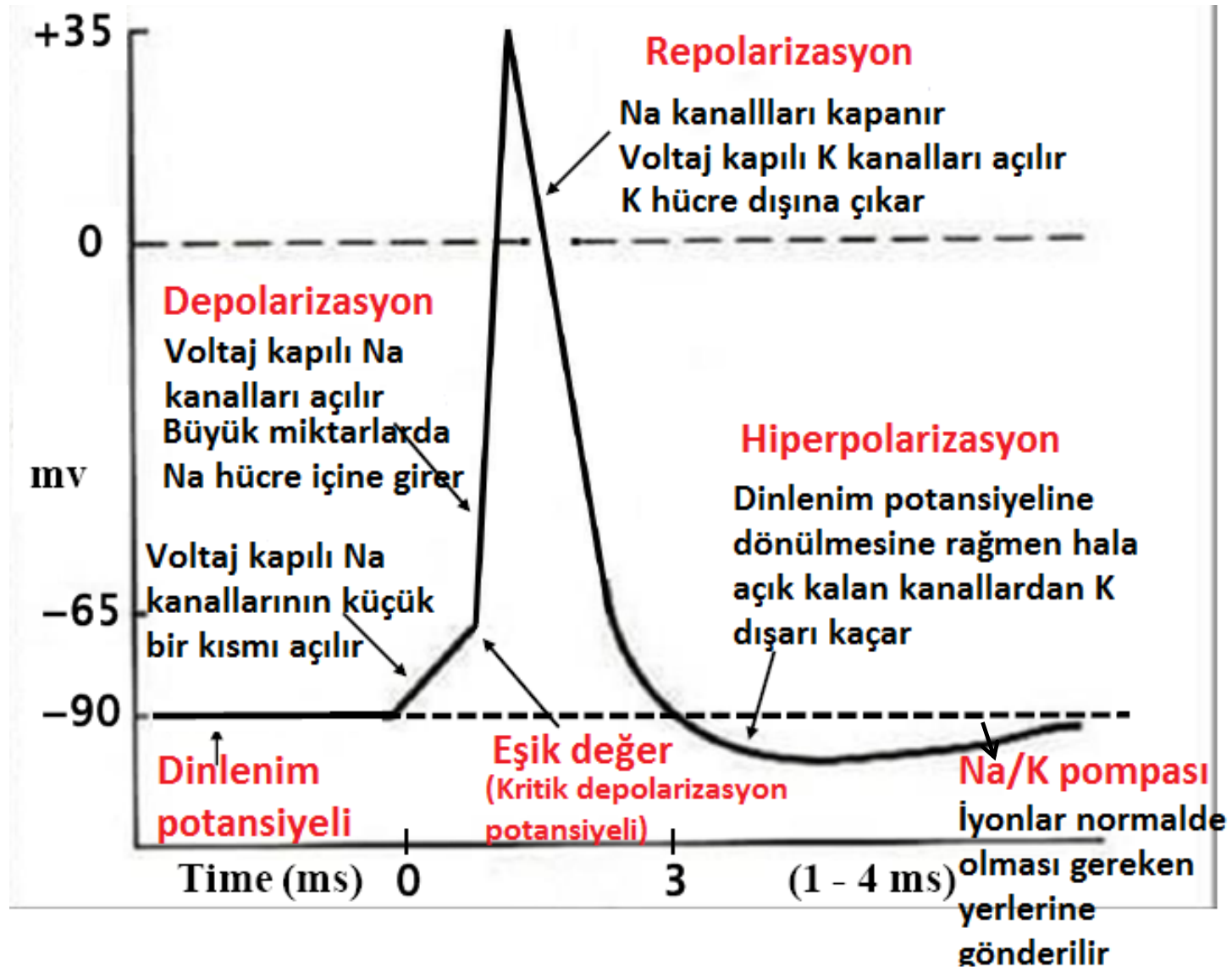
- **Hiperpolarizasyon**

- Denge potansiyeline dönüldüğü halde, hala açık olan K^+ kanallarından hücre dışına K^+ kaçar.
- Fazla K^+ kaybı membranın hiperpolarizasyonuna (hücre içinin dinlenme potansiyeline göre daha negatif olmasına) sebep olur.
- Hücrenin bu aşamada uyarılması çok zordur.

- **Na^+/K^+ pompası**

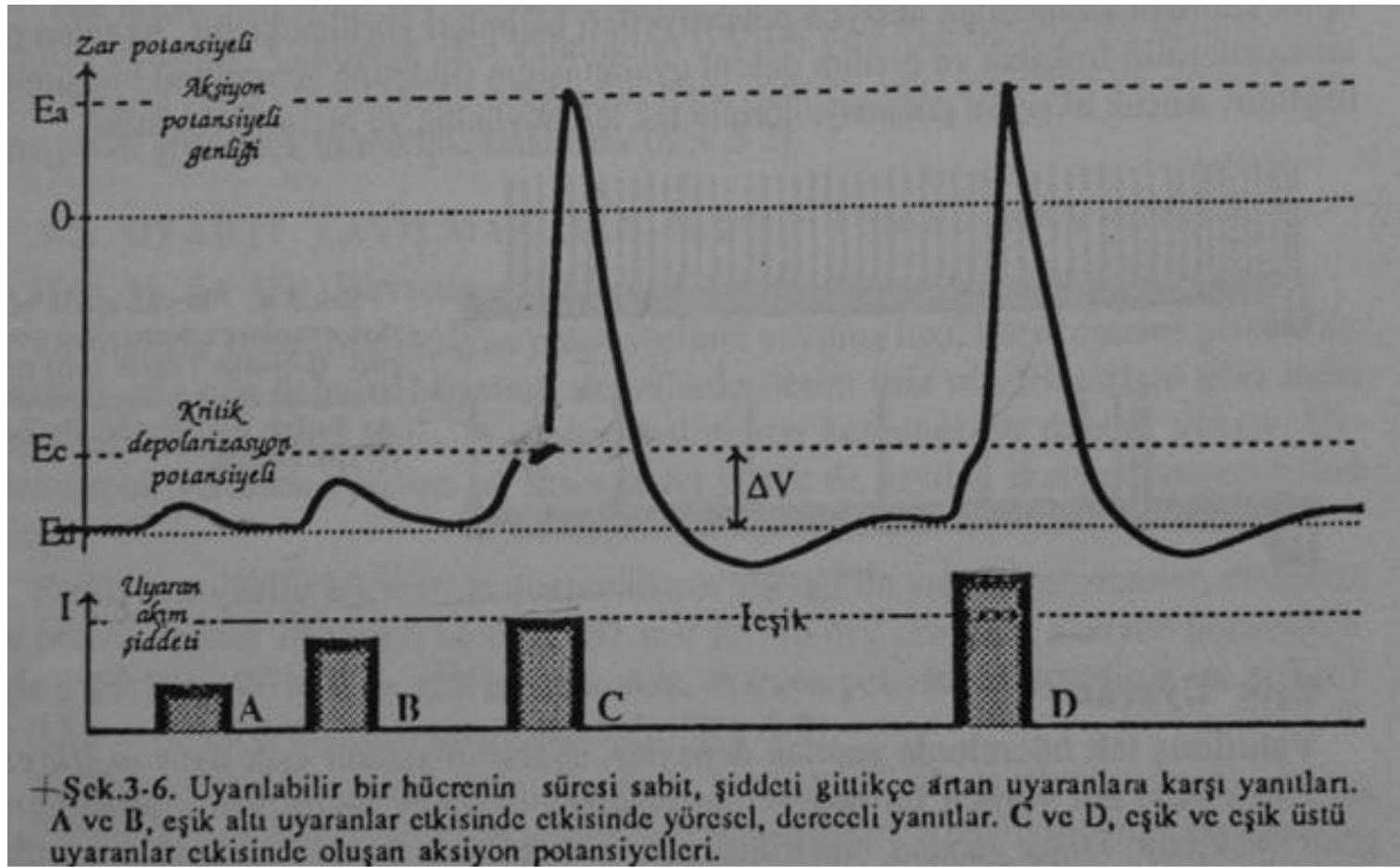
- Hücre denge potansiyeline dönmüştür fakat iyonlar olması gereken yerlerde değildir (Na^+ içerdedir, K^+ dışarda)
- Pompa ile iyonlar olması gereken yerlerine geri gönderilirler.
- Hücre tam olarak dinlenme durumuna döner.

Aksiyon potansiyeli dönemleri



Eşik Değer ve Ya Hep-ya Hiç Yasası

- Bir hücrede aksiyon potansiyeli oluşturabilen en küçük uyarı şiddetine **eşik değer (reobaz)** denir. Bu değer genelde membran potansiyelini **-65 mV** düzeyine getiren değerdir.
- Bir hücreyi eşik değerden daha az şiddetteki bir uyarı ile uyarırsak, sinir bu uyarıya cevap vermez (**Hiç**).
- Eşik değerde bir uyarı ile uyarırsak cevap verir ve aksiyon potansiyeli oluşur.
- Eşik değerden daha yüksek bir uyarı ile uyarırsak hep aynı cevap oluşur yani aksiyon potansiyelinin yüksekliği artmaz (**Hep**). Buna **"ya hep-ya hiç"** (**hep ya da hiç**) yasası denir.
- **Tek bir sinir teli, tek bir kas teli ve kalp kası bütünüyle** bu kurala uyar.

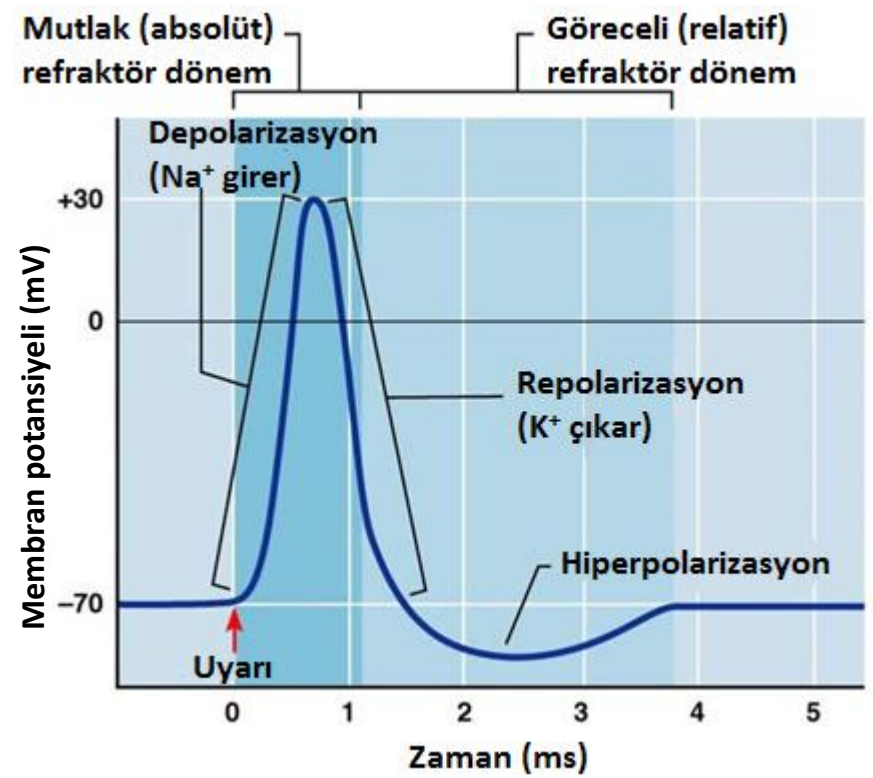


Yukarıdaki şekilde **A** ve **B** uyarıları eşik değerin altında oldukları için zarda aksiyon potansiyeli oluşturamamışlardır fakat çok az sayıda Na^+ kanalının açılmasını sağlayabildiklerinden zarda **akut yerel potansiyellere (akut eşik altı potansiyeller)** neden olmuşlardır. Uyarının şiddeti **eşik değere (C)** ulaştığında zarda daha fazla sayıda açılan Na^+ kanalları membran potansiyelini pozitif değerlere kaydardıklarından pozitif geri bildirim ile daha çok voltaja duyarlı Na^+ kanalının açılmasını sağlayacak ve bu da zarı depolarize ederek **aksiyon potansiyeli** oluşturacaktır. Eşik değerden daha yüksek değerde (**D**) bir uyarı verildiğinde ise aynı şiddette bir aksiyon akımı oluşacaktır (**ya hep-ya hiç yasası**).

Refraktör Dönem

Bir hücrenin uyarıldığı esnada genel olarak ikinci bir uyarana kapalı olduğu ve yanıt oluşturamadığı döneme **refraktör dönem** denir. Refraktör dönem ikiye ayrılır:

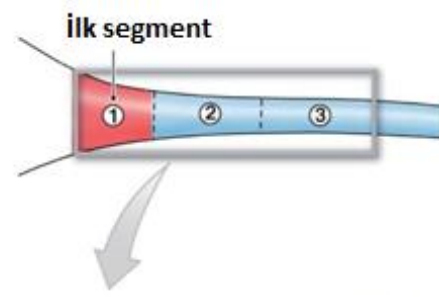
- **Mutlak (absolüt) refraktör dönem**
- **Göreceli (relatif) refraktör dönem**



- **Mutlak (absolüt) refraktör period:** Hücre gelen uyarılara (ne kadar güçlü olursa olsun) cevap vermez.
 - Depolarizasyonunun tamamı ve repolarizasyonun yaklaşık ilk 1/3'lük kısmını kapsar.
 - Mutlak refraktör dönem;
 - Nöronun yeni bir aksiyon potansiyeli oluşturmasını engeller.
 - Her bir aksiyon potansiyelinin ayrı olarak şekillenmesini sağlar.
 - Sinirsel uyarıların tek bir yöne doğru oluşmalarını garantiler.
- **Göreceli (relatif) refraktör dönem:** Hücre normalden daha güçlü bir uyarı ile uyarıldığı zaman aksiyon potansiyeli oluşturabilir.
- Repolarizasyonun son 1/3'lük bölümünden hiperpolarizasyonun sonuna kadar olan dönemi kapsar.
- ❖ Hücrenin uyarılabilirliğinin en yüksek olduğu dönem **dinlenme dönemidir**.

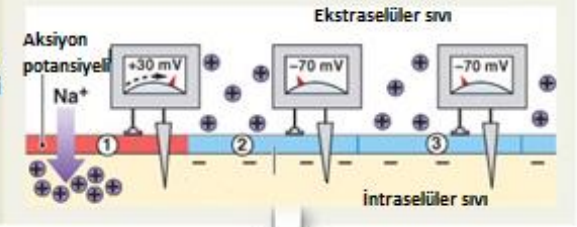
Sinir Lifi Boyunca Aksiyon Potansiyelinin Yayılması

- Na^+ iyonlarının hücre içersine geçişi akson membranının çok ufak bir bölgesinde depolarizasyona yol açar.
- İçeri giren pozitif yükler bitişik bölgedeki negatif alana doğru giderek buranın voltajını eşik değer üzerine yükseltir ve bu bölgedeki Na^+ kapılarının da açılmasını sağlar. Böylece aksiyon akımı (impuls) **'iyonik akımlar'** şeklinde zar boyunca yayılır.
- Na^+ iyonları arka kısımdaki negatif (repolarize olduğu için) bölgeye de yayılma eğilimindedir fakat o bölge refraktör dönemde olduğundan tekrar uyarılamaz. Bu sayede aksiyon akımı yani impuls nöron aksonu boyunca tek bir yönde ilerlemiş olur.



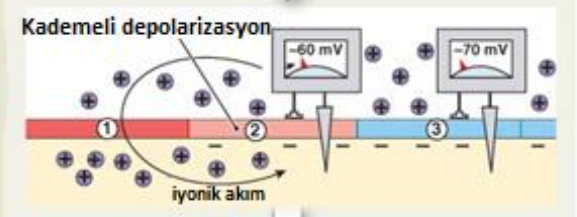
Step 1

Uyarının gelmesiyle birlikte 1. segmentte aksiyon potansiyeli şekillenir ve burada hücre içi ile dışı arasındaki potansiyel fark $+30 \text{ mV}$ 'a yükselir.



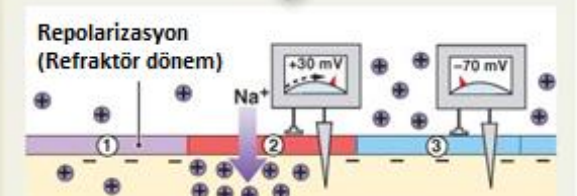
Step 2

1. segmentte içeri giren Na^+ iyonları, hızla 2. segmentteki negatif alana doğru yayılır ve buranın potansiyelini kritik depolarizasyon eşikğine yükseltirler.



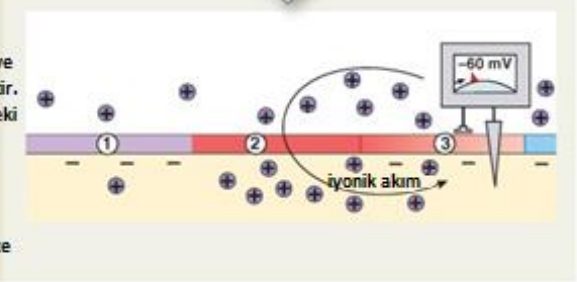
Step 3

2. segmentte Na^+ kapıları açılır ve depolarizasyon şekillenir, bu esnada 1. segment repolarize olmaktadır.

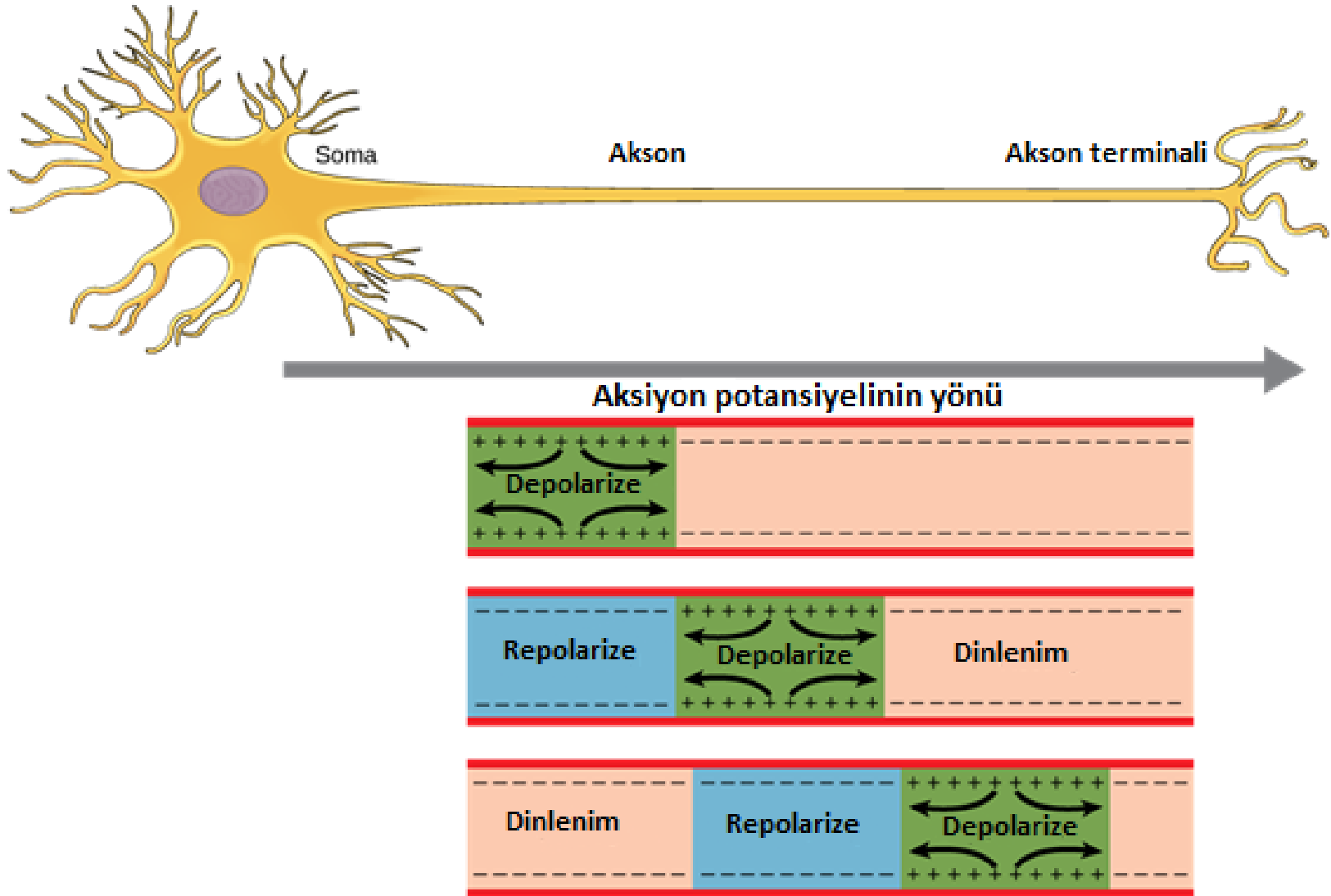


Step 4

2. segmentte içeri giren Na^+ iyonları, 3. segmentteki negatif alana doğru yayılır ve buranın potansiyelini eşik değere yükseltir. Na^+ iyonları repolarize olan 1. segmentteki negatif alana doğru da hareket ederler fakat burası mutlak refraktör dönemde olup Na^+ kapıları inaktive olduğundan tekrar depolarizasyon gerçekleşmez. Böylece aksiyon akımı geriye değil sadece ileriye doğru yayılmış olur.



Sinir Lifi Boyunca Aksiyon Potansiyelinin Yayılması



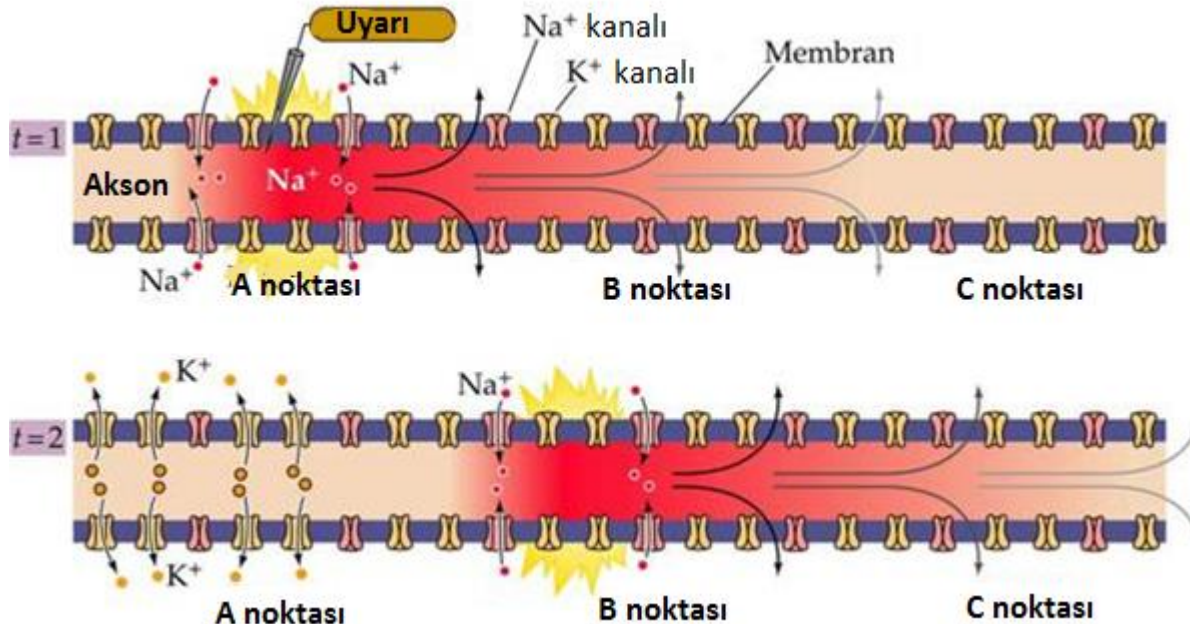
Sinir Lifi Boyunca Aksiyon Potansiyelinin Yayılması

Miyelinli ve Miyelinsiz Sinir Lifleri

- Nöronların büyük bir kısmı miyelinli iken bir kısmı ise miyelinsizdir.

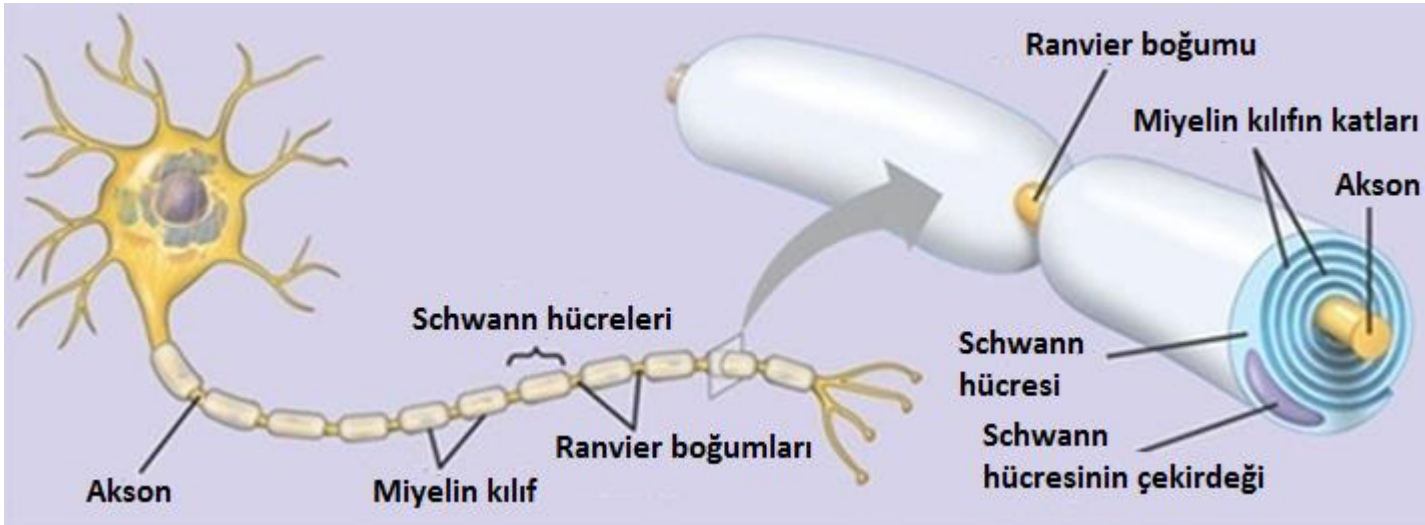
1. Miyelinsiz lifler:

- Akson her noktasında ekstraselüler sıvı ile temastadır.
- İmpuls iyonik akımlar şeklinde iletilir.
- İleti daha yavaştır.

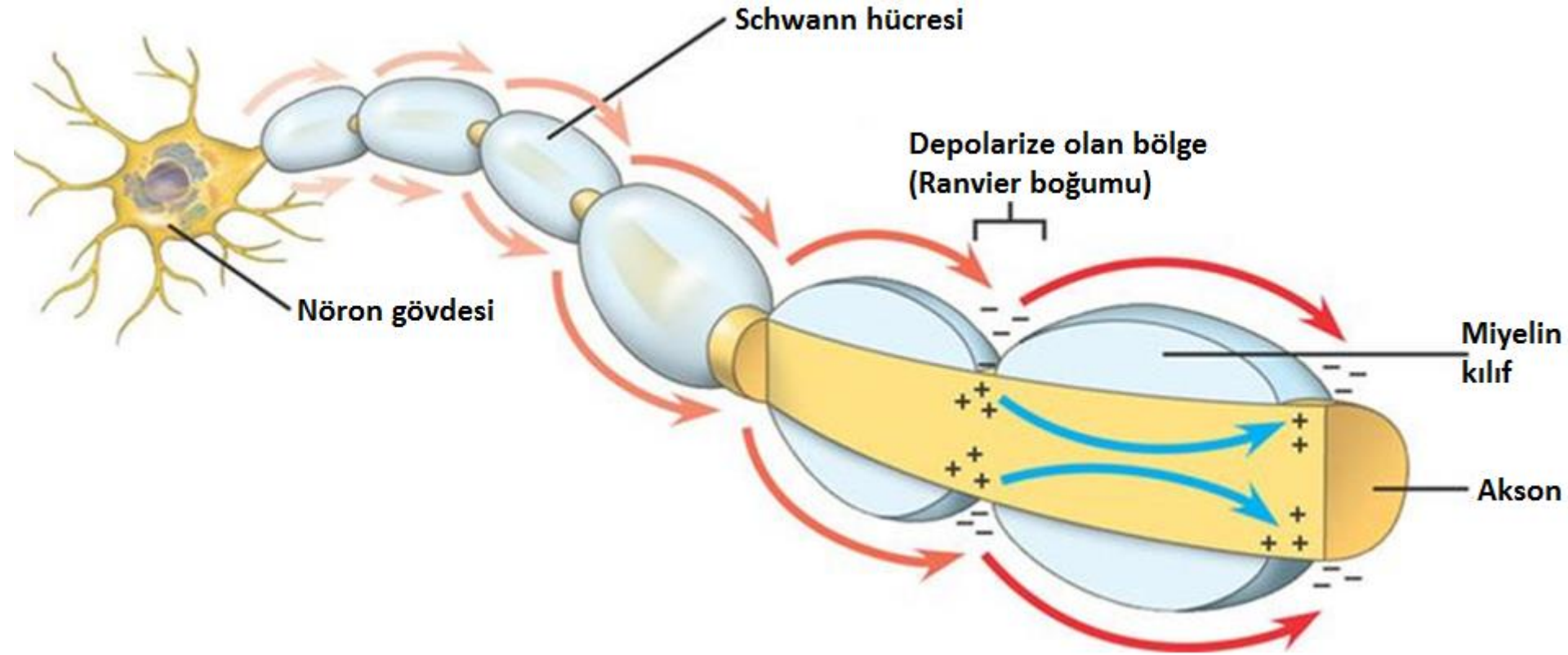


2. Miyelinli lifler:

- Periferik sinir sisteminde miyelin kılıf aksonun etrafında bulunan **Shwann hücreleri** tarafından oluşturulur (Merkezi sinir sisteminde ise **oligodendrositlerce** oluşturulur).
- Schwann hücreleri yalıtandırılar, bu nedenle zardan iyon akımını yaklaşık 5000 kat düşürürler.
- Akson boyunca yan yana iki Schwann hücresi arasında, zardan iyonların kolayca akabileceği izole edilmemiş, sadece 2-3 mikrometre uzunluğunda küçük bir alan kalır. Bu alana **Ranvier boğumu** denir. Bu nedenle aksiyon akımları sadece boğumlarda oluşabilir. Aksiyon potansiyeli bir boğumdan diğerine iletilir ki buna **sıçrayıcı ileti** denir. **Bu ise impulsun lif boyunca iletim hızını arttırır.**



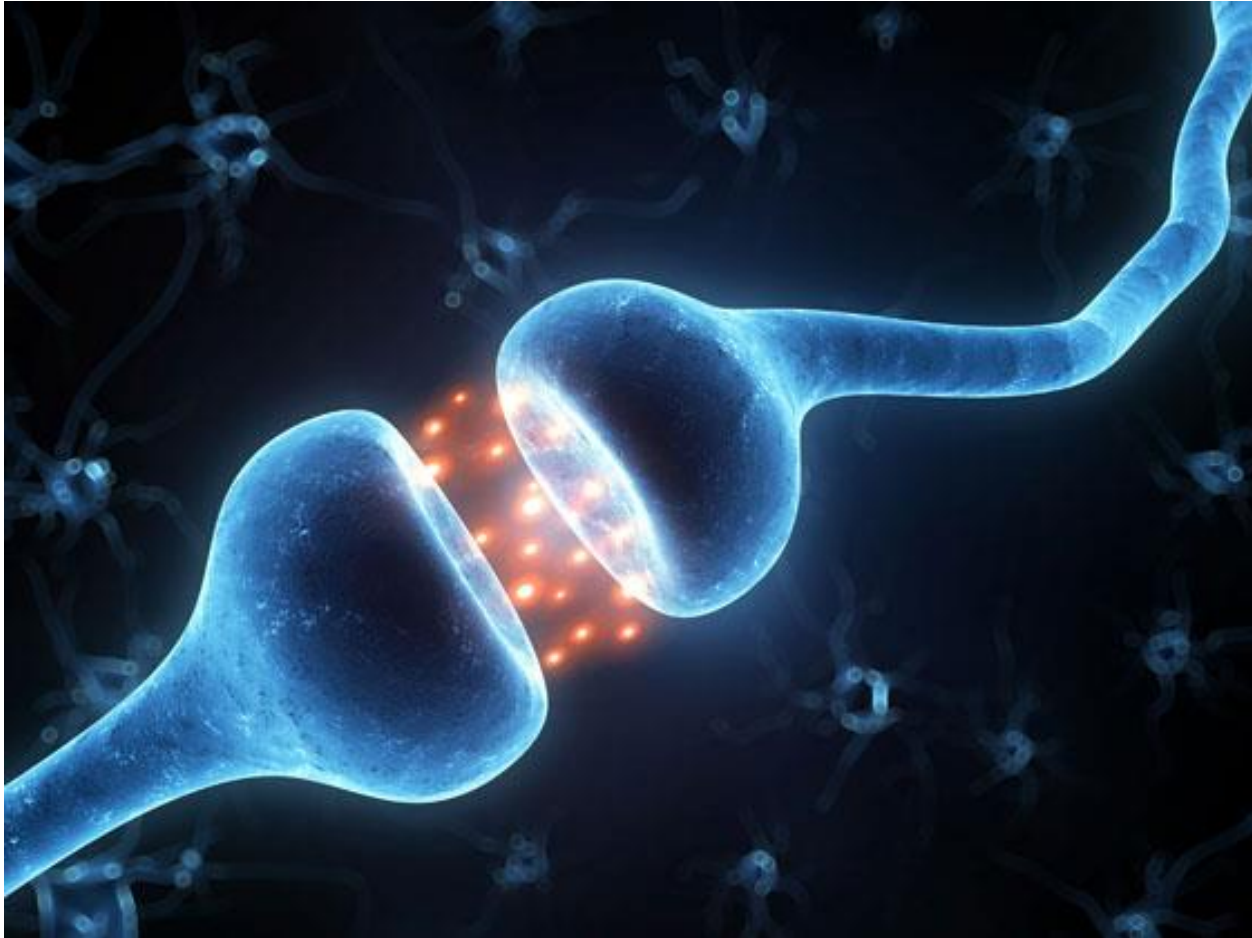
Miyelinli aksonda sıçrayan ileti



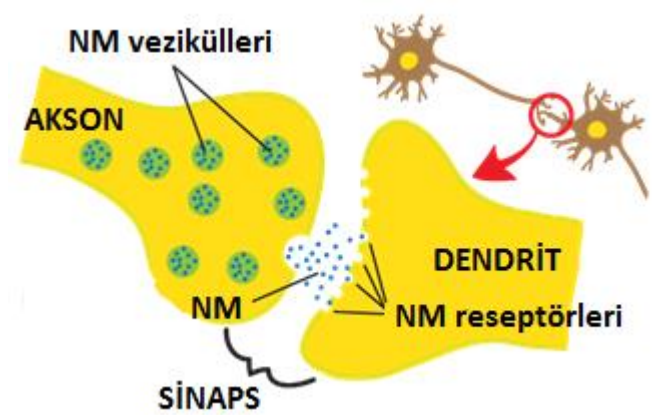
Sıçrayıcı ileti iki nedenle değerlidir:

1. Depolarizasyon sürecinin sinir lifi boyunca uzun aralarla atlaması miyelinli liflerde **iletim hızını 5-50 kat arttırır.**
2. **Aksonda enerjinin korunmasını sağlar,** çünkü sadece ranvier boğumlarını depolarize ederek normalde gerekli olabilecek iyon kaybını belki de 100 kat azaltır. Buna bağlı olarak zarın iki tarafındaki Na^+ ve K^+ konsantrasyon farkını yeniden sağlamak için pompa tarafından daha az enerji harcanmış olur.

SINAPS

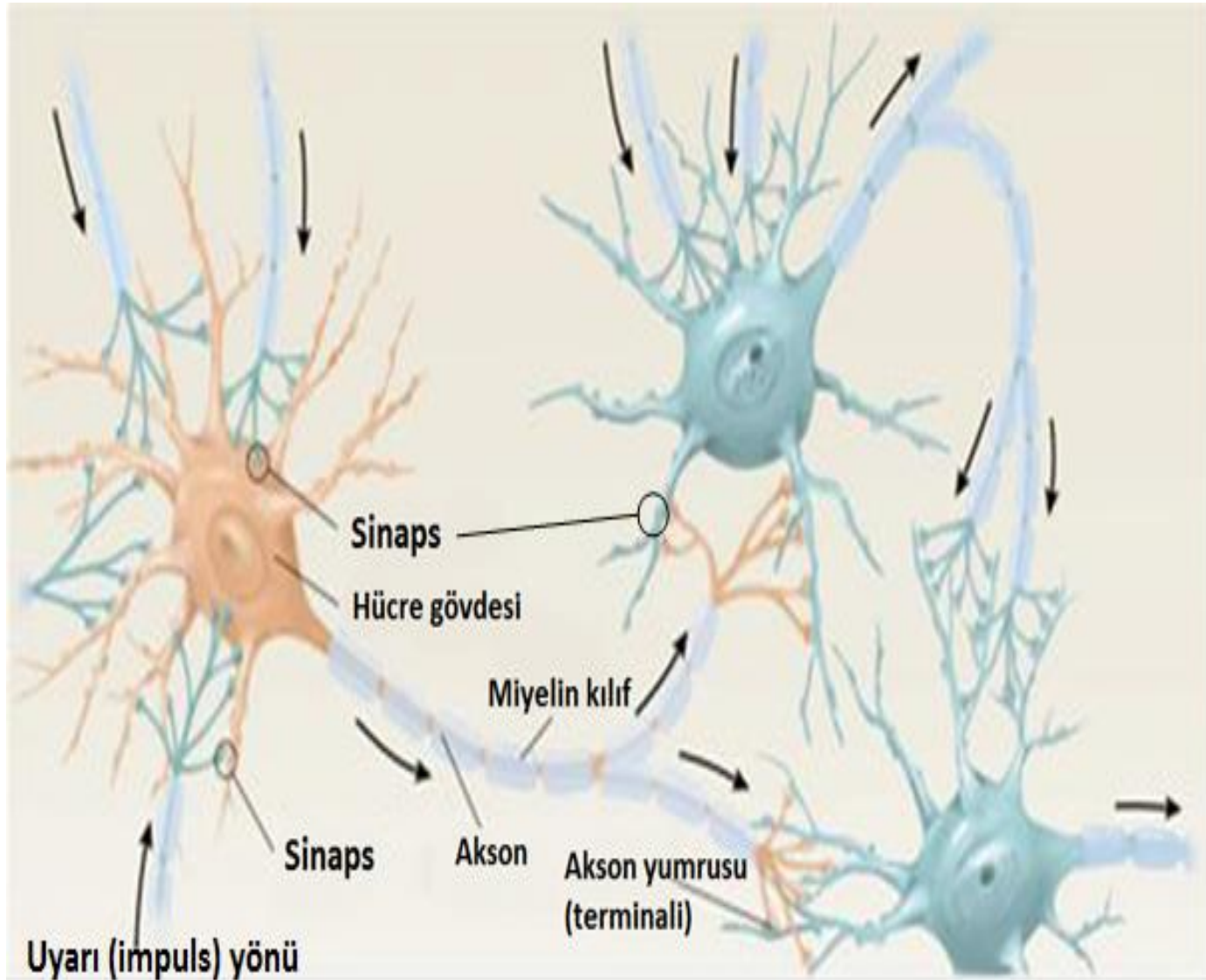


SİNAPSLAR



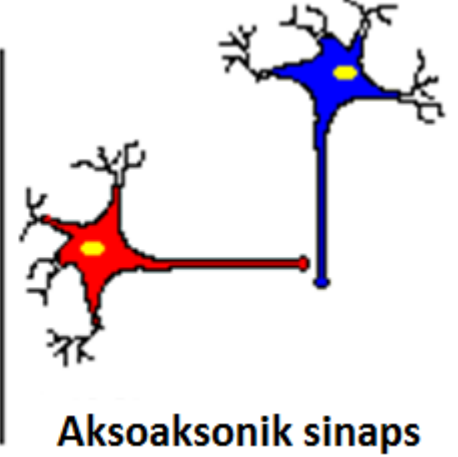
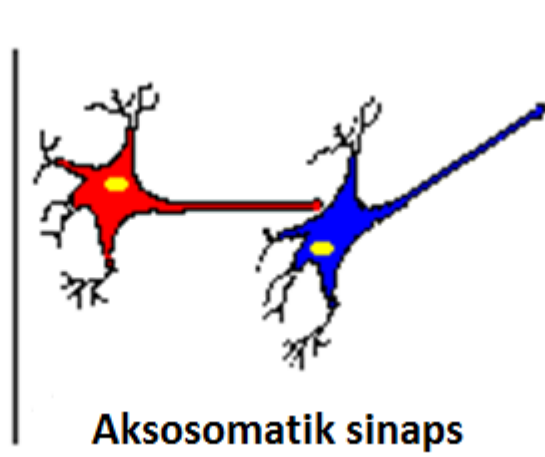
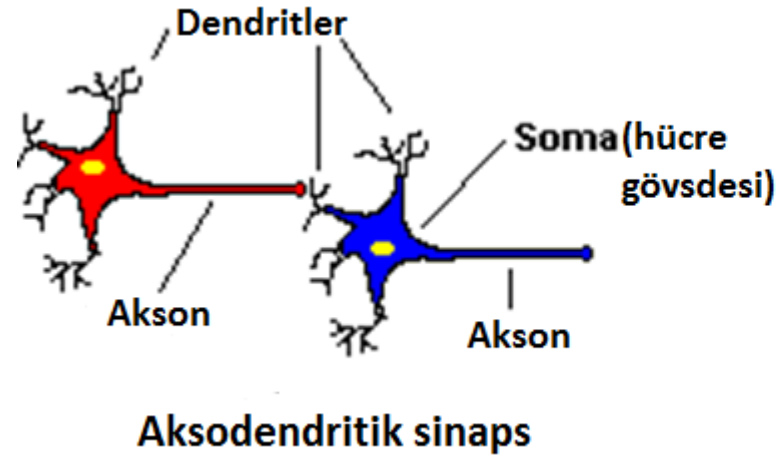
- **Sinaps**; iki nöronun birbiriyle bağlantı kurduğu ve impulsun bir nörondan diğer nörona geçirildiği ya da geçirilmediği (inhibe edildiği) bağlantı bölgesidir.
- Sinapslar nöronların birbiriyle konuştukları ve bilgi aktardıkları bölgelerdir.
- İmpulsun bir nörondan diğerine geçişi kimyasal madde (nörotransmitter) ile olan sinapslara **“kimyasal sinaps”**, doğrudan aksiyon potansiyeli (elektriksel aktivite) ile olan sinapslara da **“elektriksel sinaps”** denir.
- Sinapsa bilgiyi taşıyan nöron **“presinaptik (sinaps öncesi) nöron”**, gelen bilgiyi sinaps yoluyla alan nöron ise **“postsinaptik (sinaps sonrası) nöron”** olarak isimlendirilmektedir.
- **Kimyasal sinapslarda** presinaptik nöron ile postsinaptik nöronların birbiri ile bağlantı kurduğu sıvı dolu alana **“sinaptik aralık” (sinaptik yarık)** denir.

Sinaps



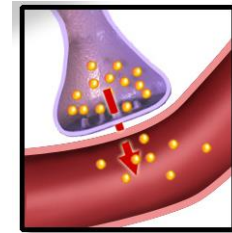
Sinaps tipleri

- **Aksodendritik:** Bir nöronun aksonu ile diğer nöronun dendriti arasındaki sinaps
- **Aksosomatik:** Bir nöronun aksonu ile diğer nöronun gövdesi (soma) arasındaki sinaps
- **Aksoaksonik:** Bir nöronun aksonu ile diğer nöronun aksonu arasındaki sinaps

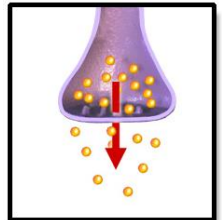


Başka sinaps türleri:

- **Dendrodendritik:** Dendrit ile dendrit arasında
- **Dendrosomatik:** Dendrit ile gövde arasında
- **Aksosinaptik:** Akson terminali ile diğer akson terminali arasında
- **Aksektrotorik:** Akson, nörotransmitteri direkt kan damarına salar.
- **Aksektstrasellüler:** Akson, nörotransmitteri direkt ekstrasellüler sıvıya salar.



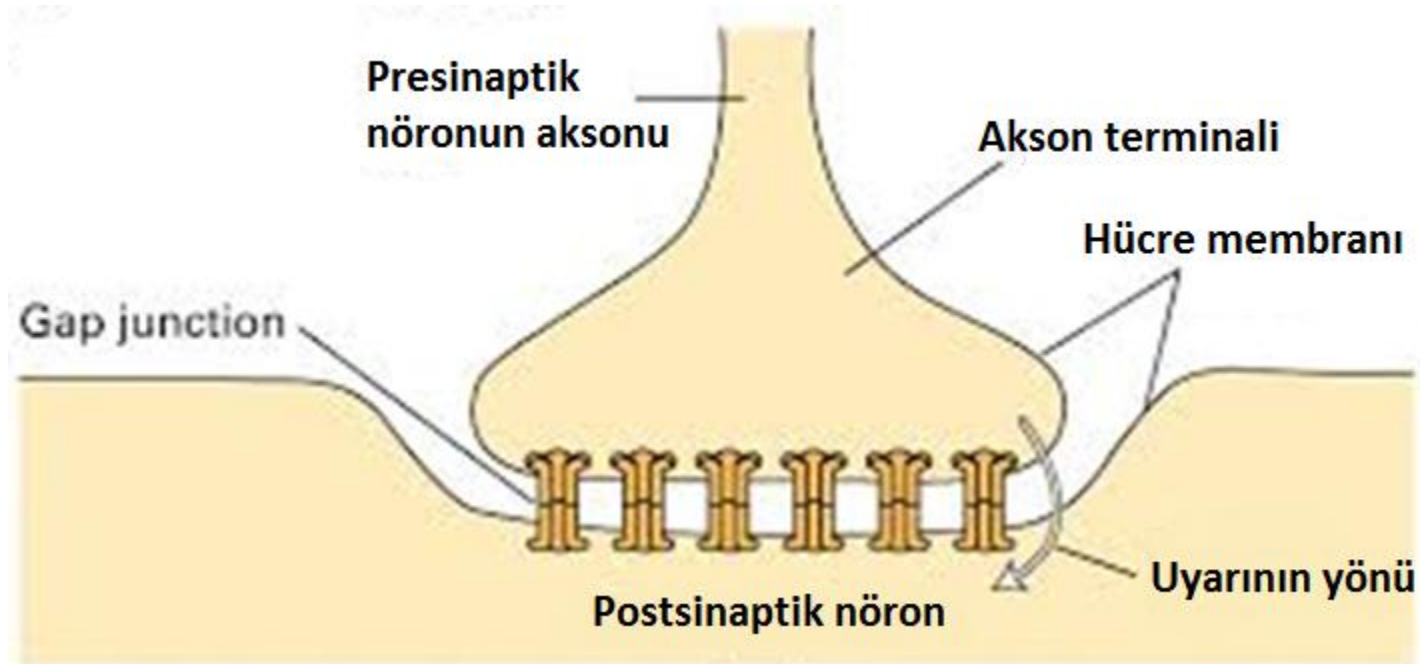
Aksektrotorik



Aksektstrasellüler

Elektriksel sinaps

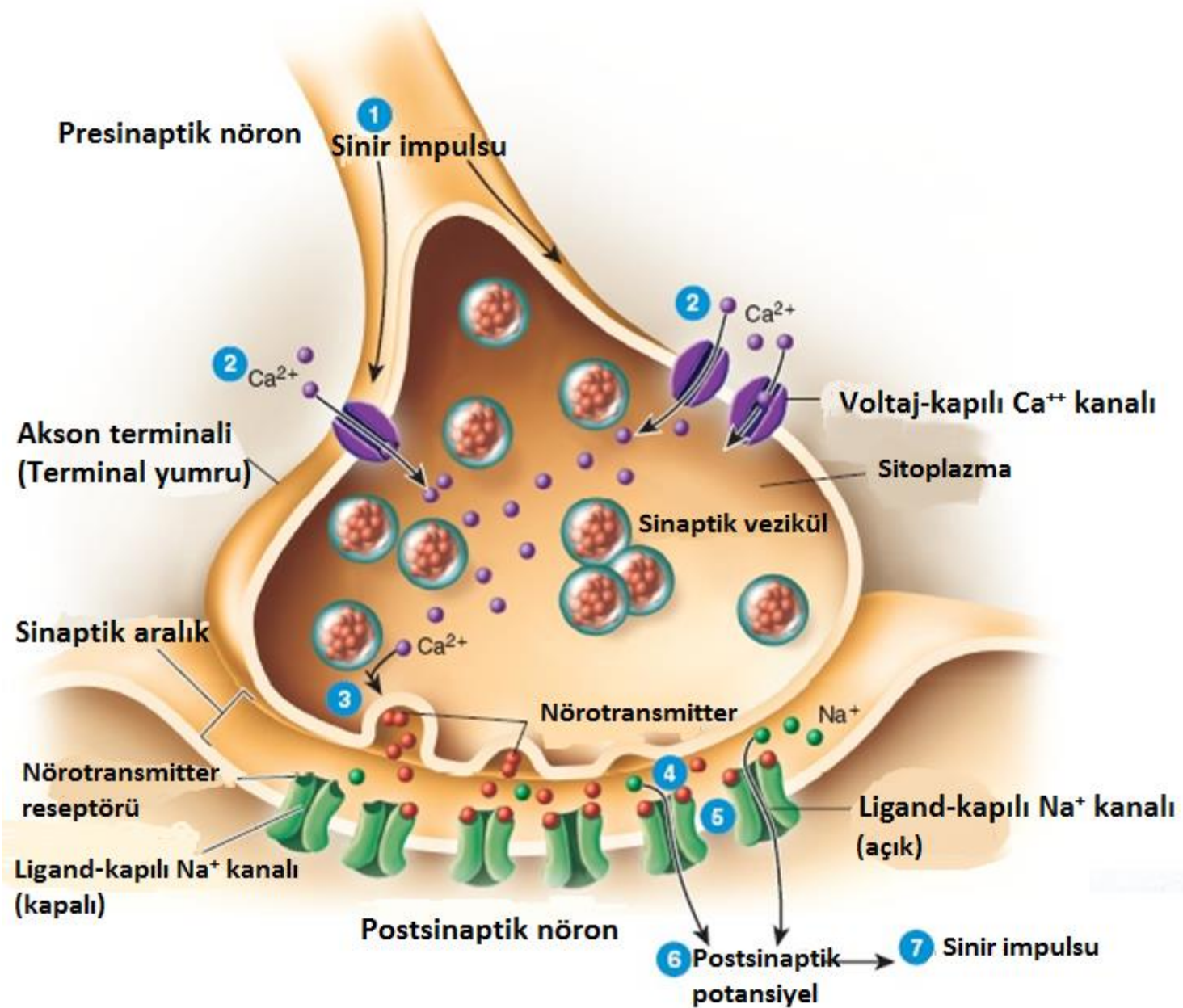
- Elektriksel sinapslarda, presinaptik ve postsinaptik nöronların zarları birbirlerine yakındır ve hücrelerin arasında iyonların kolay şekilde içinden geçebileceği **düşük dirençli köprüler (gap junction)** bulunur.
- Elektriksel sinapslarda uyarı **her iki yönde de** ilerleyebilir.



Kimyasal sinaps

- Kimyasal sinapslarda, presinaptik nörona gelen bilgi postsinaptik nörona **“nörotransmitter”** adı verilen aracı moleküller ile taşınmaktadır.
- Nörotransmitter maddeler, nöronların akson yumrularındaki kesecikler içerisinde depo edilir.
- İmpuls aksonal uca geldiğinde buradaki **voltaja duyarlı Ca^{++} kanallarının** açılmasına neden olur.
- Akson ucuna dışarıdan giren Ca^{++} akson yumrusundaki nörotransmitter keseciklerinin akson membranına yaklaşıp **kesecik zarının membran zarı ile birleşmesini sağlar.**
- **Nörotransmitterler sinaptik aralığa salınır.**
- Bilgiyi alacak olan postsinaptik nöronun dendritleri üzerinde bu nörotransmitterler için spesifik olan **‘reseptör’ü taşıyan ligand-kapılı Na^+ kanalları** bulunur. Nörotransmitterin reseptörüne bağlanması ile Na^+ kanalları açılır ve dışarıdan hücre içine Na^+ girişi olur.
- Hücre içinin pozitifleşmesi **voltaja duyarlı Na^+ kapılarının da açılmasına** neden olacak ve hücre hızla depolarize olacaktır.
- **Merkezi sinir sistemindeki sinapsların hemen tümü kimyasal sinapslardır.**

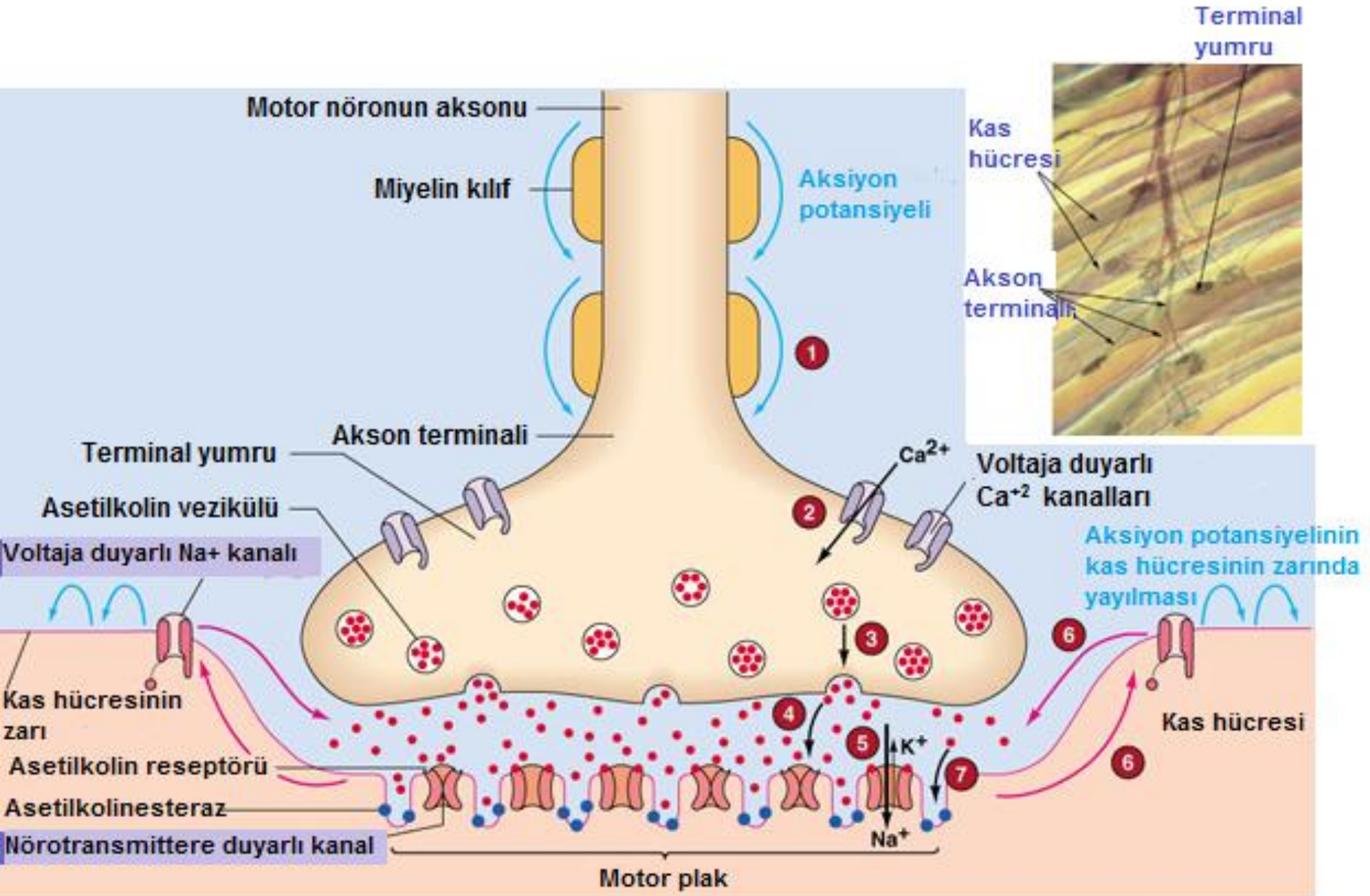
Kimyasal sinaps



Kimyasal sinapslarda 'tek yönlü' ileti

- Kimyasal sinapslar onları sinir sisteminin büyük kısmında sinyal iletiminde cazip kılan oldukça önemli bir özelliğe sahiptirler.
- Bu sinapslar sinyali daima tek bir yönde, yani presinaptik nöron denenen ve iletici maddeyi (nörotransmitter) salgılayan nöron dan postsinaptik nöron denenen ve iletici maddenin etki ettiği nörona doğru iletirler. Bu kimyasal sinapslarda **tek yönlü ileti ilkesidir**. Bu, sinyallerin özel amaçlarla yönlendirilmesine izin verir.

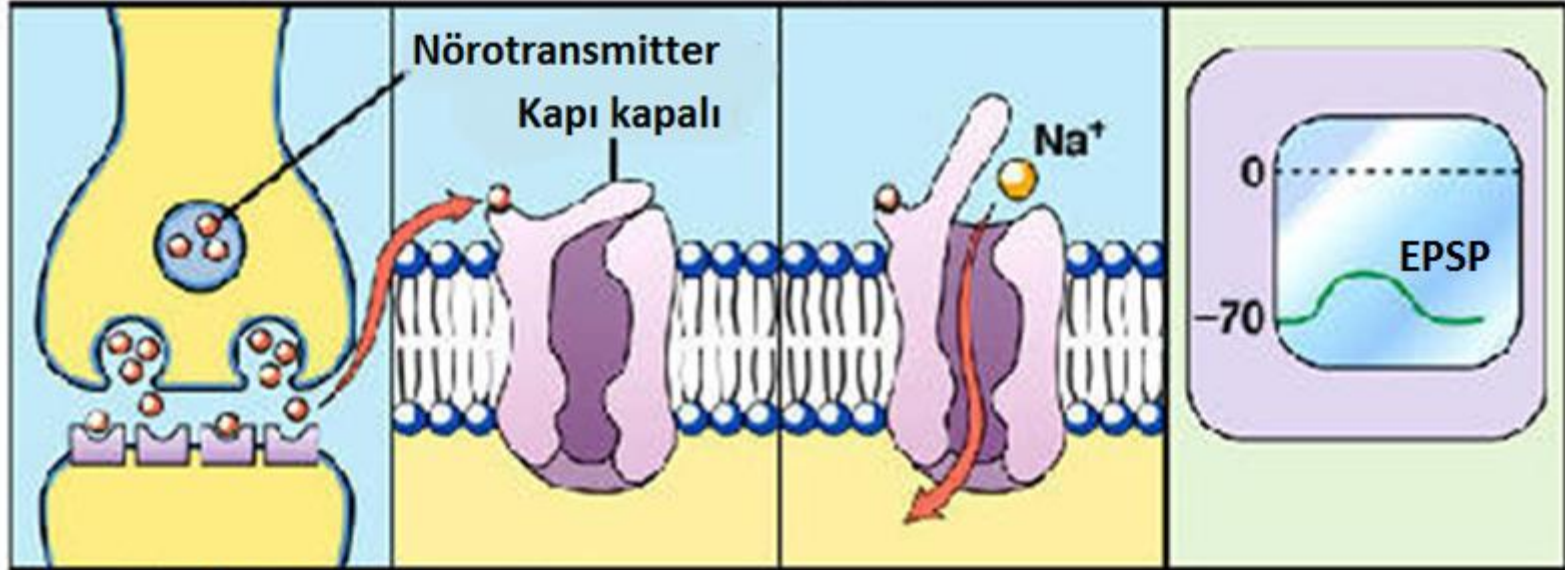
Sinir ve kas arasındaki sinaps: Nöromusküler kavşak



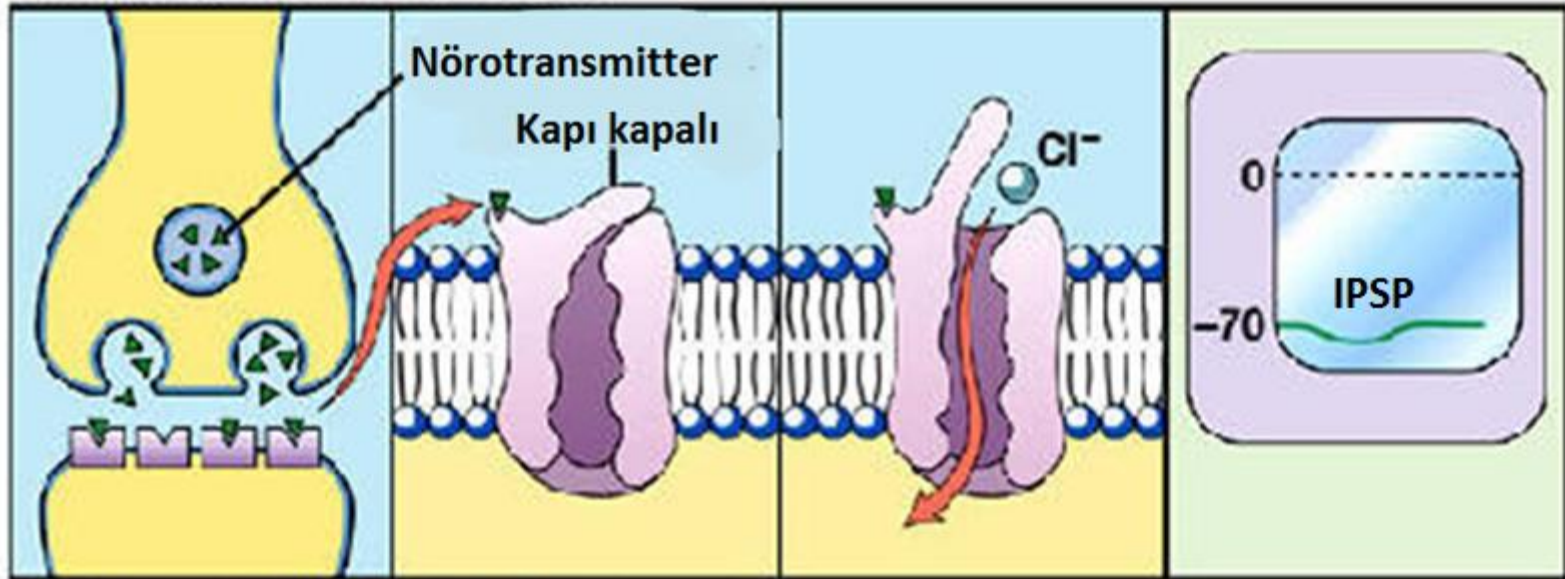
Uyarıcı ve inhibe edici sinapslar

- Sinir sisteminde her impulsa her yol açık değildir. Ancak gereken yollar açılır, gerekmeyenler kapatılır (inhibe edilir). O halde her sinapta impuls postsinaptik nörona geçirilmez. İmpulsu geçiren sinapsa "**uyarıcı sinaps**", geçirmeyene "**inhibe edici sinaps**" (impulsu geçirmeyen, önleyen, durduran sinaps) denir.
 - Uyarıcı sinapslarda '**uyarıcı nörotransmitter**' (adrenalin, noradrenalin, asetilkolin gibi) reseptörüne bağlanınca postsinaptik membrana Na^+ girişini arttırır. İçeri giren Na^+ bu nöronda '**egzite edici (uyarıcı) postsinaptik potansiyel**' (EPSP) yaratır, bu ise nöronda aksiyon potansiyelinin oluşmasını kolaylaştırır. EPSP'lerin bir araya gelmesi nöronda aksiyon potansiyeli oluşumunu sağlar.
 - İnhibe edici sinapslarda '**inhibe edici nörotransmitter**' (GABA, glisin gibi) reseptörüne bağlanınca postsinaptik membrana Cl^- girişini veya postsinaptik membrandan K^+ çıkışını arttırır. Bu ise hücre içini dışına göre daha negatif (hiperpolarize) hale getirerek postsinaptik nöronda '**inhibitorik postsinaptik potansiyel**' (IPSP) yaratır, bu ise aksiyon potansiyelinin oluşmasını güçleştirir.

Uyarıcı ve inhibe edici sinapslar

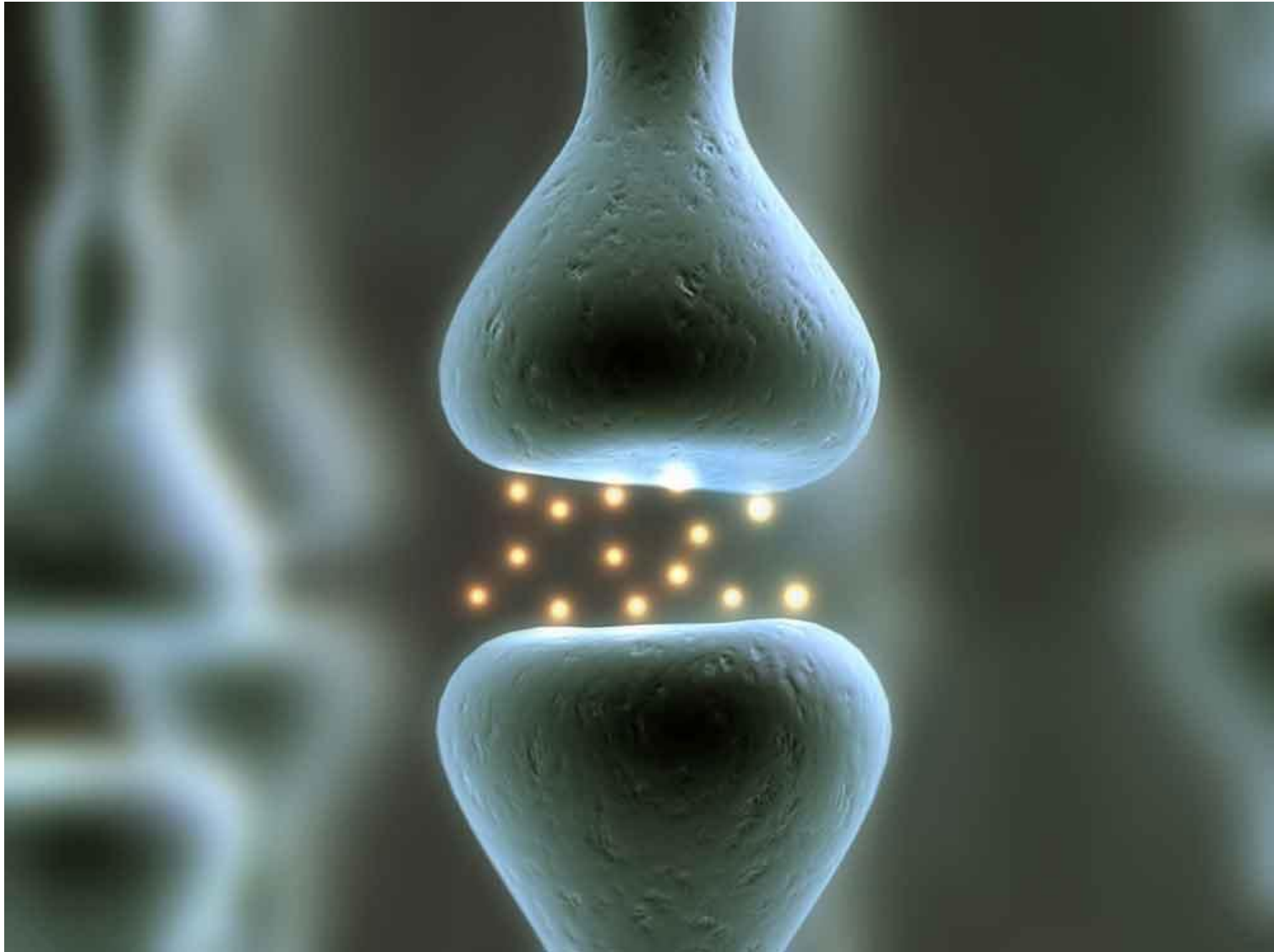


Uyarıcı sinaps

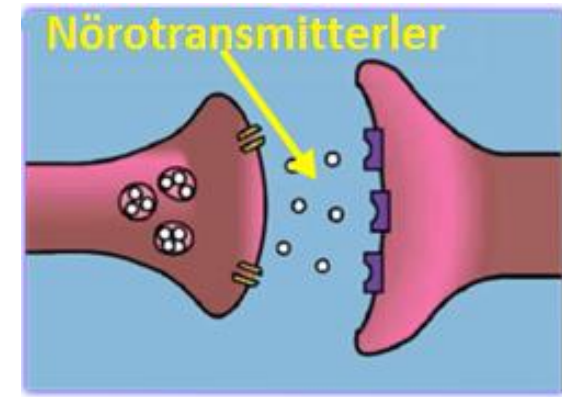


İnhibe edici (önleyen) sinaps

NÖROTRANSMİTTERLER



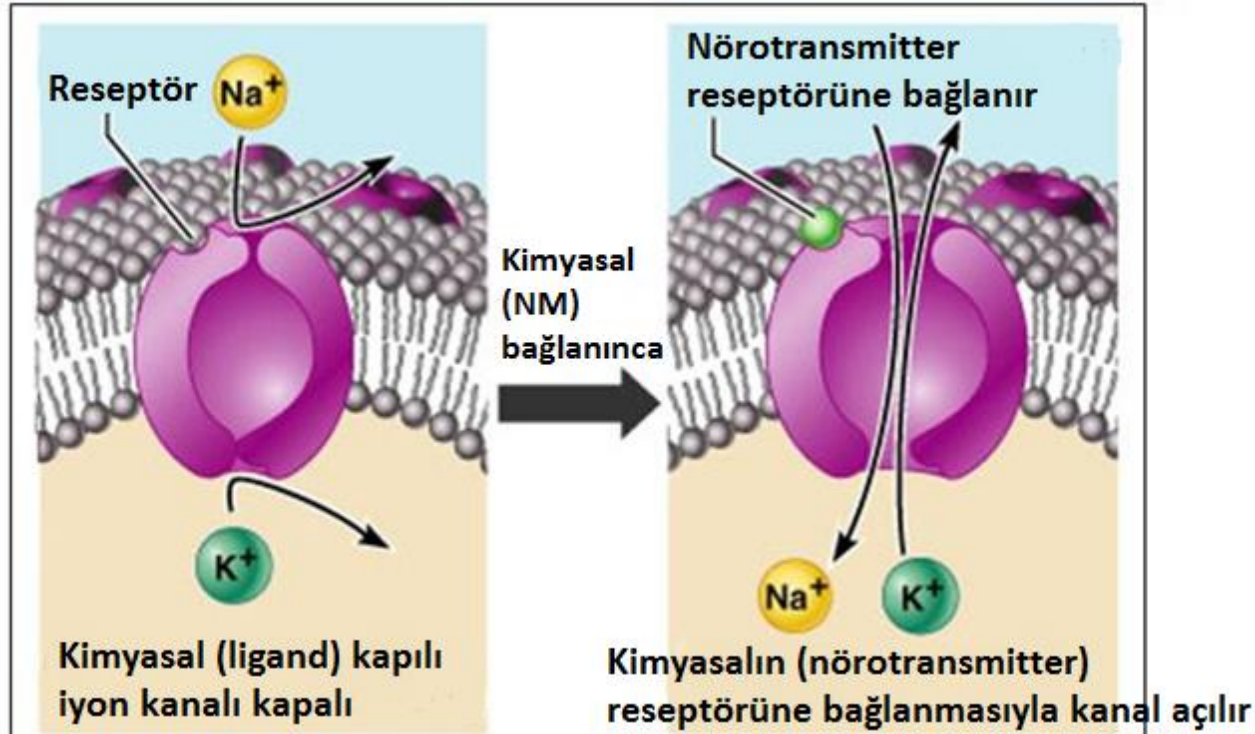
Nörotransmitterler: Sinapslardaki kimyasal haberciler



- Bir maddenin nörotransmitter olarak sınıflandırılabilmesi için;
 - **Presinaptik nöron içinde bulunmalı ve sentez edilebilmelidir,**
 - **Presinaptik nöron uyarıldığı zaman salgılanmalı ve postsinaptik nöronu veya efektör organı özgül bir reseptöre bağlanarak etkileyebilmelidir,**
 - **Görevini yaptıktan sonra, etkisini ortadan kaldıracak bir mekanizma bulunmalıdır,**
 - **Dışardan uygun konsantrasyonlarda verildiğinde endojen transmitterin etkilerini taklit edebilmelidir.**
 - **Etkileri ilaçlarla değiştirilebilmelidir.**

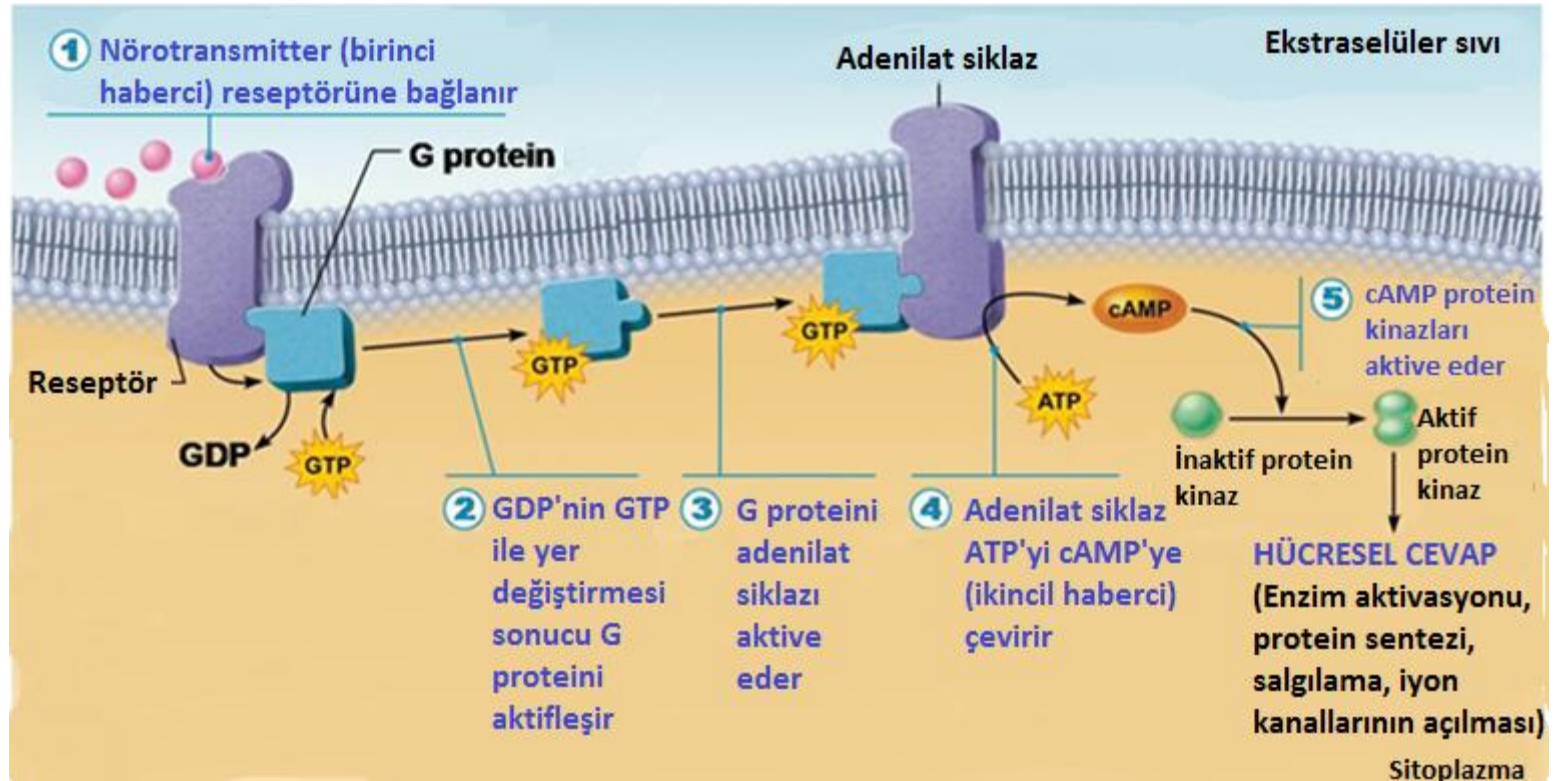
Nörotransmitterlerin etki biçimleri

1. **Doğrudan etki:** Hücre membranının geçirgenliğini bir veya birkaç iyon karşılığında değiştirir.
- Hızlı, kısa, basit ve lokal etki
 - NM reseptöre bağlanır, iyon kanalı açılır ve iyon hücre içine girer.
 - Eksitatorler membranı depolarize ederken inhibitörler hiperpolarize eder.
 - Ör: **Asetilkolin** ve **amino asit yapıdaki NM'ler** (glutamat, GABA gibi)

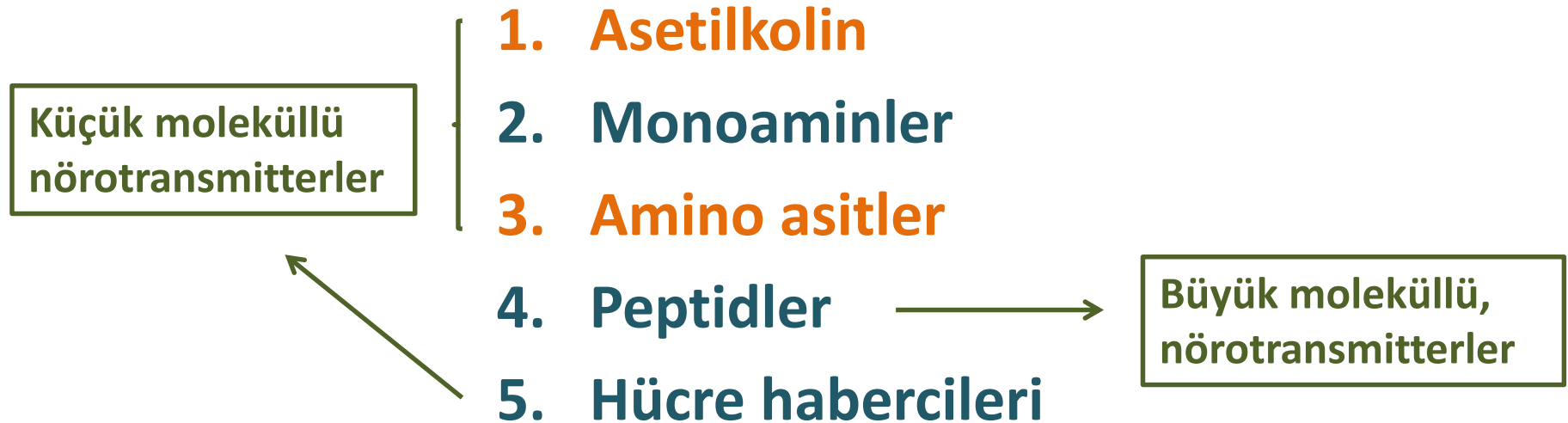


2. Dolaylı etki: Hücre içi **ikincil haberciler** yoluyla oluşur.

- Yavaş, kompleks ve daha uzun süreli etki
- Transmembran bir protein olan NM reseptörü, alt tarafta **G proteinine** bağlıdır. G proteini ise bir adet **GDP** (guanozin difosfat) bağlamış halde bulunur.
- **NM (birinci haberci)**, reseptörüne bağlanınca G proteinine bağlı olan GDP, **GTP** (guanozin trifosfat) ile yer değiştirir. Böylelikle G proteini aktif hale gelir.
- Aktifleşen G proteini hücre membranına bağlı bir enzim olan **adenilat siklazı** aktifleştirir.
- Adenilat siklaz ise ATP'den **cAMP** (siklik AMP) oluşturur.
- **İkinci haberci olarak iş gören cAMP** hücresel cevabı oluşturur.
- Ör: **Monoamin ve peptid yapıdaki NM'ler ve hücre habercileri**



Nörotransmitterlerin kimyasal sınıflandırması

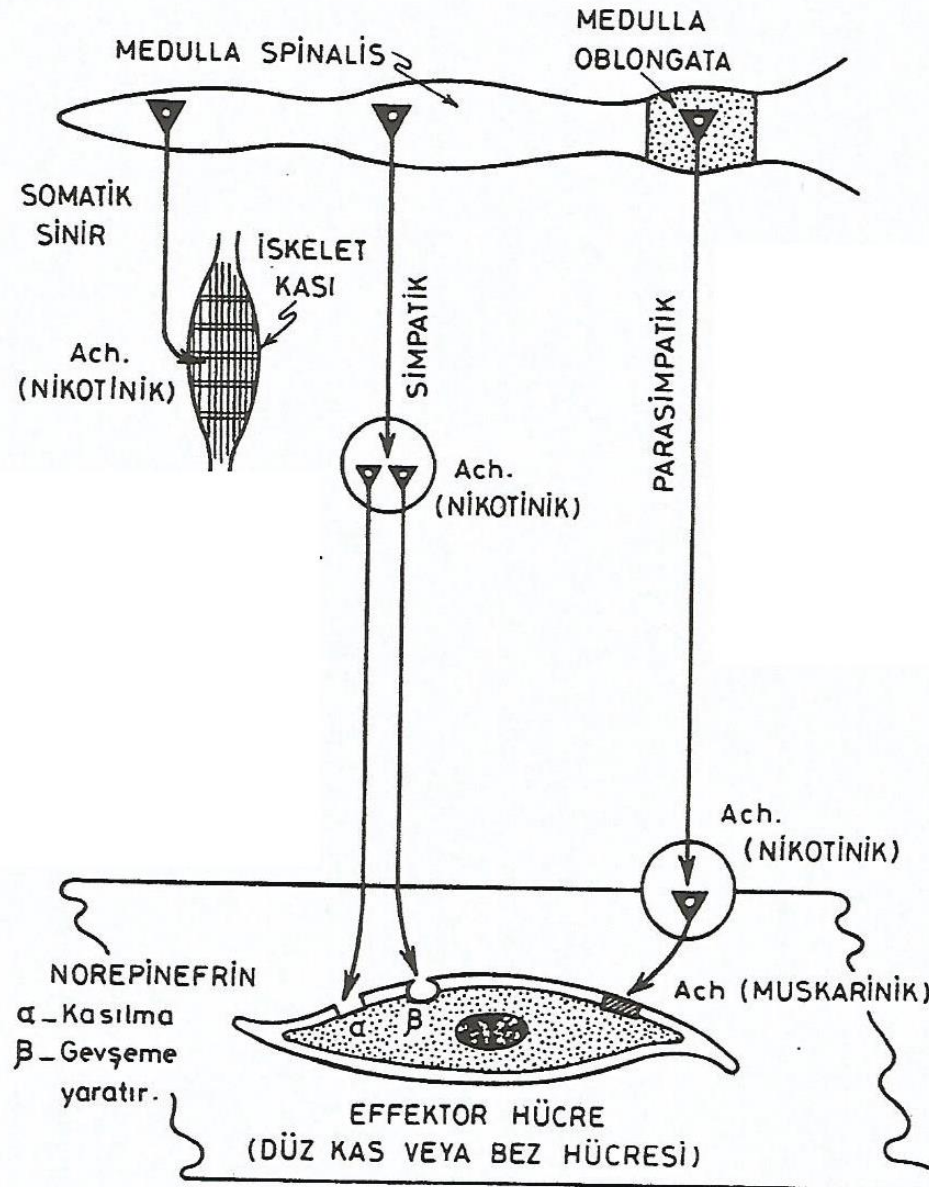


- **Asetilkolin ve amino asit yapıdaki NM'ler** ➡ Hücre membranının geçirgenliğini değiştirerek etki ederler (doğrudan, hızlı etkili).
- **Monoaminler, peptid yapıdaki NM'ler ve hücre habercileri** ➡ Reseptör proteinin hücre içine bakan ucuna bağlı bir proteini aktive veya inaktive ederler (dolaylı, yavaş etkili).

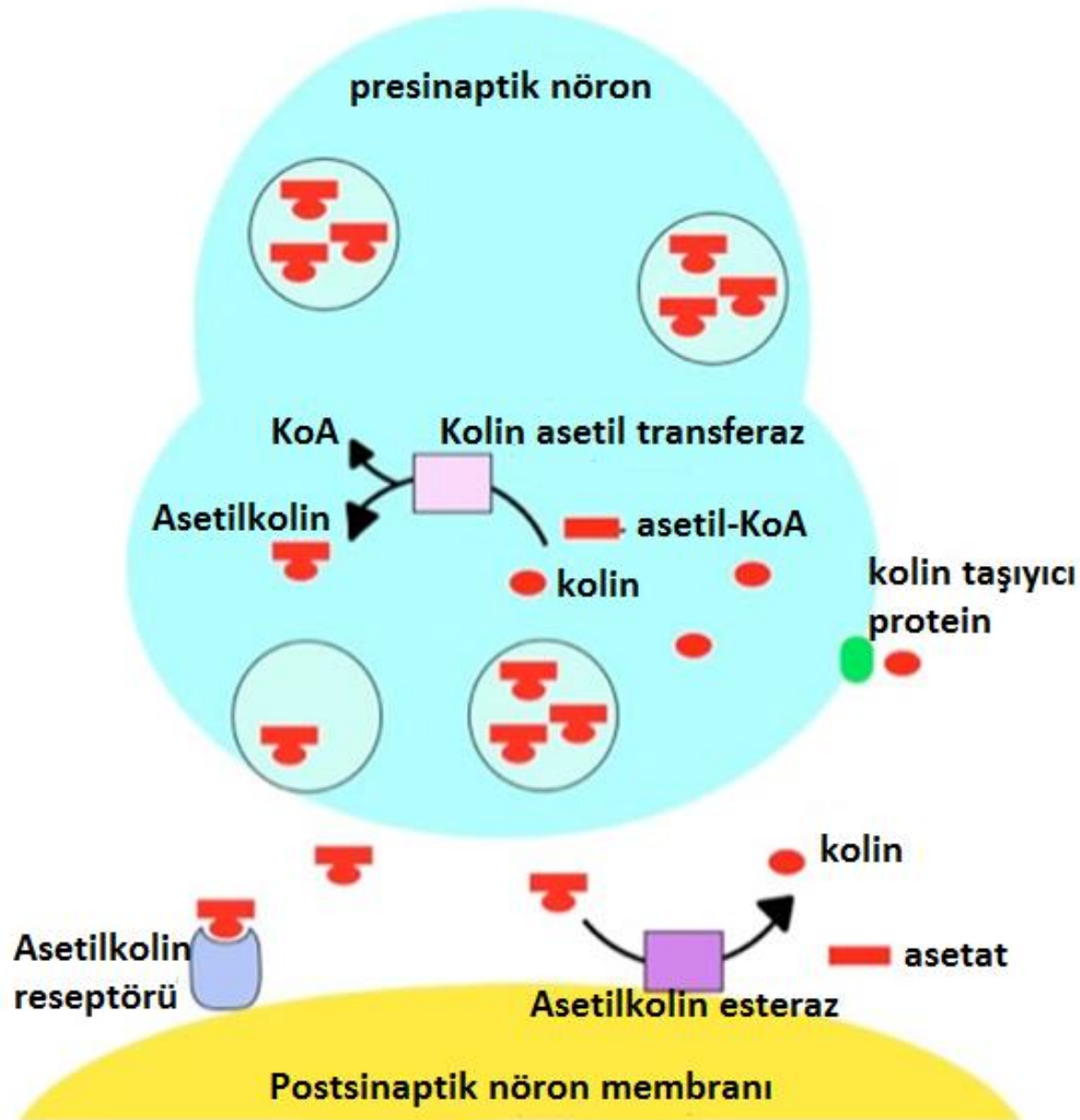
1. Asetilkolin

- İlk bulunan ve en iyi anlaşılan nörotransmitterdir.
- Genel olarak **eksitator (uyarıcı)** bir nörotransmitterdir.
- Nörotransmitter olarak asetilkolin salgılayan nöronlara '**kolinerjik nöronlar**' denir.
 - **İskelet kaslarını uyan** bütün nöronlar
 - **Otonom sinir sisteminin** bazı nöronları
 - **Düz kas ve bez hücrelerini** uyan nöronlar (**parasempatik** nöronlar)
- Asetilkolinin bağlandığı reseptörlere '**kolinerjik reseptörler**' denir. Kolinerjik reseptörler ikiye ayrılır:
 - **Nikotinik reseptör:** İskelet kasında ve otonom sinir sisteminin gangliyonlarında
 - **Muskarinik reseptör:** Düz kas ve bez hücrelerinde
- **Akson terminalinde sentezlenir**, salınır.
- Postsinaptik membranın **iyon geçirgenliğini değiştirerek (doğrudan) etki** eder.
- Görevini tamamladıktan sonra postsinaptik nöronun zarında bulunan **asetilkolin esteraz** ile kolin ve asetata yıkımlanır.

Kolinerjik reseptörler



Asetilkolinin sinaptik aralıktan uzaklaştırılması

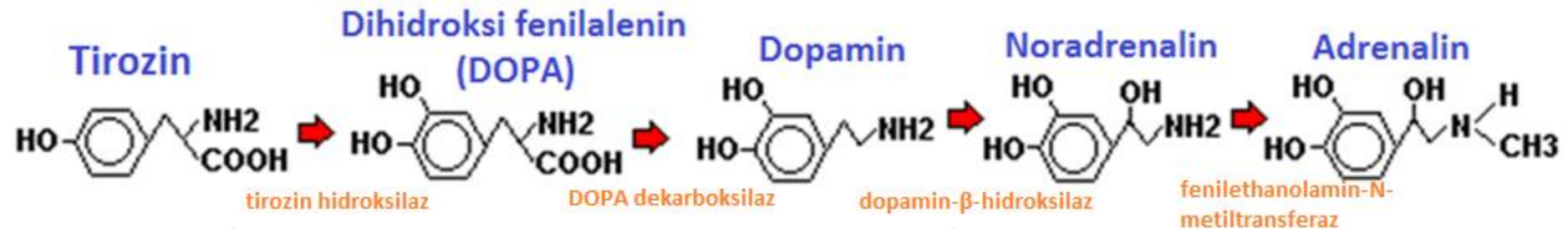


2. Monoaminler (Biyolojik aminler)

Katekolaminler

- Dopamin
- Noradrenalin (norepinefrin)
- Adrenalin (epinefrin)
- Serotonin
- Histamin

➤ **Katekolaminlerin sentezi:** Hepsi **tirozin** aminoasitinden köken alan ortak bir yolu paylaşır.

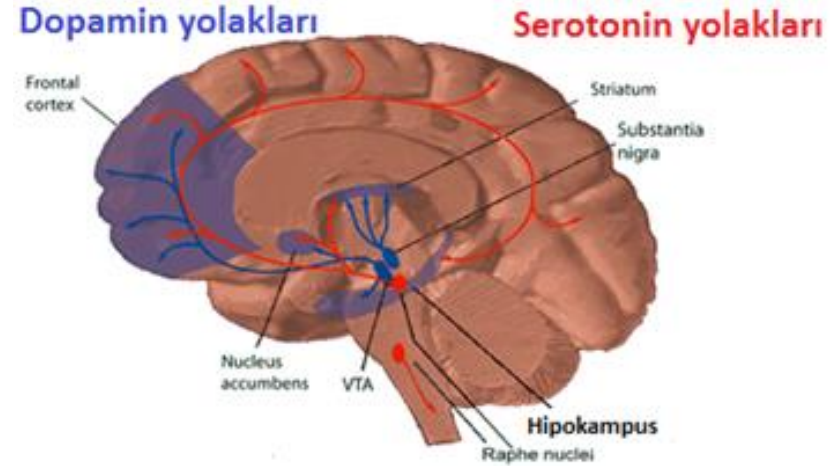


➤ **Serotonin** **triptofan** aminoasitinden köken alır.

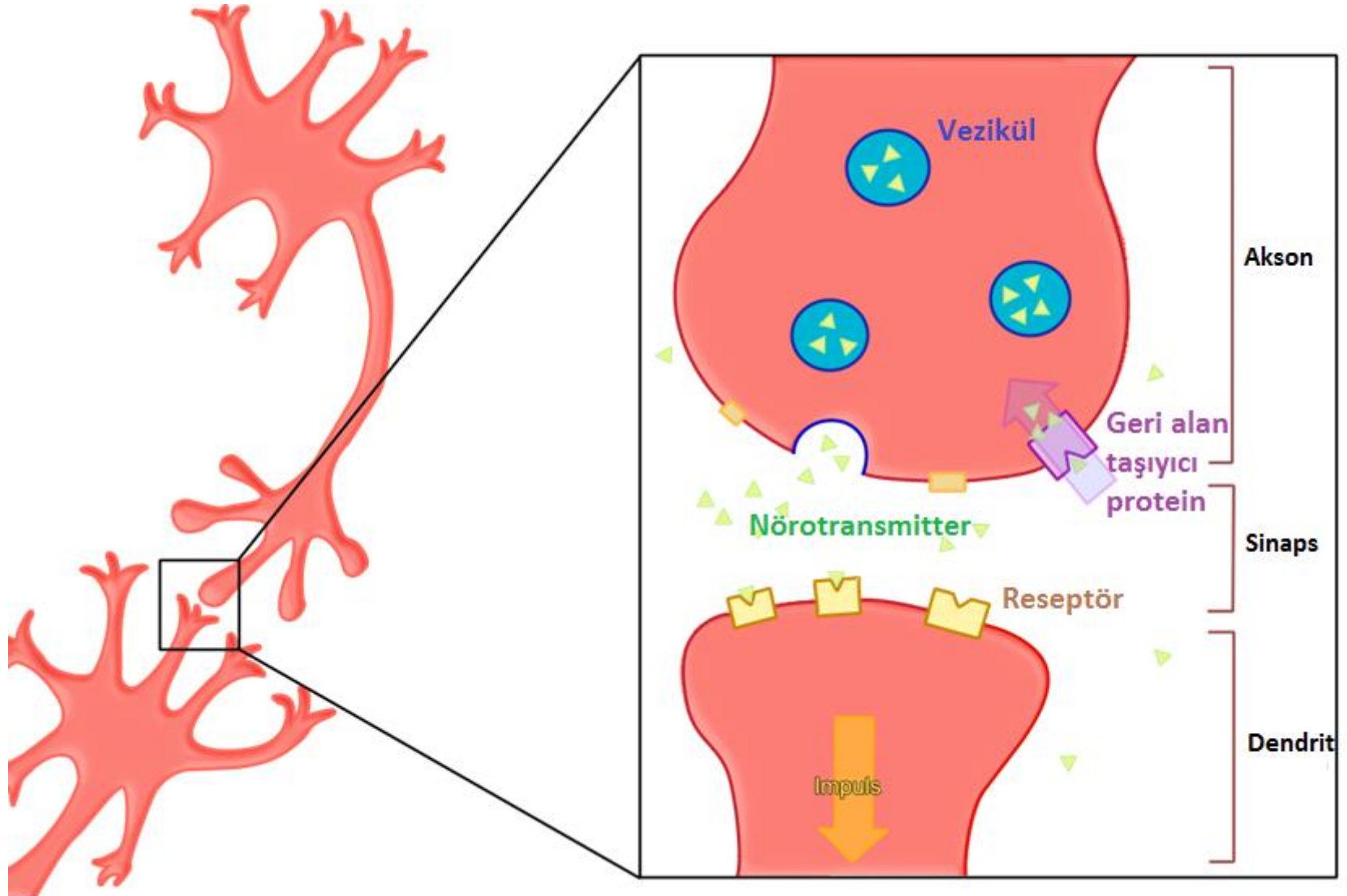
➤ **Histamin** ise **histidin** amino asitinden köken alır.

Monoaminlerin işlevleri

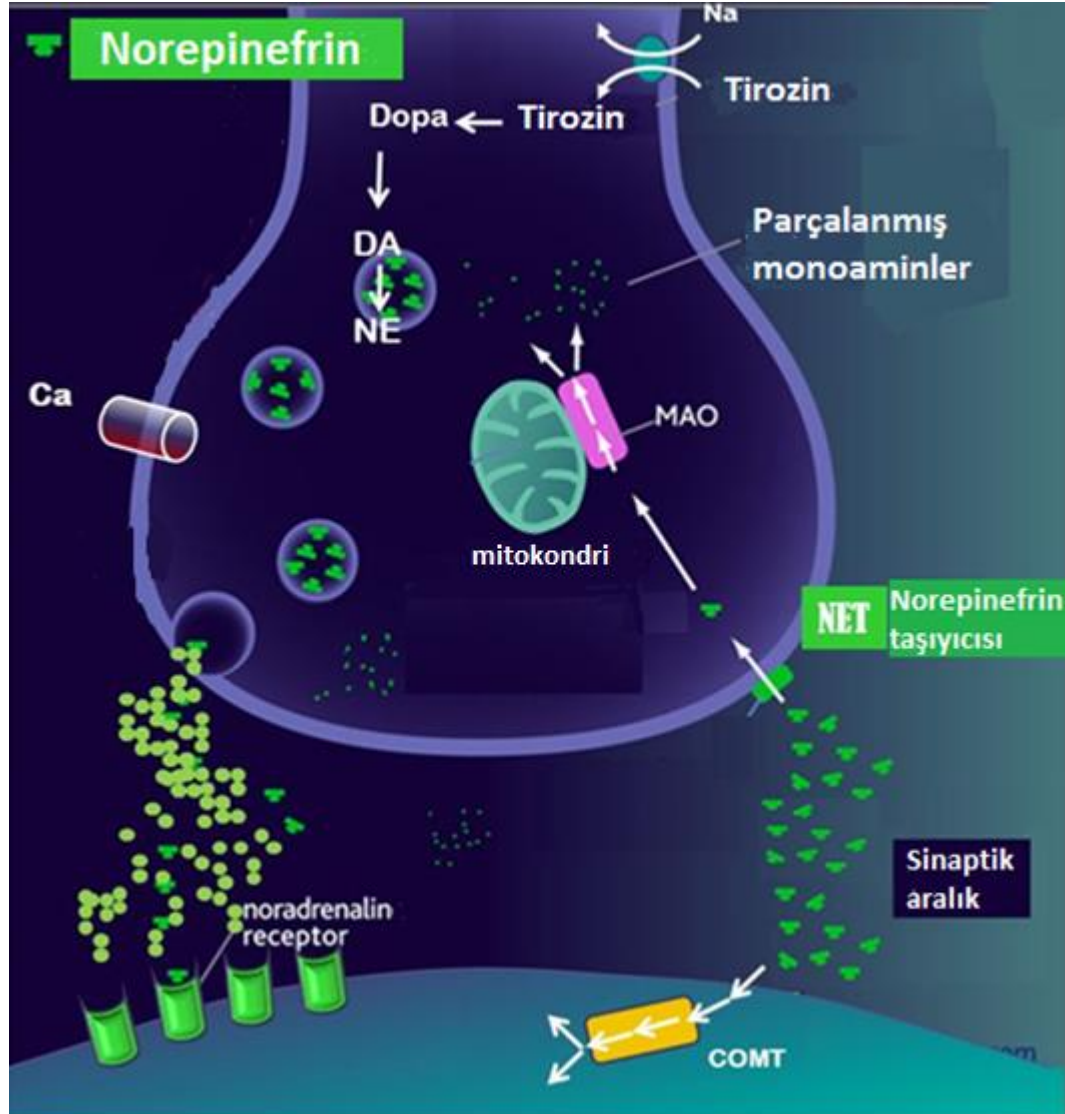
- **Noradrenalin** **sempatik sistemdeki** nöronlar için birincil nörotransmitterdir.
- **Serotonin** ve **histaminin** **gastrointestinal kanalda** reseptörleri vardır.
- **Monoaminler beyinde** yaygın olarak bulunurlar. **Duygusal davranışların** ve **biyolojik saatin** oluşmasında rol oynarlar.



Monoaminlerin sinaptik aralıktan uzaklaştırılması



Monoaminlerin sinaptik aralıktan uzaklaştırılması



Monoaminleri yıkımlayan enzimler:

- **MAO:** monoaminoksidaz
- **COMT:** catechol-O-methyl transferaz

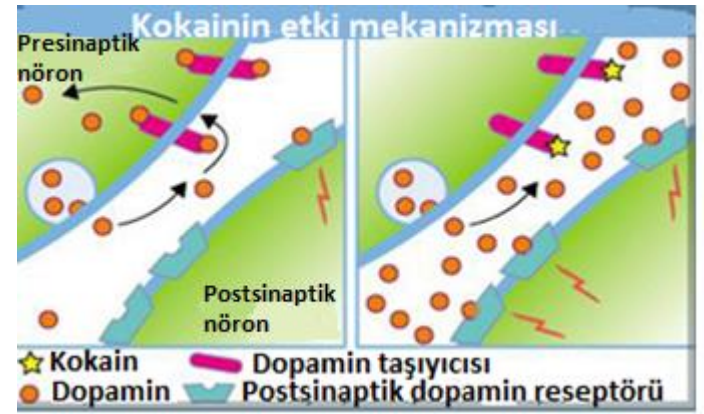
Sinaptik aralığa salınan ve görevini tamamlayan monoaminler;

- Bir kısmı **presinaptik nörona (taşıyıcı ile) tekrar alınarak, MAO** ile yıkımlanır.
- Bir kısmı da **sinaptik aralıkta ya da postsinaptik membranda bulunan COMT** ile yıkımlanır.

Depresyon



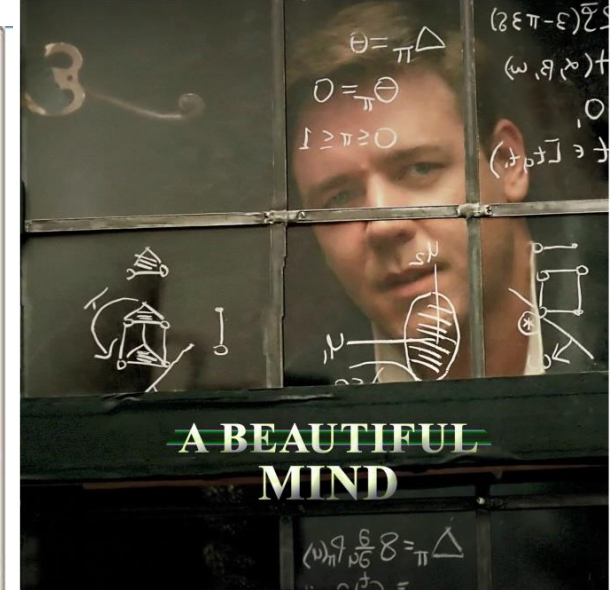
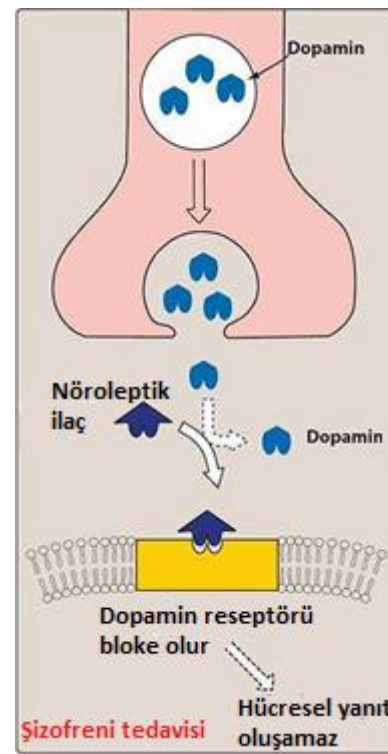
- **Noradrenalin, dopamin:** Memnuniyet, ödüllendirilmiş gibi hissetme
- **Serotonin:** Öfke ve agresyonu baskılıma
- **MSS'de serotonin, noradrenalin ve dopamin eksikliği** depresyona neden olur.
 - İsteksizlik, uyuşukluk, olumsuzluk, başarısızlık, mutsuzluk, iştahsızlık, ümitsizlik, bitkinlik
- **Anti-depresan ilaçlar** (efedrin, amfetamin, prozac vb.)
 - Serotonin, dopamin, noradrenalin salınımı artırırılar
 - Serotonin, dopamin, noradrenalin geri-alımını inhibe ederler
 - MAO inhibitörleri
- **Kokain**
 - Dopamin geri-alımını inhibe eder.



Şizofreni

- Dopamin ↑ fazla salınması

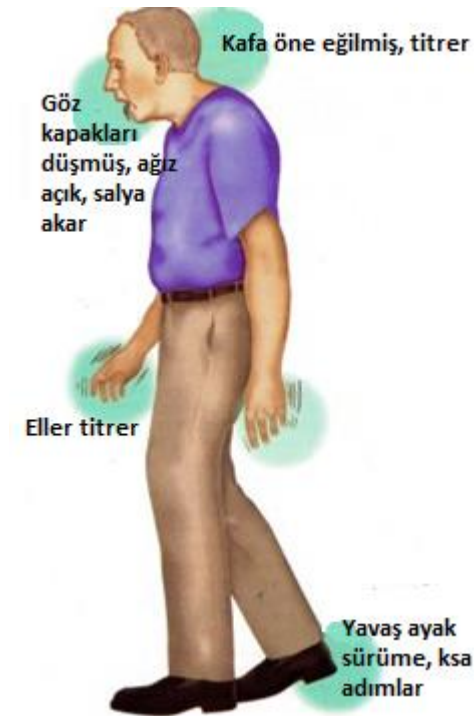
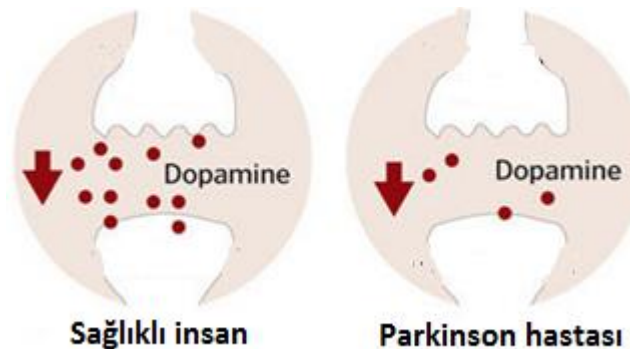
↓
Şizofreni



Parkinson hastalığı

- Dopamin ↓ az salınması

Parkinson hastalığı



- **Substantia nigra'da bulunan nucleus caudatus'u uyararak kas hareketlerinin uyumunu sağlayan dopaminerjik nöronların dejenerasyonu sonucu oluşur.**

3. Aminoasit yapısındaki NM'ler

Eksitatör	• Aspartat • Glutamat
Inhibitör	• GABA (Gama amino bütirik asit) • Glisin

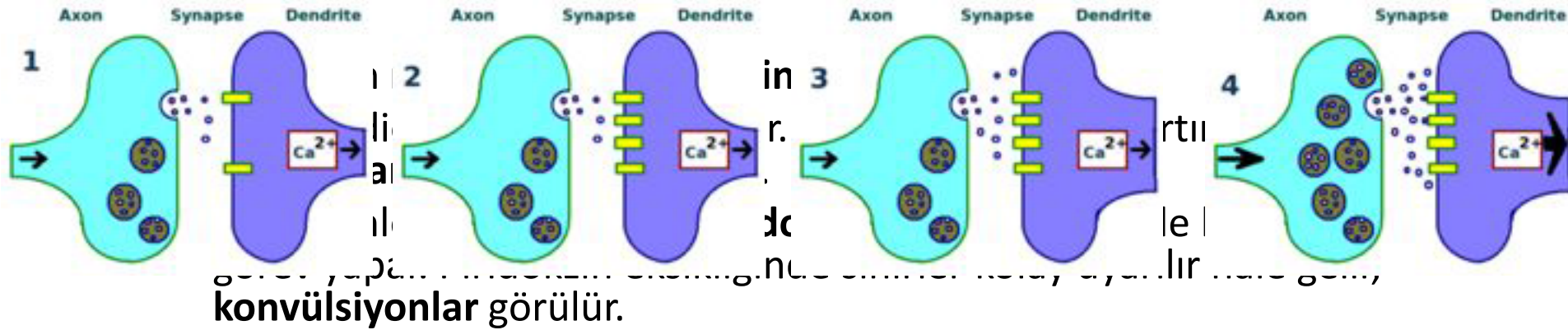
❖ Sadece merkezi sinir sisteminde bulunurlar.

- Postsinaptik membranın **iyon geçirgenliğini değiştirerek (doğrudan) etki** ederler.

Amino asit NM'lerin görevleri

• Glutamat

- Merkezi sinir sisteminin en yaygın **egzite edici** nörotransmitteridir.
- Beyindeki iletinin %75'inden sorumludur.
- **Öğrenme** ve **bellek** oluşumunda görev almaktadır.

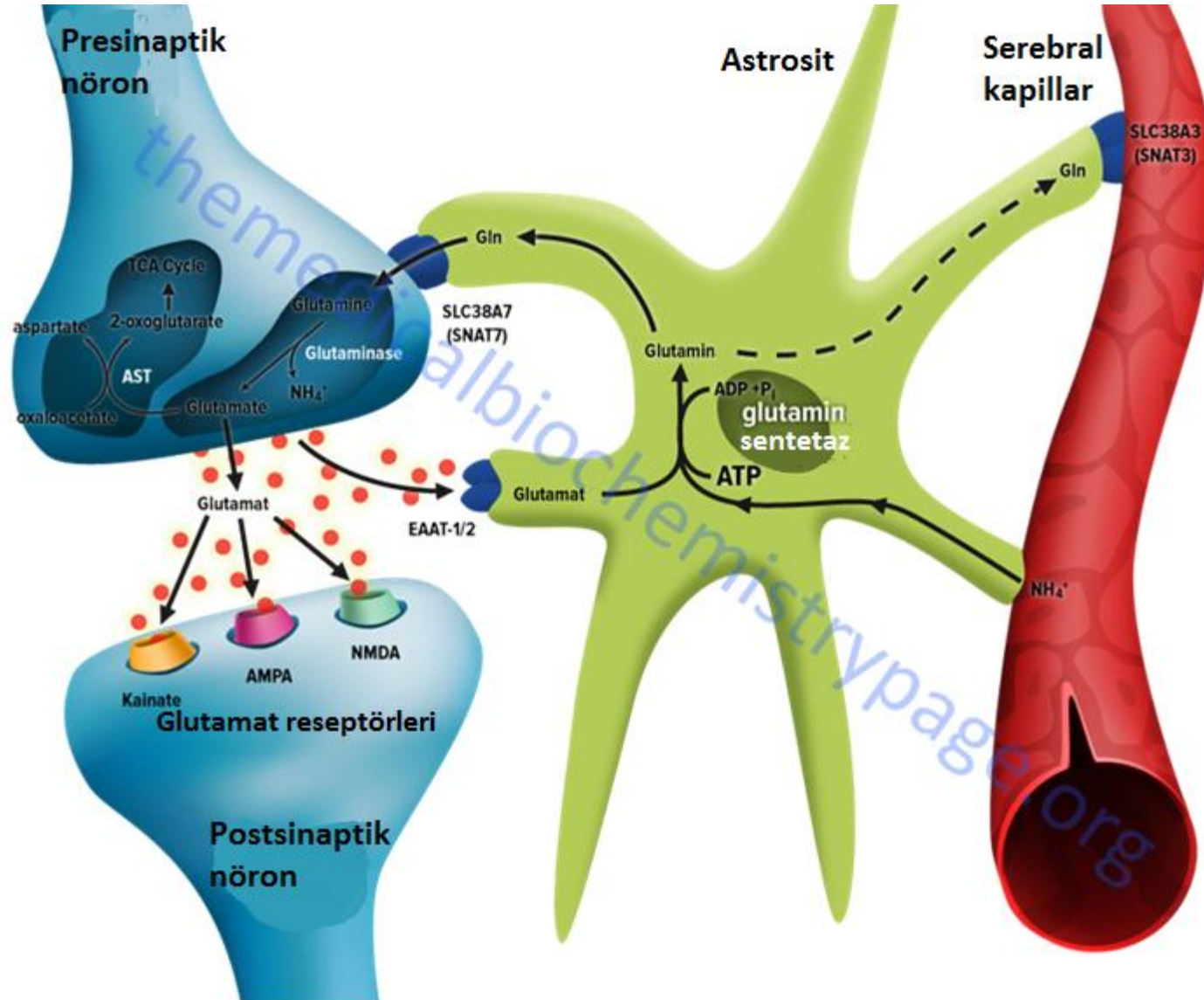


- **Sedatif ve anestezi etkili ilaçların** çoğu postsinaptik GABA reseptörlerini uzun süre açık tutarak GABA etkisini arttırırlar.

• Glisin

- Omirilikteki nöronların **inhibe edici** nörotransmitteridir.
- İnhibe edici sinapslarda bulunur. Hücreye **Cl^- girişini** artırarak **hiperpolarizasyona** neden olur.
- **Striknin** ve **tetanoz toksini** glisini inhibe eder. Tüm vücut kasılı kalır.

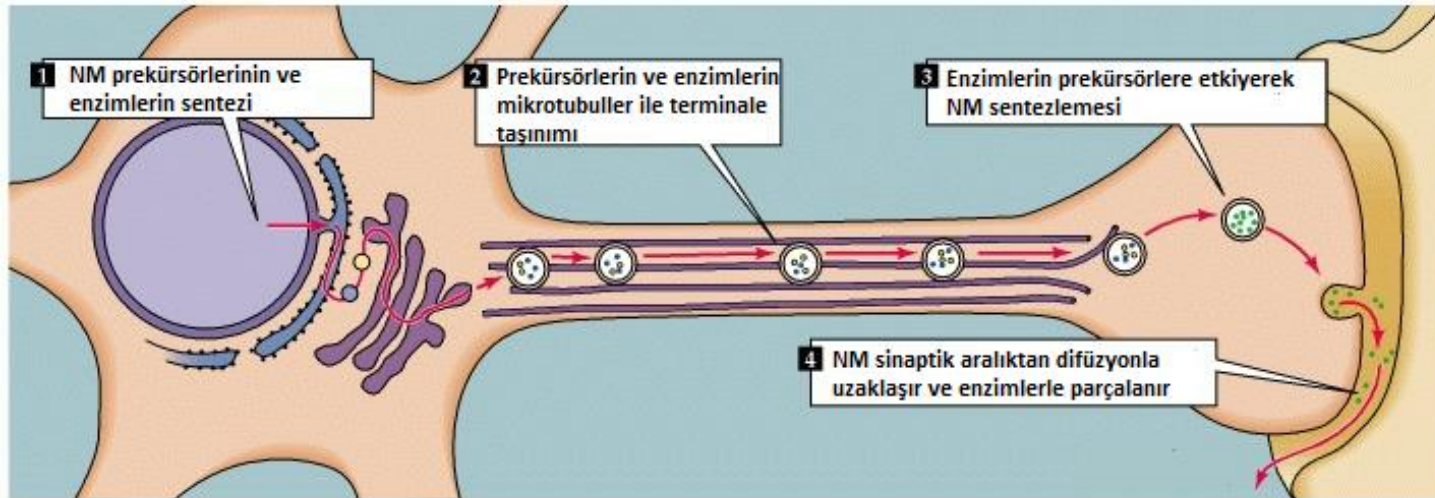
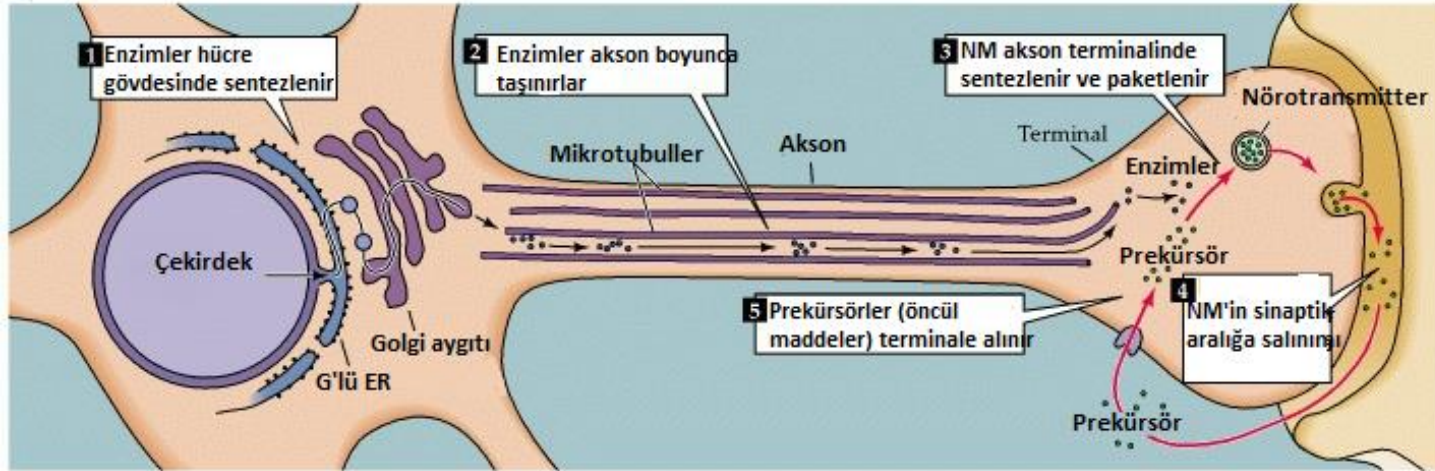
Glutamatın sinaptik aralıktan uzaklaştırılmasına astrositler aracılık eder



4. Peptid yapıdaki NM'ler (Nöropeptidler)

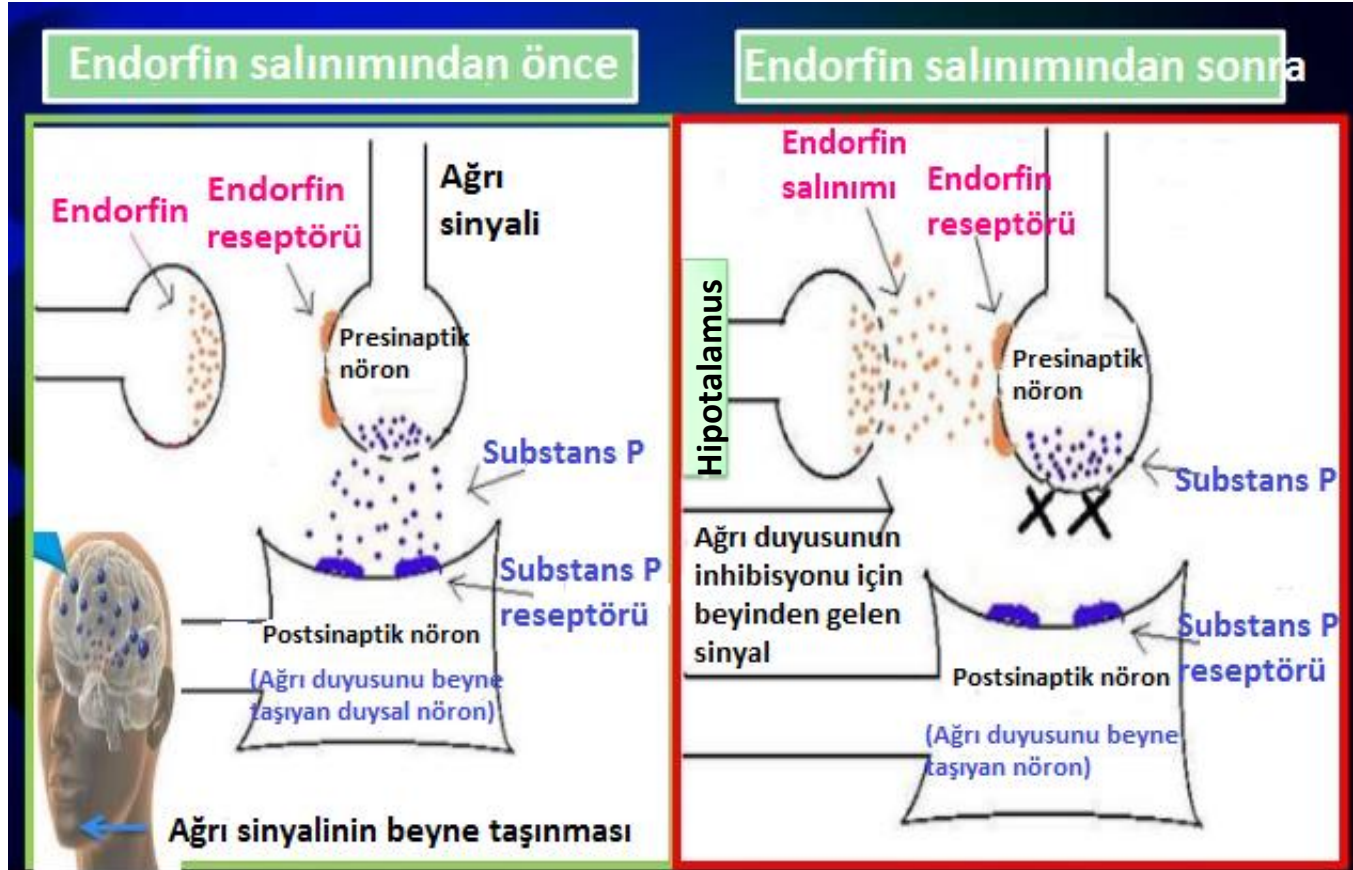
- **Substans P**
 - Ağrı duyusunun iletimini sağlar.
 - **Opioid peptidler**
 - **Enkefalin, endorfin, dinorfinler**
 - Afyon özsuyundan üretilmiş ilaçlara '**opiat**' denir.
 - Afyon özsuyundan üretilmeyen fakat opiat reseptörlerine bağlanarak etki yapan bileşiklere '**opiod**' denir.
 - Enkefalin, endorfin ve dinorfinler '**doğal opiodler**' olarak adlandırılırlar.
 - Analjezik etki yaparak ağrı duyusunu azaltırlar (**organizmanın doğal ağrı kesicileri**)
 - **Mide-beyin peptidleri**
 - **Somatostatin, kolesistokinin (CCK), vazoaktif intestinal polipeptid (VIP), nöropeptid Y**
-
- **Yavaş** etkili nörotransmitterlerdir. Fakat etkileri daha **uzun sürelidir**.
 - **Az miktarda** salınırlar fakat daha etkilidirler.
 - Öncül maddeleri (prekürsörleri) **nöron gövdesinde sentezlenir**, akson yumrusunda son şekillerini alırlar.
 - **İkincil habercileri** kullanırlar.
 - Sinaptik aralıktan **difüzyonla** uzaklaştırılırlar.

Küçük ve büyük moleküllü nörotransmitterlerin sentezi



Küçük moleküllü nörotransmitterler akson terminalinde, **büyük moleküllüler** ise büyük ölçüde **hücre gövdesinde** sentezlenir.

Endorfinin etki mekanizması



- Endorfin ağrı duyusunun ileticisi olan **P maddesinin presinaptik nörondan salınımını engelleyerek** iş görür. Bunu presinaptik nöronun **akson terminalinin Ca^{+2} geçirgenliğini azaltarak** dolayısıyla gelen uyarıya cevaben NM salgılama kapasitesini azaltarak yapar.

5. Hücre habercileri

- **ATP**

- Hem **merkezi** hem de **periferik** sinir sisteminde etkilidir.
- Reseptör tipine bağlı olarak **eksitatör** veya **inhibitör** etki oluşturabilir.
- **Ağrı hissini uyarır.**

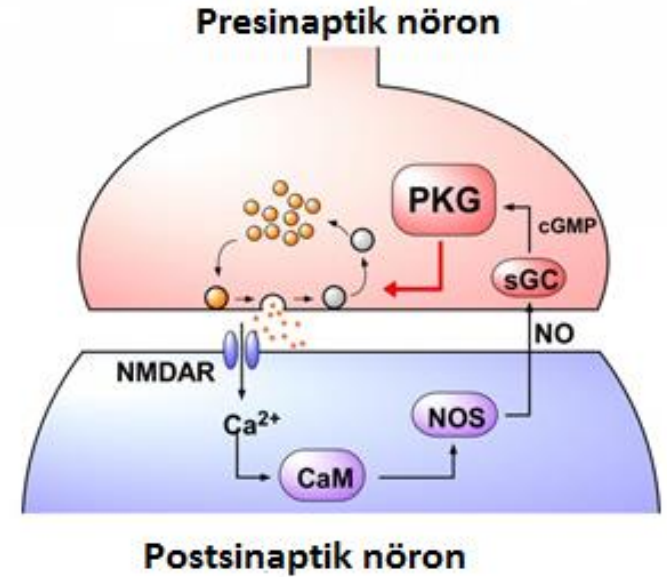
- **Eriyebilen gazlar**

- **Nitrik oksit (NO)**

- Postsinaptik nörondan salınıp presinaptik nöronu uyan bir **'geriye dönük haberci'**dir.
- **Depo edilemez.** Postsinaptik nörondan **presinaptik nörona diffuze olur (reseptöre bağlanmaz)**
- Presinaptik nöronda guanilat siklazı aktive ederek **cGMP (ikinci haberci)** miktarını artırır
- **Presinaptik nörondan NM salınımını artırır.**
- **Uzun süreli bellek ve davranıştan** sorumlu bölgelerde bulunur.

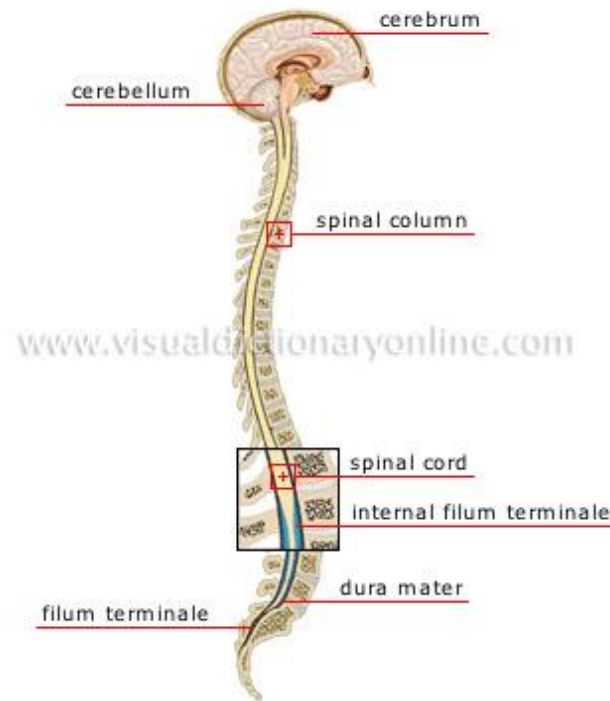
- **Karbon monoksit (CO)**

- Damar düz kaslarının gevşemesi ve kan basıncının düşmesini sağlar.

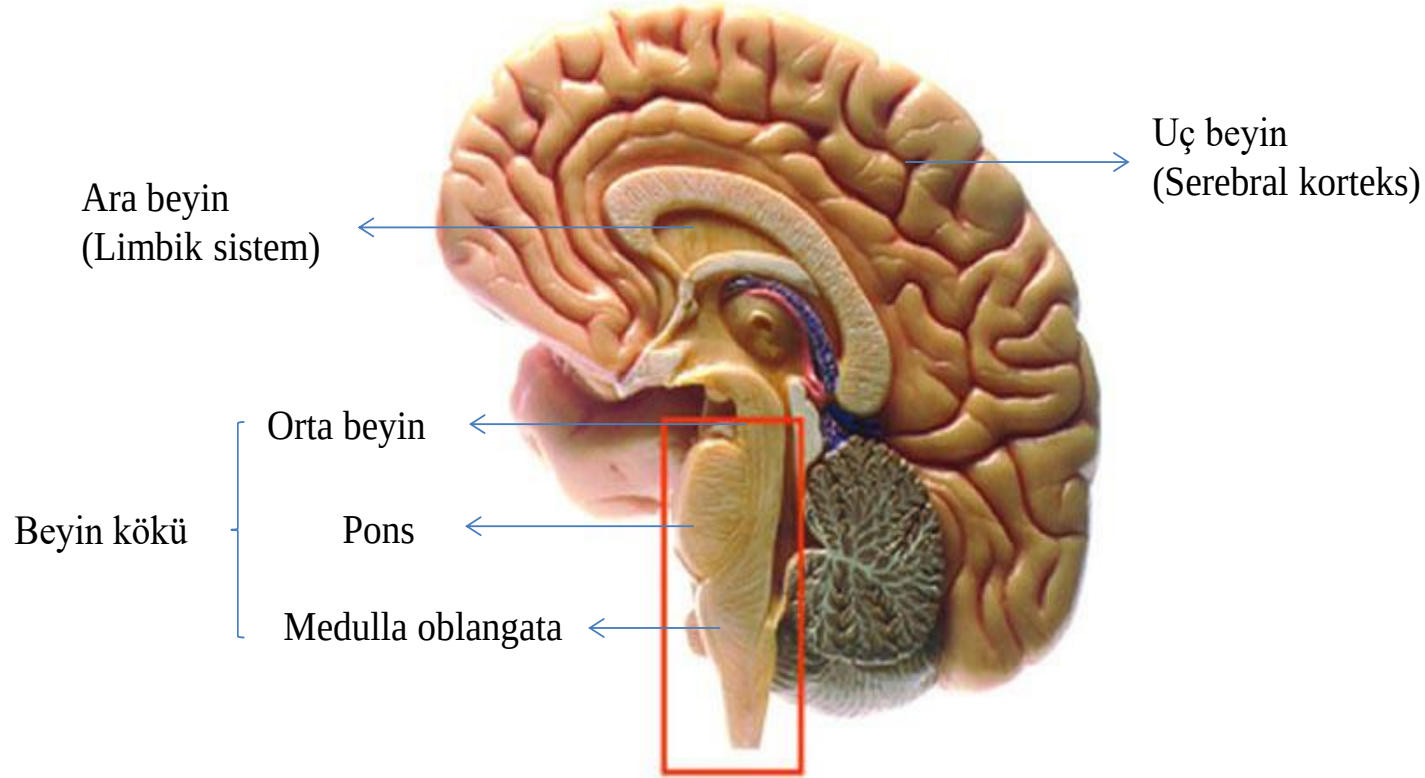


Geriye dönük haberci olarak NO

MERKEZİ SİNİR SİSTEMİ



BEYİN (CEREBRUM)



- Beyin, dünya üzerinde bilinen belki de en karmaşık yapıdır. Aynı boyuttaki memelilere kıyasla üç kat daha büyük olan insan beyni yaklaşık 1,5 kg ağırlığındadır. Beyin büyüklük ve şekilce, iki elimizi yumruk yapıp iç bileklerimiz birbirine bakacak şekilde bir araya getirdiğimizde oluşan yapı kadardır. Tüm vücut ağırlığının %2'sini oluşturmalarına rağmen kanda taşınan oksijen ve glikozun %20-25 gibi önemli bir kısmı beyin tarafından kullanılmaktadır. Oldukça kalın olan kafatası kemikleri tarafından korunan beyni temel olarak üçe ayırmak mümkündür.

- **Beyin kökü ve beyincik (serebellum)**
- **Uç beyin (Beyin kabuğu, serebral korteks)**
- **Ara beyin (Limbik sistem)**

BEYİN KÖKÜ (RHOMBENCEPHALON)

1. **Medulla oblongata (beyin soğanı)**
2. **Pons cerebri (beyin köprüsü)**
3. **Mesencephalon (orta beyin)**

Beyin kökünün fonksiyonları

Solunum

Sindirim (çığneme, yutma, salgılama, kusma)

Dolaşım (vazomotor merkezler, kalp çalışmasının kontrolü)

Reprodüksiyon (üreme)

Absorpsiyon (emilim)

+

Ayakta durma

Vücudun vaziyet alması ile ilgili refleksler

+

Kranial sinirlerin (kafa sinirleri) merkezidir

+

RETİKÜLER FORMASYON

Vejetatif fonksiyonlar

(medulla oblongata)



Hem bitkilerde hem hayvanlarda mevcut olan **hayatsal fonksiyonlar**

Postural refleksler

İletim fonksiyonu

Uyku-uyanıklık hallerinin kontrolü

Kranial Sinirler (Kafa Sinirleri)

- Periferik sinir sistemini oluştururlar.
- Kranial sinirler 12 çifttir.
- İlk ikisi hariç merkezleri (gövdeleri) beyin kökünde bulunur.

1. **n. olfactorius (koku siniri)** → **Duyusal** sinirdir. Merkezi **burundadır**.

2. **n. opticus (görme siniri)** → **Duyusal** sinirdir. Merkezi **retinadır**.

3. **n. oculomotorius**

4. **n. trochlearis**

5. **n. trigeminus**

6. **n. abducens**

Göz kaslarını innerve eden **motor** sinirlerdir

Duyusal + Motor

Yüzün ve ağız boşluğunun ağrı, ısı, temas ve basınç duyularını alır + Çiğneme kaslarını innerve eder

7. **n. facialis (yüz siniri)**

Motor + duyusal + sekreterik (parasempatik)

mimik dilden gelir (ön 2/3)

8. **n. vestibulocochlearis (n. acusticus)**

Duyusal > İşitme ve denge

Tükürük salgısı

9. **n. glossopharyngeus**

Yutma → Motor + sekreterik (parasempatik) + duyusal

10. **n. vagus**

Motor + duyusal + sekreterik (parasempatik)

dil arka 1/3

11. **n. accessorius**

sind sis.

kas aktivitesi

sind. sisteminden ve arcus

aorta'dan gelen afferent

impulsalar

mide bezleri ve

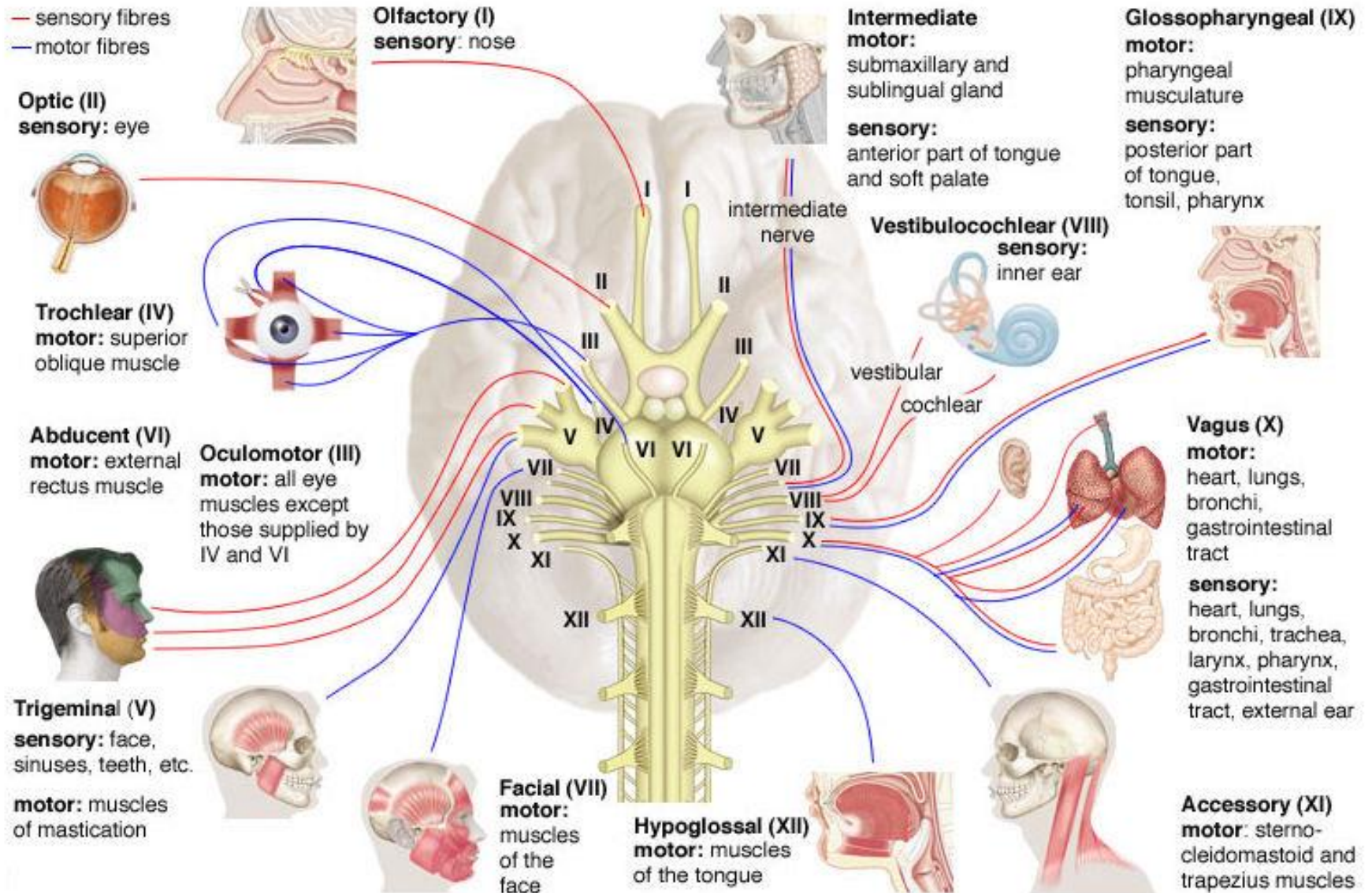
pankreas gider

12. **n. hypoglossus**

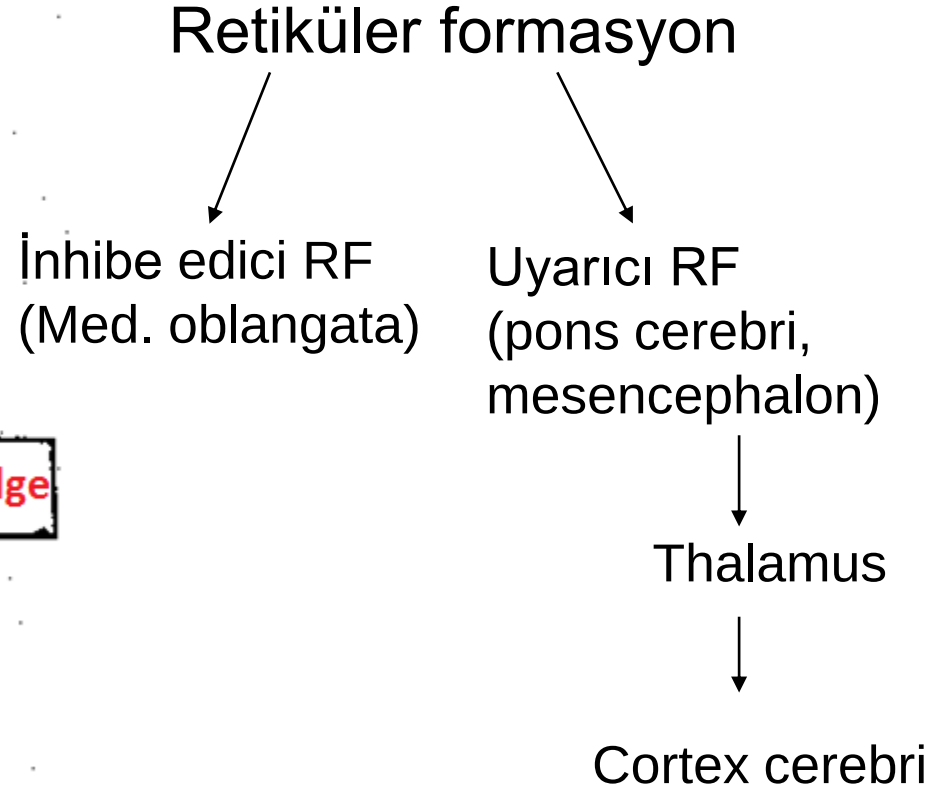
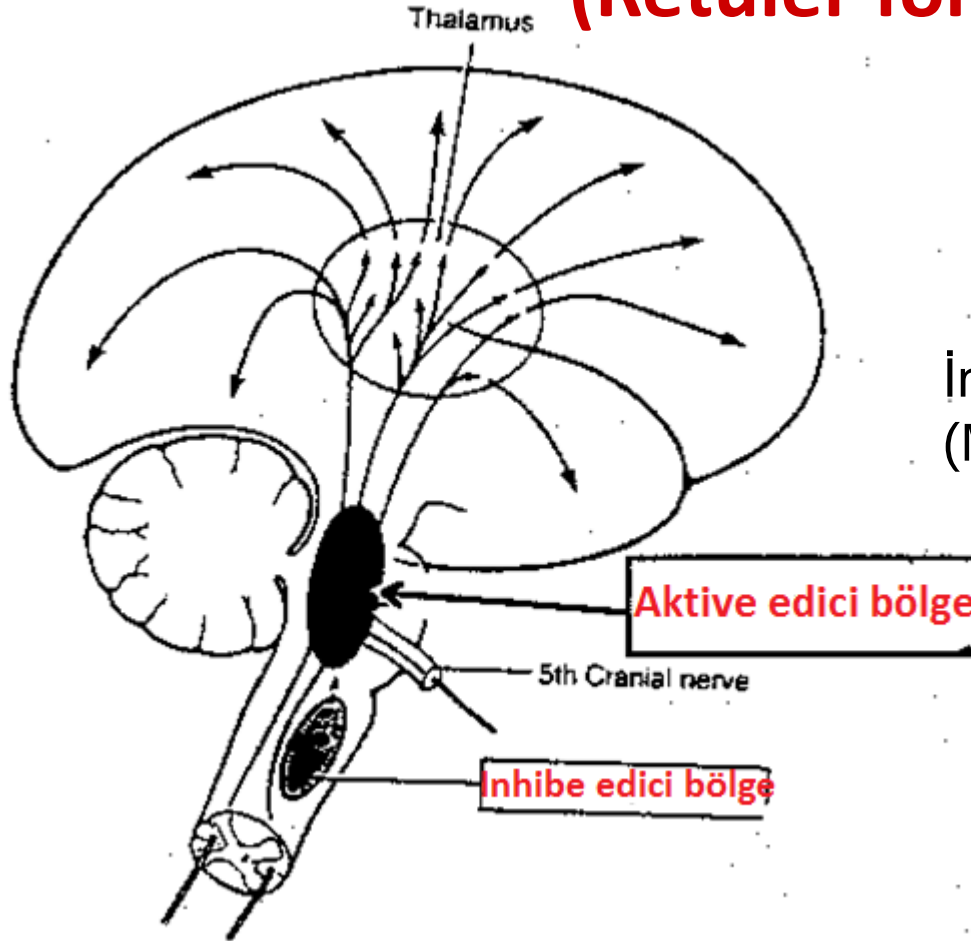
Başı hareket ettiren **motor** sinir

Dili hareket ettiren **motor** sinir

Kranial sinirler

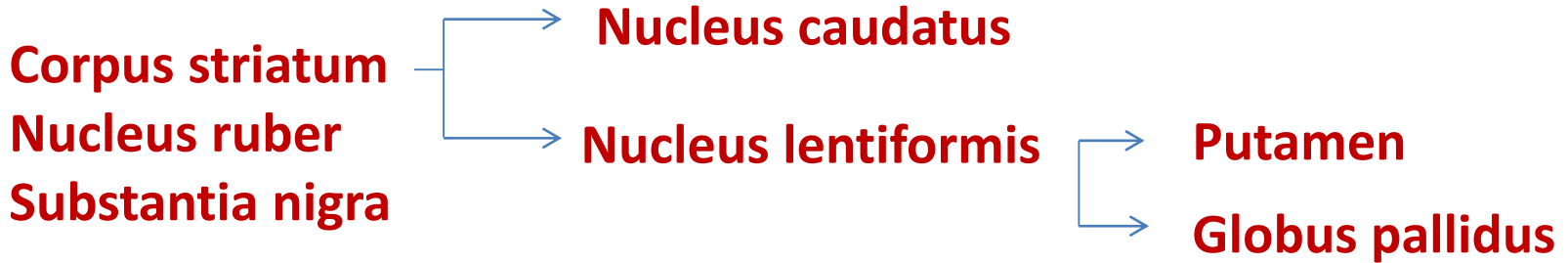


Retiküler Aktivasyon Sistemi (Retüler formasyon)

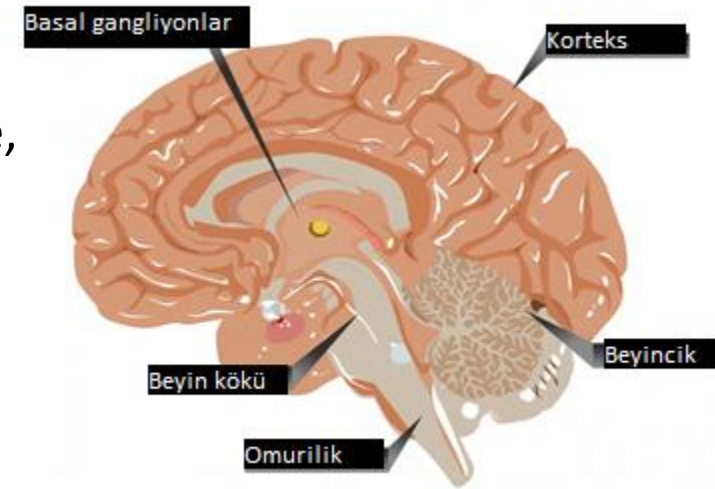


- Periferden gelen afferent sinirler için bir **kavşak noktasıdır**. Gelen impulslar burada önem dercesine göre değerlendirilir (**ön değerlendirme; genel sekreter gibi**).
- Bütün sinir sisteminin ve vücudun **uyanık tutulmasında** görevlidir.
- RF'ü tahrip olan kişi komaya girer.
- Anestezik maddeler RF'ü bloke eder.
- Retiküler aktive edici sistem tecrübe yoluyla önemli olan ve olmayan duyu impulslarını ayırt eder.

Basal Gangliyonlar

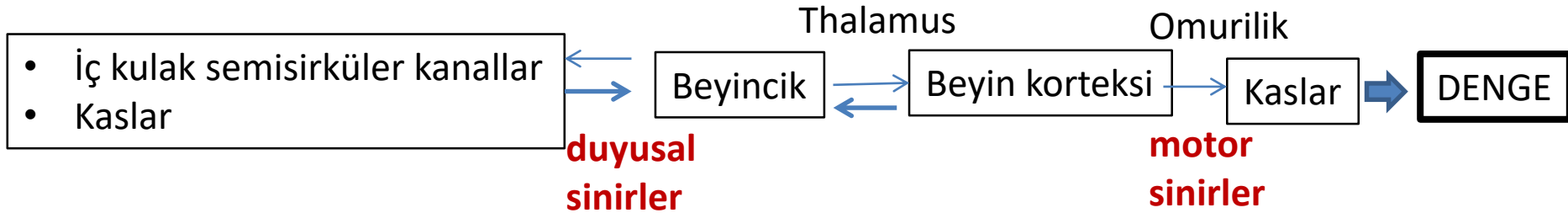
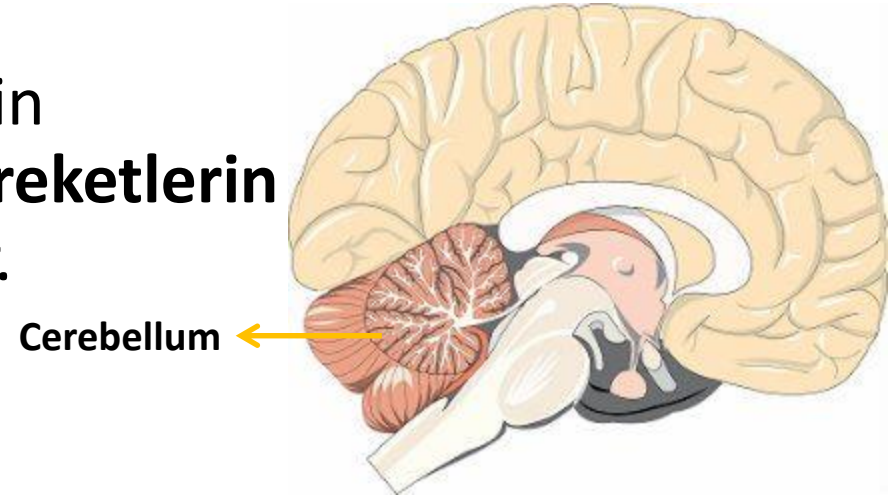


- Kas hareketlerinin uyumunu sağlarlar.
- **Motor aktivitenin kompleks modellerini kontrol ederler.** Ör: Basket atma, beyzbol oynama, çivi çakma, makasla kağıt kesme, futbolda pas verme, kürek çekme hareketleri
- **Kısa sürede gerçekleşmesi gereken ardışık hareketleri kontrol ederler.**
- Hareketin **hangi hızda** ve **hangi büyüklükte** olacağına karar verirler.
- Substantia nigra'dan çıkıp nucleus caudatus'u uyaran sinirlerden yetersiz *dopamin* salındığında kas hareketleri arasındaki uyum kaybolur. Bu, **Parkinson hastalığı** olarak adlandırılır.



Beyincik (Küçük beyin; Cerebellum)

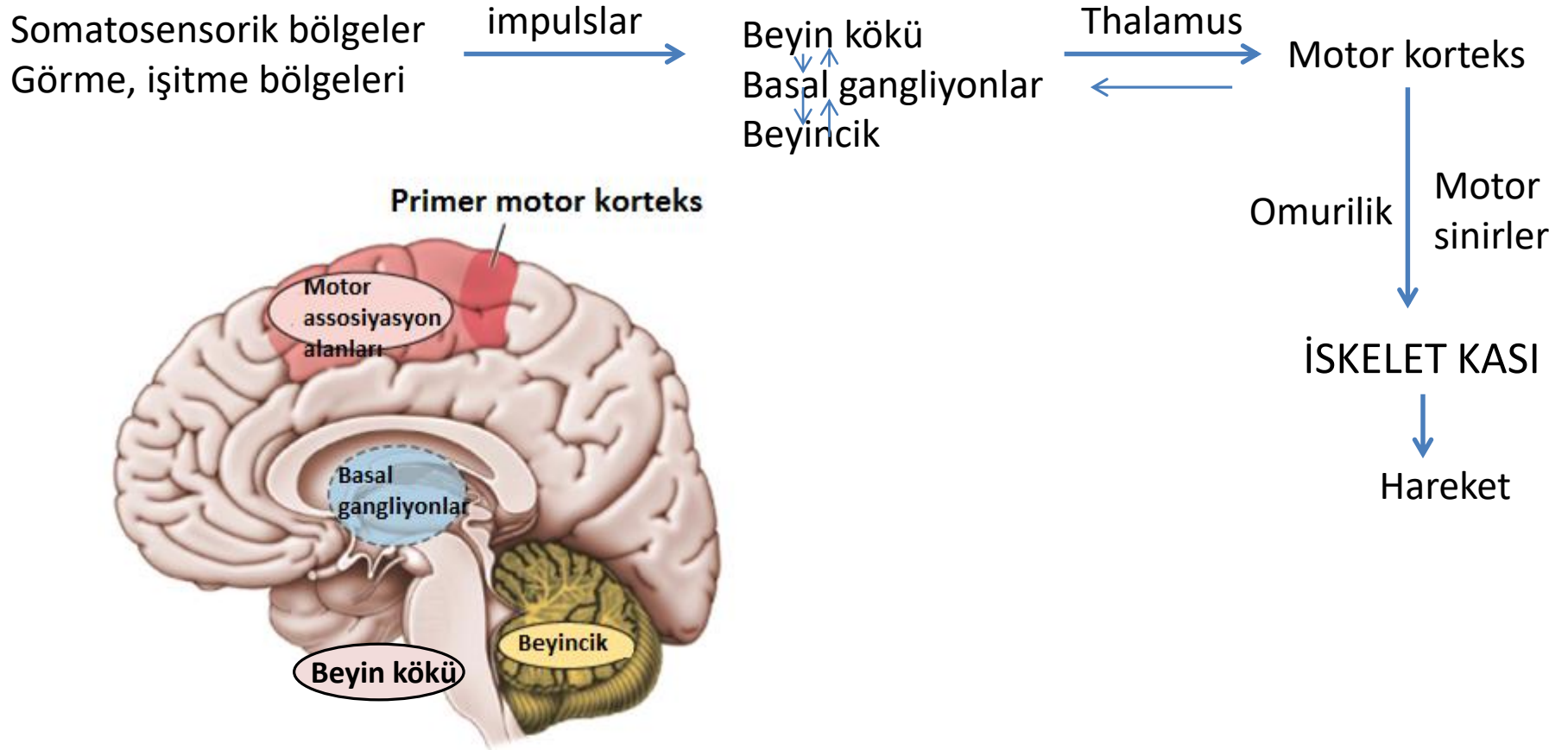
- Yürüyüş ve vücut hareketlerinin **koordinasyonunda, motor hareketlerin sırasını belirlemede** görev alır.
- **Dengenin sağlanmasında görevlidir.**



- Beyincik, sinir sisteminin duyuşal ve motorik yolları arasına yerleşmiş bir **kontrol sistemidir. Yapılmak istenen harekete göre yapılan hareketi** düzenler.

Kas hareketlerinin yapılmasında;

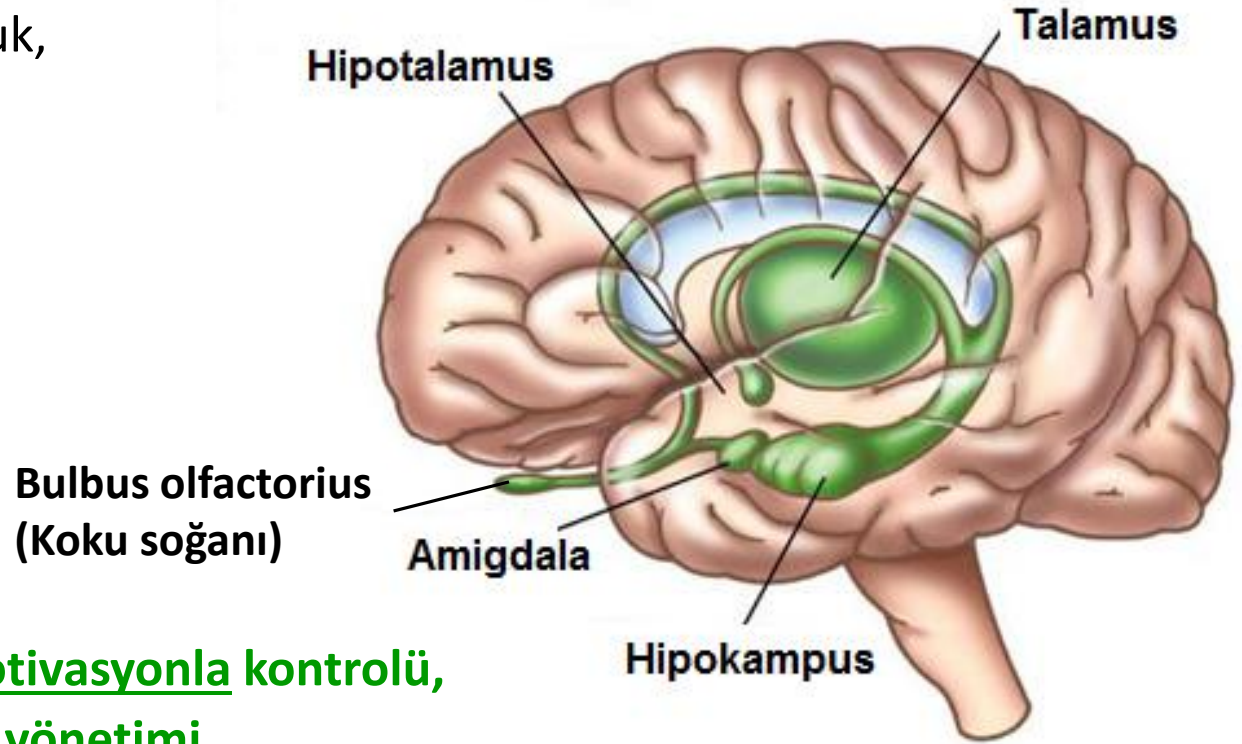
Basal gangliyonlar + Beyincik + Motor korteks



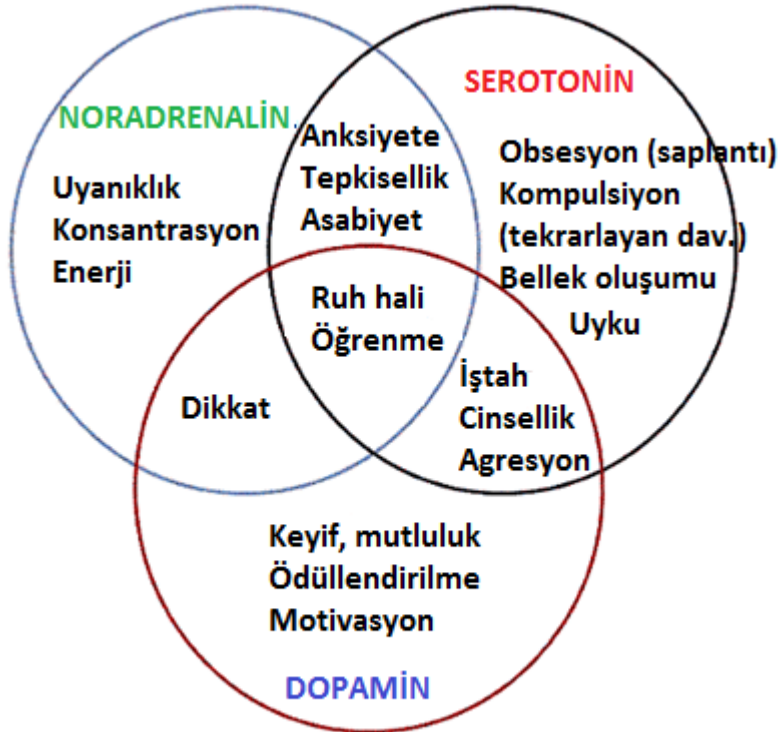
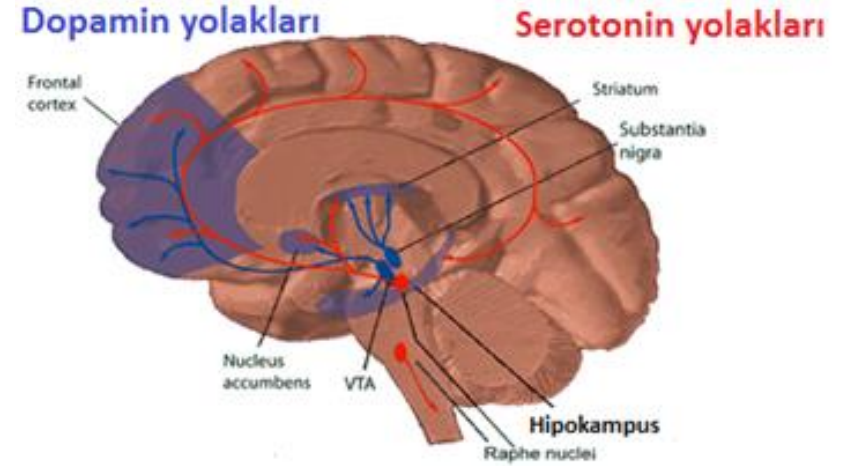
ARA BEYİN (DİENCEPHALON)

LİMBİK SİSTEM (İLKEİ BEYİN)

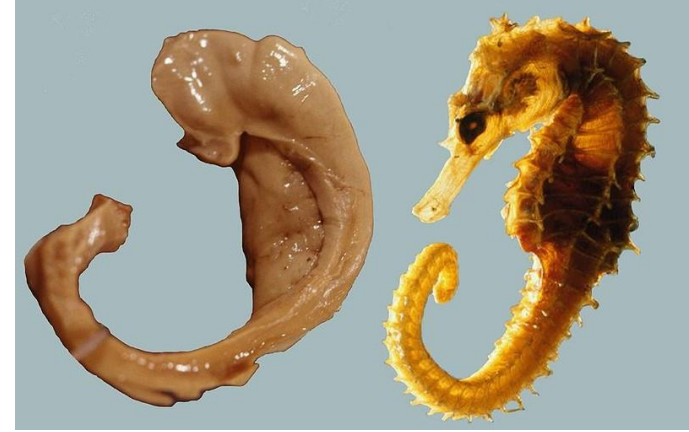
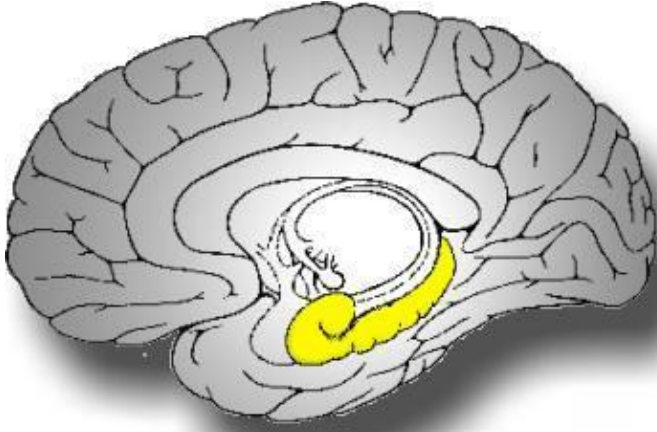
- İçgüdüsel davranışlar
(canlının varlığını sürdürebilmesi için gerekli davranışlar)
 - Yeme, içme, açlık, tokluk, susuzluk, iştah
 - Koku alma
 - Seksüel davranışlar
 - Heyecan, öfke, kendini savunma davranışları
 - İç ortamın kontrolü
- Öğrenme sürecinin motivasyonla kontrolü, ödöl ve ceza duygularının yönetimi



- Limbik sistem içinde yer alan **monoaminarjik yollar** (**noradrenarjik**, **serotonojik** ve **dopaminarjik yollar**) ruhsal durumu kontrol eder.



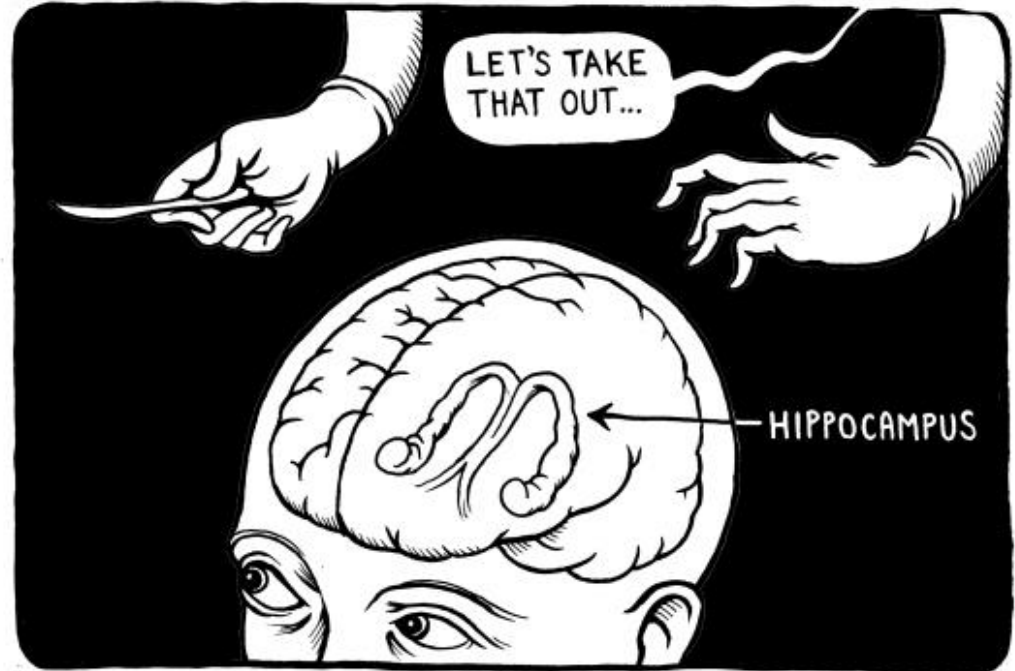
Hipokampus (deniz atı) !!!



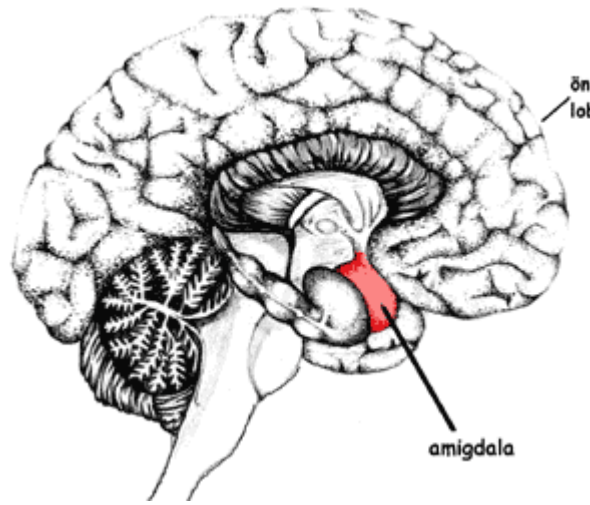
- Öğrenme, uzun süreli bellek oluşumu

Hipokampusu hasar gören insanlar hasardan önceki anılarını hatırlayabilmekle birlikte yeni bilgi edinememektedirler.

Birkaç dakikadan fazla bellek oluşturma yetenekleri kaybolmuştur.



Amigdala



- **Olaylara ya da deneyimlere duygusal anlam yükleme** işi ise limbik sisteme dahil olan başka bir yapı olan **“amigdala”**nın görevidir. Hipokampus, beyin korteksinin farklı bölümlerinden gelen ‘duyusal’ (görme, işitme, tatma vs.) bilgi girdilerini, amigdaladan gelen **‘duygusal’** bilgi ile birleştirerek **dekleratif bellek** şeklinde kaydeder. Bu durum duygusal anlam yüklediğimiz olayları/olguları neden daha kolay ve parlak bir şekilde hatırlayabildiğimizi açıklamaktadır.
- Amigdala’nın **agresyon, korku ve ankisiyete** oluşumu üzerinde de etkileri vardır.

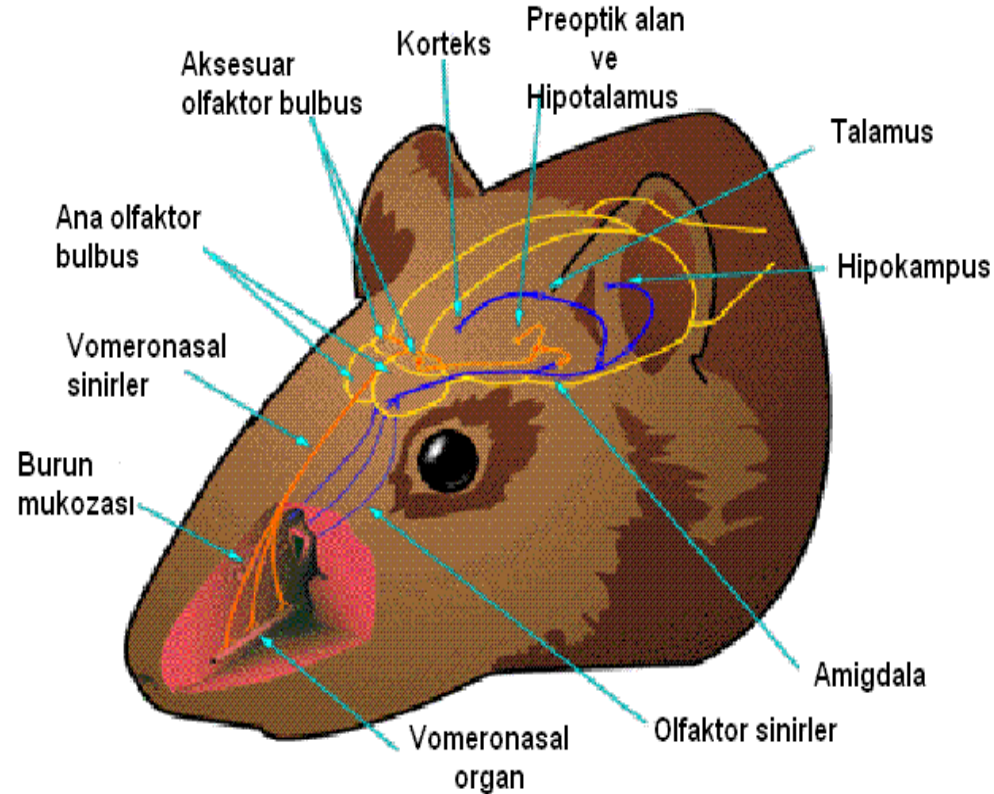
Koku soğanı (Bulbus olfactorius)

1. Ana olfaktor bulbus

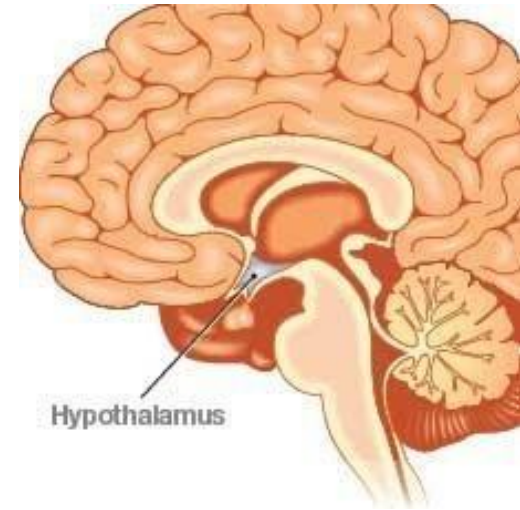
- Burun mukozasında bulunan **koku epiteli** içerisinde koku reseptörleri bulunur.
- **Koku reseptörlerinin** her biri birer **duyu hücresidir** ve kokuyu koku soğanına iletir ve koku algılanır.
- **Koku soğanı** aldığı bilgiyi korteks ve limbik sistemle paylaşır ve koku değerlendirilir.

2. Aksesuar olfaktor bulbus

- **Vomeronal organ** adı verilen özel bir reseptörün algıladığı **feromonlar** ile ilgili bilgiyi değerlendirir, **limbik sisteme** iletir ve bunun sonucunda davranış oluşur. Ör: cinsel davranışlar, anelik davranışları gibi.



Hipotalamus



- **Vücudun esas fonksiyonlarının vücudun ihtiyaçlarına göre yapılmasını sağlar.**
- Hipotalamusun bütün sistemlerin fonksiyonlarında düzenleyici görevleri vardır ve **homeostasis**'i sağlar. Fonksiyonlarının çoğu homeostasis'e yöneliktir.

1. Somato-motor ve viscero-motor aktivitelerin koordinasyonu

- Koşarken iskelet kaslarının aktivitelerinin (somato-motor) devamı için solunum ve kalp aktivitesinin (viscero-motor) buna uygun olarak ayarlanması

2. Endokrin sistemin kontrolü

- Adenohipofizi uyaran RF (releasing factor) ve RI (release inhibiting factor) hormonlarının salınımı
- Nörosekretör hücrelerde ADH ve oksitosinin sentezlenmesi

3. Vücudun su dengesi ve susamanın kontrolü

- Hipotalamus'un susama ile ilgili merkezlerinde hücrelerarası sıvının osmotik basıncına duyarlı reseptörler vardır. Osmotik basınç artınca susama ve su alımı gerçekleşir, ayrıca ADH salgılır ve böbreklerden su geri emilimi artar.

4. Vücut sıcaklığının düzenlenmesi (Termoregülasyon)

- Deride bulunan termoreseptörler ve kanın sıcaklığı hipotalamusu uyarır. Hipotalamus kılların dikleşmesi, vazodilatasyon, titreme, terleme, evaporasyon gibi termoregülasyonu sağlayacak olayların gerçekleşmesinden sorumludur.

5. Vücut ağırlığının kontrolü: Tokluk, açlık, iştah merkezleri burada bulunur.

6. Reprodüksiyon (üreme) ve seksüel davranış

- Hipotalamusta cinsiyete özgü seksüel davranışları ortaya çıkaran merkezler vardır.

7. Heyecanın kontrolü, korku ve hiddet

Hipotalamus sempatik sinir sisteminin aktivasyonu sonucu oluşan taşikardi, pupillanın büyümesi, kılların dikleşmesi, vazokonstriksiyon gibi olaylar ile endokrin ve iskelet kasının motor fonksiyonları arasındaki koordinasyonu sağlar.

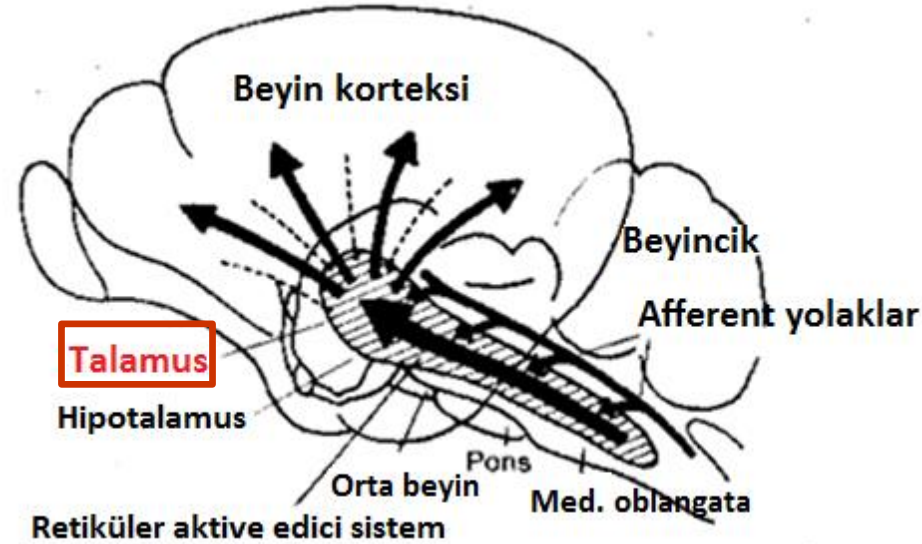
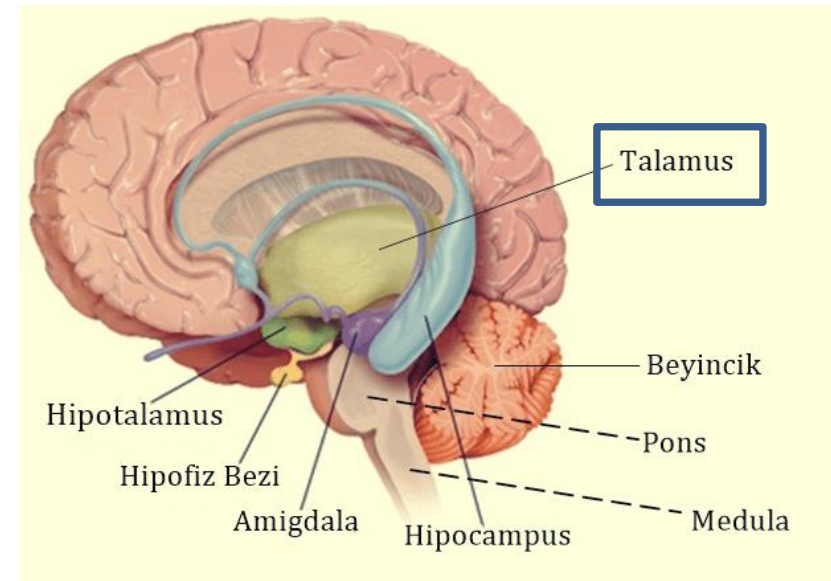
Talamus

- **Talamus, bütün duyu sistemlerinden gelen afferent yolların toplandığı yerdir.**

Talamus, korteks serebri'ye giden yolların kapısıdır.

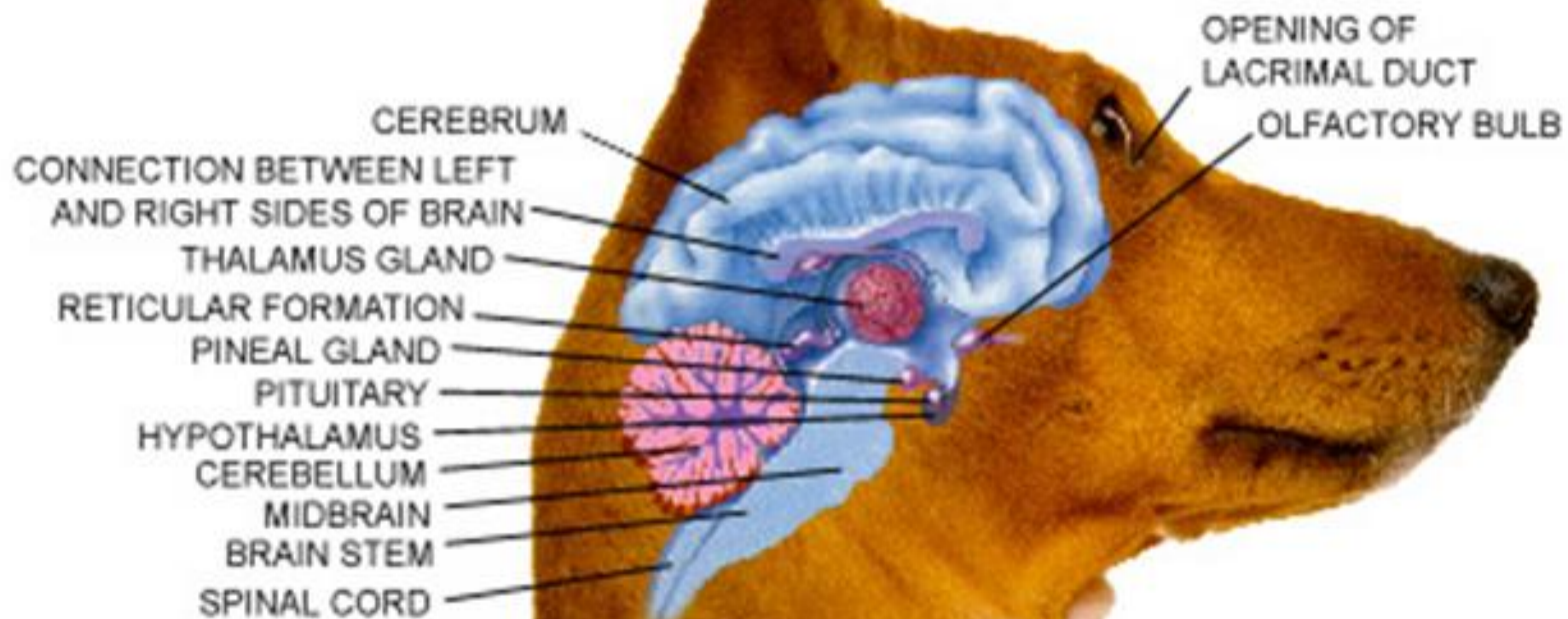
Periferden gelen tüm impulsları alır, bunları değerlendirir, tasnif eder ve beyin korteksinin uygun bölümlerine gönderir.

(kargo dağıtım merkezi gibi)

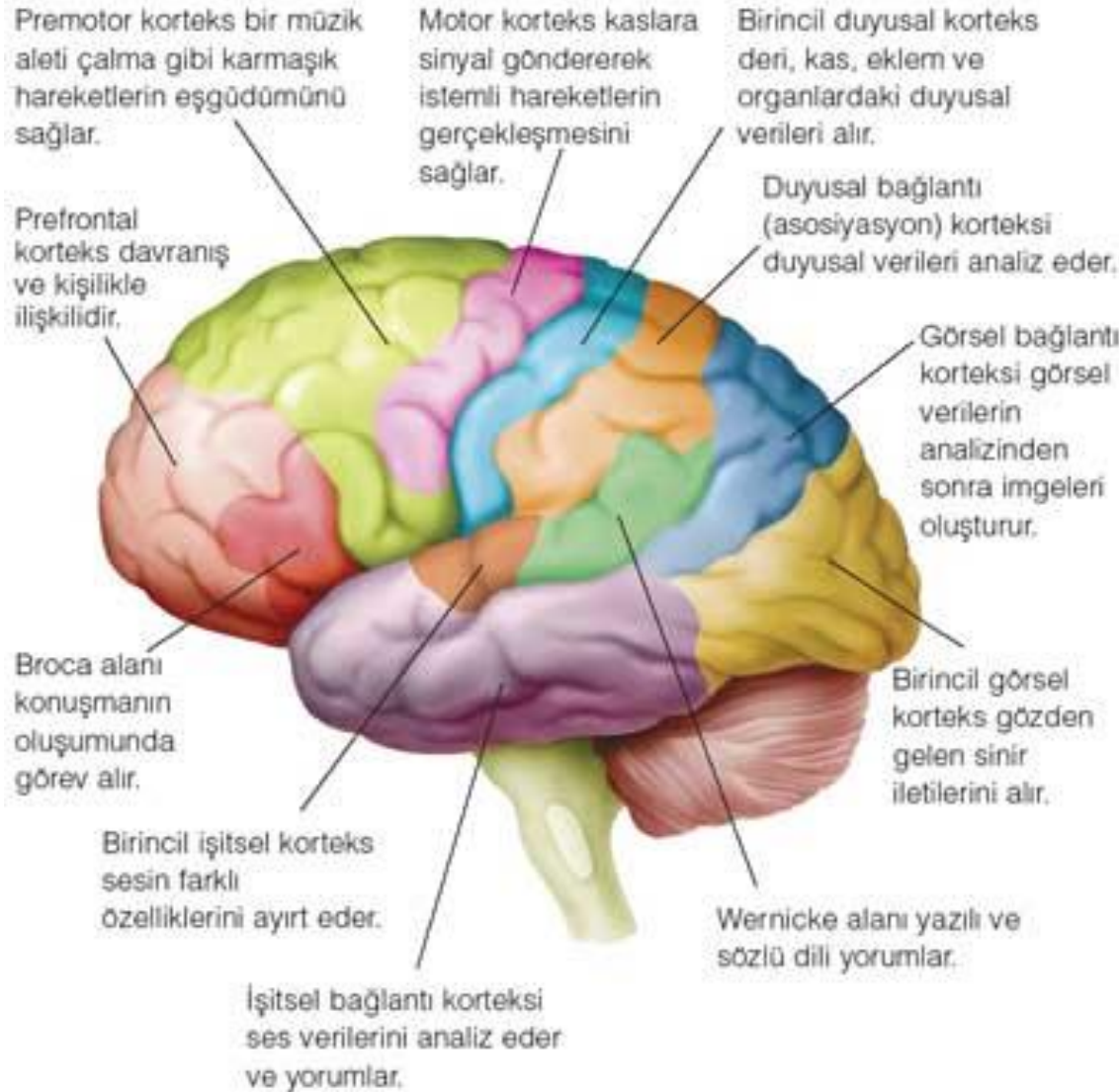


Talamus nükleusları

- **Spesifik talamus nükleusları:** Ekstrareseptörlerden gelen somatik ve özel duyuları alır.
- **Nonspesifik thalamus nükleusları:** Retiküler formasyondan köken alan nöronlardan gelen bilgiyi alır. Uyanık kalmada görevlidir.
- **Motor fonksiyonlar ile ilgili nükleuslar:** Cerebellum ve basal gangliyonlardan gelen motor fonksiyonlarla ilgili nöronlardan gelen bilgiyi alır.
- **Assosiyatif fonksiyonu olan nükleuslar:** Beynin tek bir fonksiyona atfedilmeyen bölgeleri ile iletişim kuran nükleuslar. Cerebral korteksten talamusa ve talamustan kortekse giden ve gelen, çeşitli beyin bölgeleri arasında bağlantıyı sağlayan sinirleri kapsarlar.



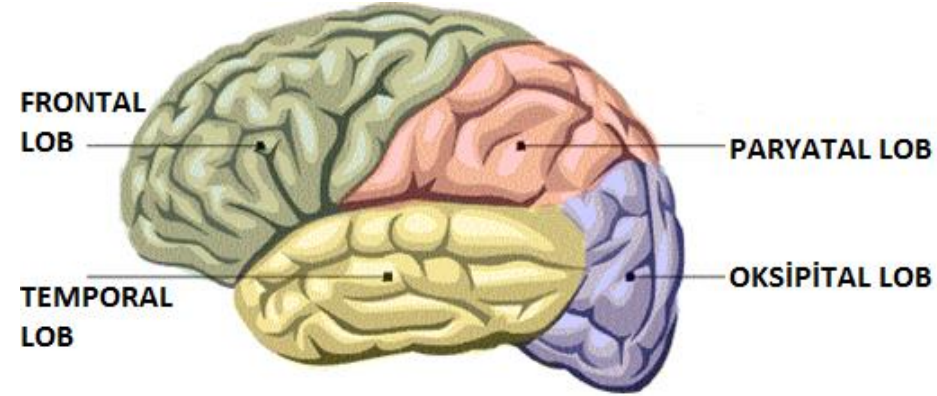
KORTEKS SEREBRİ (TELENCEPHALON; UÇ BEYİN)



- His, irade, hafıza, düşünce, zeka, muhakeme, yaratıcılık gibi **entellektüel fonksiyonlar**,
- İskelet kasının motor aktivitelerini kontrol eden **motor merkezler**,
- Duyuların idrakını sağlayan **duyu merkezleri**

❖ Korteksin her bölgesi, affarent yolların sonu ve efferent yolların başlangıcıdır.

Korteksin Lobları

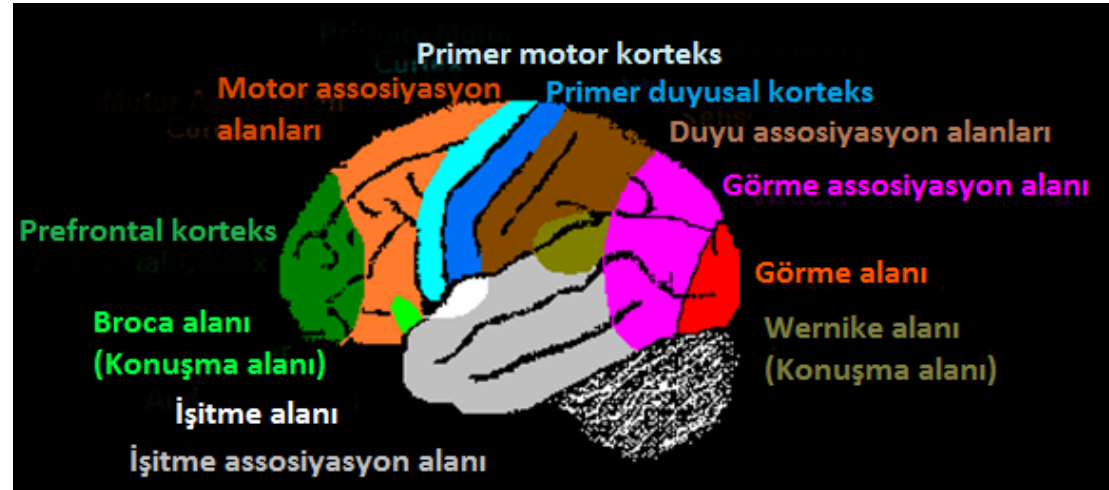


- **Frontal lob**
 - Primer motor alan
 - Premotor alan (motor assosiyasyon alanları)
 - Konuşma motor alanı (Broca alanı)
 - Prefrontal korteks
 - Kişilik, karar verme, muhakeme

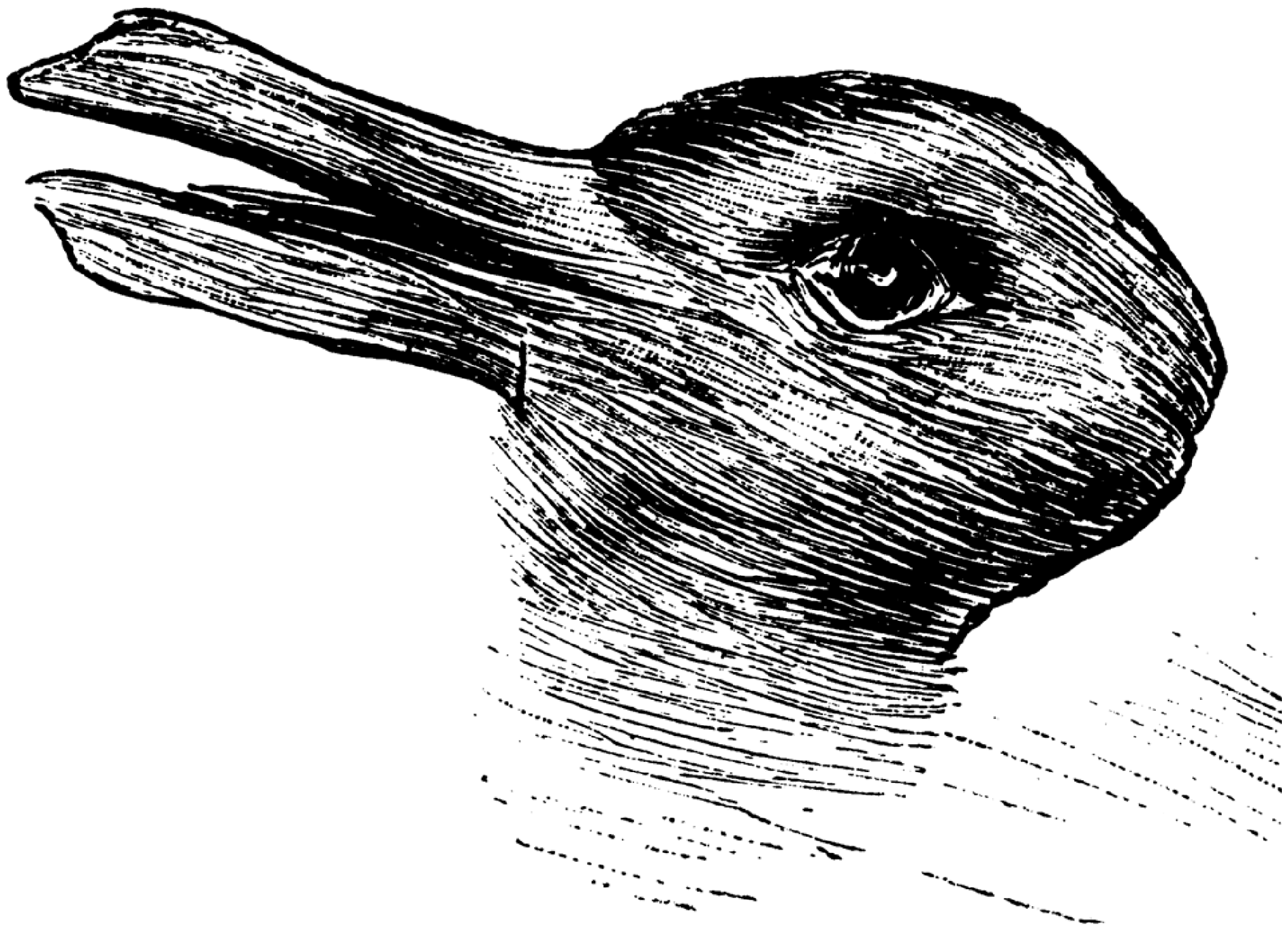
- **Paryatal lob**
 - Duyu alanları
 - Duyu assosiyasyon alanları

- **Oksipital lob**
 - Görme alanı
 - Görme assosiyasyon alanı

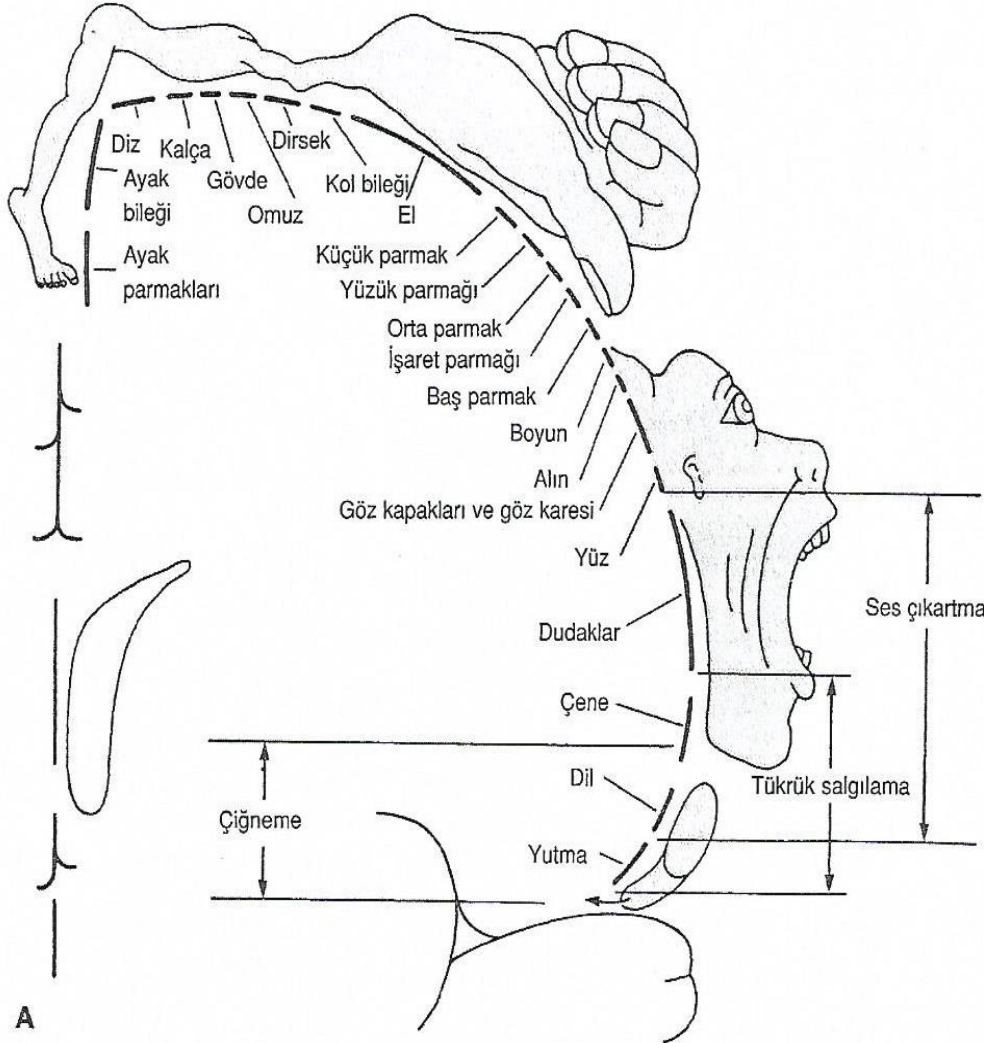
- **Temporal lob**
 - İşitme alanı
 - İşitme asosiyasyon alanı
 - Hafıza, entelektüel fonksiyonalar







Motor korteks ve yönettiği vücut bölümleri



Primer motor korteks, iskelet kasının istemli hareketlerini yöneten birincil merkez olarak görev yapmaktadır. İskelet kasları, bu bölge üzerinde, yaptıkları işin incelik derecesi ile orantılı genişlikte temsil edilmektedirler. Yandaki şekle bakıldığında, tüm primer motor korteksin yarısından fazlasının el ve **konusma** kaslarının kontrolü ile ilgili olduğu görülmektedir. Primer motor korteks üzerindeki bu temsile “**motor insancık**” (**motor homunkulus**) adı verilmektedir.

Sağ ve sol beyin yarımkürelerinin görevleri

Sol Beyin

- matematiksel işlemler
- problem çözme
- sayılar, diziler
- konuşma, okuma
- yabancı dil
- analiz etme
- eleştirme
- mantıksal düşünüş
- bilinç durumları
- detaycı düşünme

Sağ Beyin

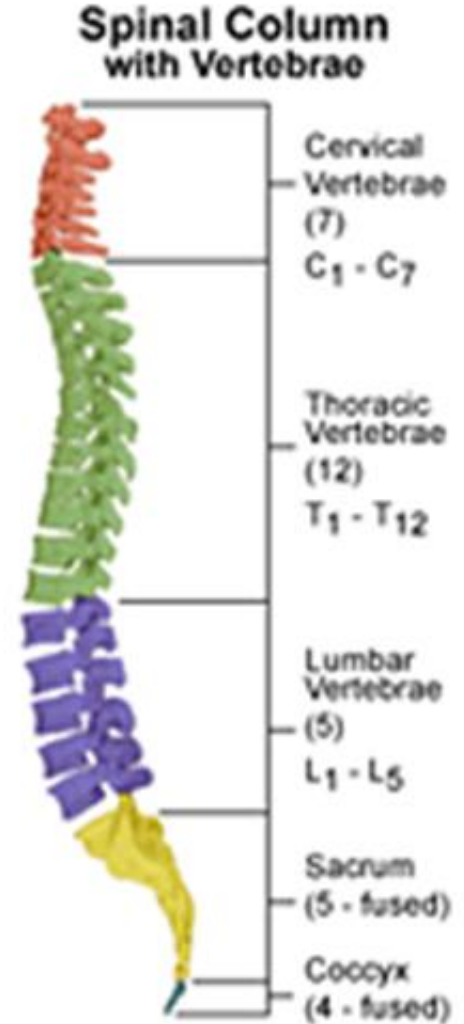
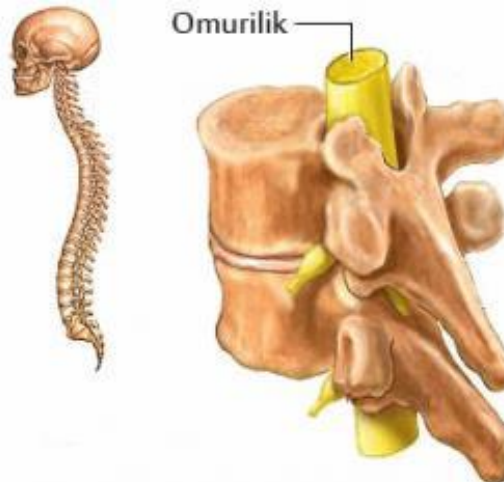
- mekan algılama
- hayal kurma
- renkler
- müzik
- koku
- canlandırma, tasvir
- üretkenlik
- yüzleri tanıma
- sezgi bilinci
- bütüncül düşünme



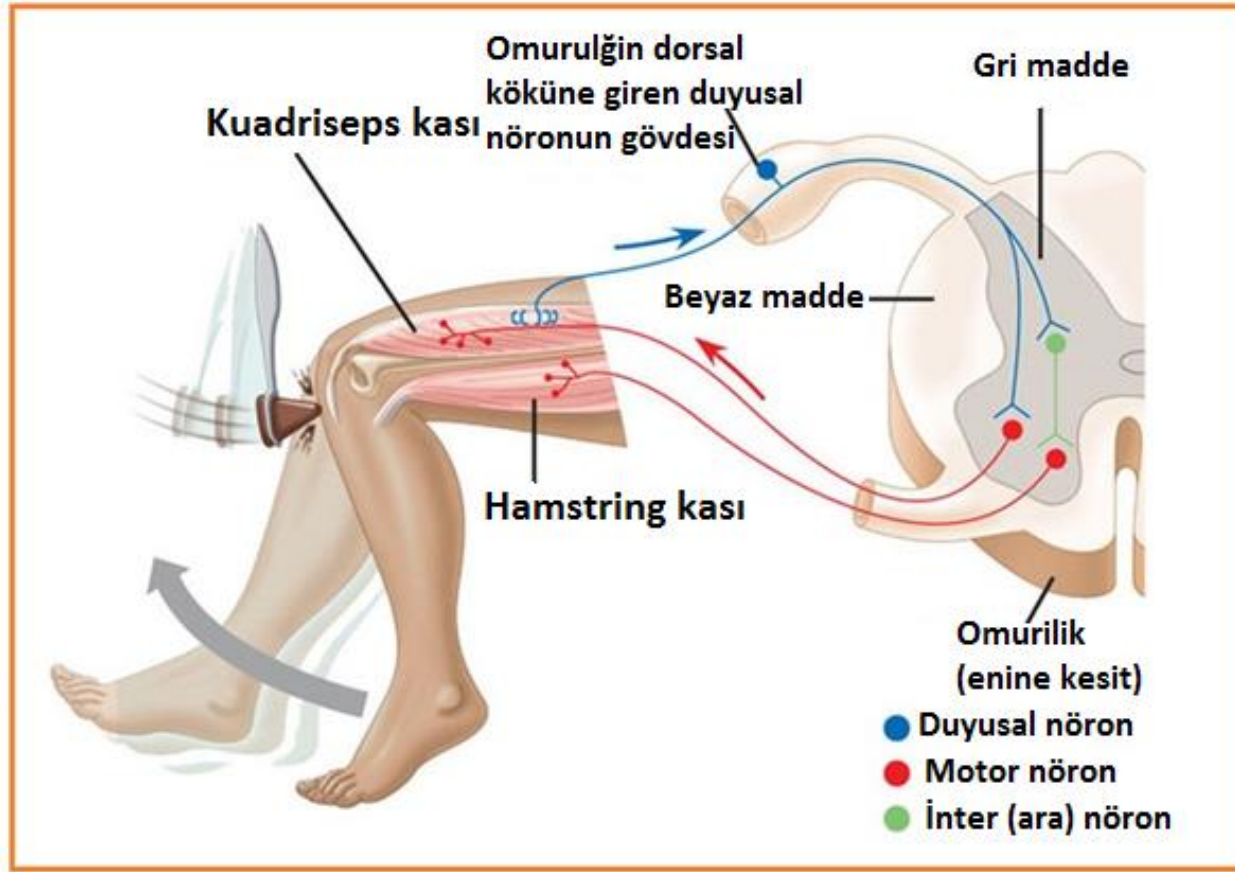
Serebral Lateralizasyon : beynin sağ ve sol hemisferi arasında anatomik ve işlevsel farklılaşma

OMURİLİK (MEDULLA SPİNALİS)

- Omurilik, gövde ve ekstremitelerdeki kaslarını kontrol eden **refleks merkezidir**.
 - **REFLEKS**: Reseptörlerin uyarılması sonucu efektörlerde yaratılan istek dışı aktivite
 - **Doğuştan olan (şartsız refleksler)**: Bütün medulla spinalis ve beyin kökü refleksleri **ör**: Bir köpeğin ağzına besin aldığı anda tükürük salgılaması
 - **Kazanılmış (şartlı) refleksler**: Sonradan kazanılır.
 - **Doğal şartlı refleksler**: **ör**: Aç olan bir köpeğin alışıktığı besini görünce ya da kokusunu alınca tükürük salgılaması
 - **Yapay şartlı refleksler**: **ör**: Bir köpeğe besin verilirken zil çalınırsa, bir süre sonra köpek zil sesine tükürük salgılamaya başlar.
- Periferik ile beyin arasındaki bağlantıyı sağlayan **iletim organıdır**.



Refleks merkezi olarak omurilik ve Bell-Magandie Kanunu



Patella refleksi

- ❖ **Bell-Magandie Kanunu:** Medulla spinalis'in dorsal (üst) köküne afferent sinirler girer, ventral (alt) kökünden ise efferent sinirler çıkar.

Köpekte patella refleksi



Yapay şartlı refleks

Pavlov'un (1849-1936) deneyi:

Koşullanmadan önce

YEMEK
(koşulsuz
uyaran)

SALİVASYON
(koşulsuz cevap)



ZİL
(nötr
uyaran)

CEVAP YOK



Koşullanma esnasında

**ZİL +
YEMEK**
(koşulsuz
uyaran)

SALİVASYON
(koşulsuz cevap)



Koşullanmadan sonra

ZİL
(koşullu
uyaran)

SALİVASYON
(koşullu refleks)



**Koşullu uyaran hayvanın
gelecekteki olayları
öngörebilmesini sağlar!!!**

klikır



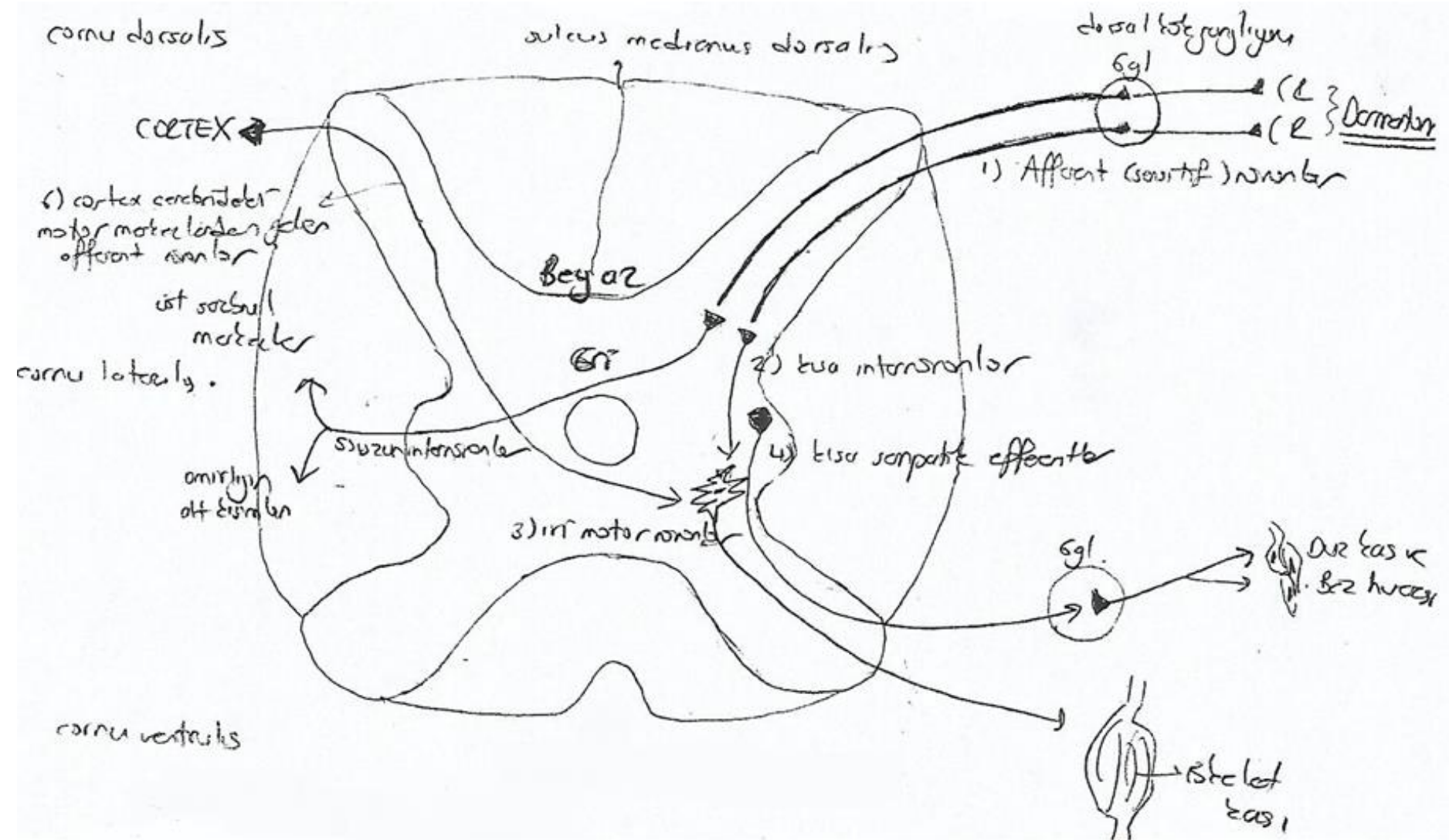
Spinal Refleksler

- **Plantar refleks:** Ayak tabanı bir iğne ile çizilirse refleks yoluyla parmaklar fleksiyon yaparlar (bükülürler). Uyarı daha şiddetli olursa ayak çekilir ve bacak fleksiyon yapar.
- **Fleksör refleks:** Bacağın herhangi bir sinirinin uyarılması sonucu ekstremitte kasları fleksiyon yapar.
- **Ekstensör itme refleksi:** Ayak tabanına basınç yapılıncı diğer bacak kuvvetli ekstensiyon yapar (uzatılır). Bu refleks yürüyüşte, özellikle ayağın yeri itmesi gereken hızlı yürüyüşlerde işe yarar.
- **Patella refleksi:** Patella altındaki tendona vurulunca bacak ekstensiyon yapar.
- **Achil tendonu refleksi:** Achil tendosuna vurulunca ayak plantar fleksiyon yapar (geriye doğru bükülür).
- **Karın örtüsü refleksi:** Karın derisi bir iğneyle yukarıdan aşağıya çizilirse, karın ön duvarını örten kaslar kontraksiyon yaparak sertleşirler. Karın iç organlarını dış etkilerden korumaya hizmet eder.
- **Kremaster refleks:** Uyluğun iç tarafı iğne ile çizilirse skrotum yukarı doğru çekilir.
- **Rektum ve mesane boşaltma refleksleri:** Dışkılama ve işeme gerçekleşir (lumbo-sakral bölge).
- **Spinal-genital refleksler:** Sakral bölgedeki bu refleks cinsiyet organlarının ereksiyonuna neden olur.
- **Vazomotor ve terleme refleksleri:** Ait oldukları dermotomlarda deri damarlarını kontrol ederler ve terlemeye neden olurlar.

Omurilikteki sinir hücreleri

1. **Afferent duysal nöronlar:** Periferden bilgi getirir ve dorsal cornu'ya girerler
2. **Kısa internöronlar:** Duyusal sinirlerle motor sinirler arasında bağlantı kuran omurilik içi sinirlerdir
3. **İri motor nöronlar:** Ventral (alt) cornu'dan (çıkıntıdan) çıkar ve iskelet kaslarına giderler
4. **Kısa sempatik efferentler:** Torasik (sırt) ve üst lumbal (bel) omurların lateral cornu'larından (yan çıkıntılarından) çıkar ve iç organlara giderler
5. **Uzun internöronlar:** Üst serebral merkezlerle omuriliğin alt kısımları arasındaki bağlantıyı sağlarlar
6. **Korteks serebri'deki motor merkezlerden gelen afferent nöronlar**

Omurilikteki sinir hücreleri



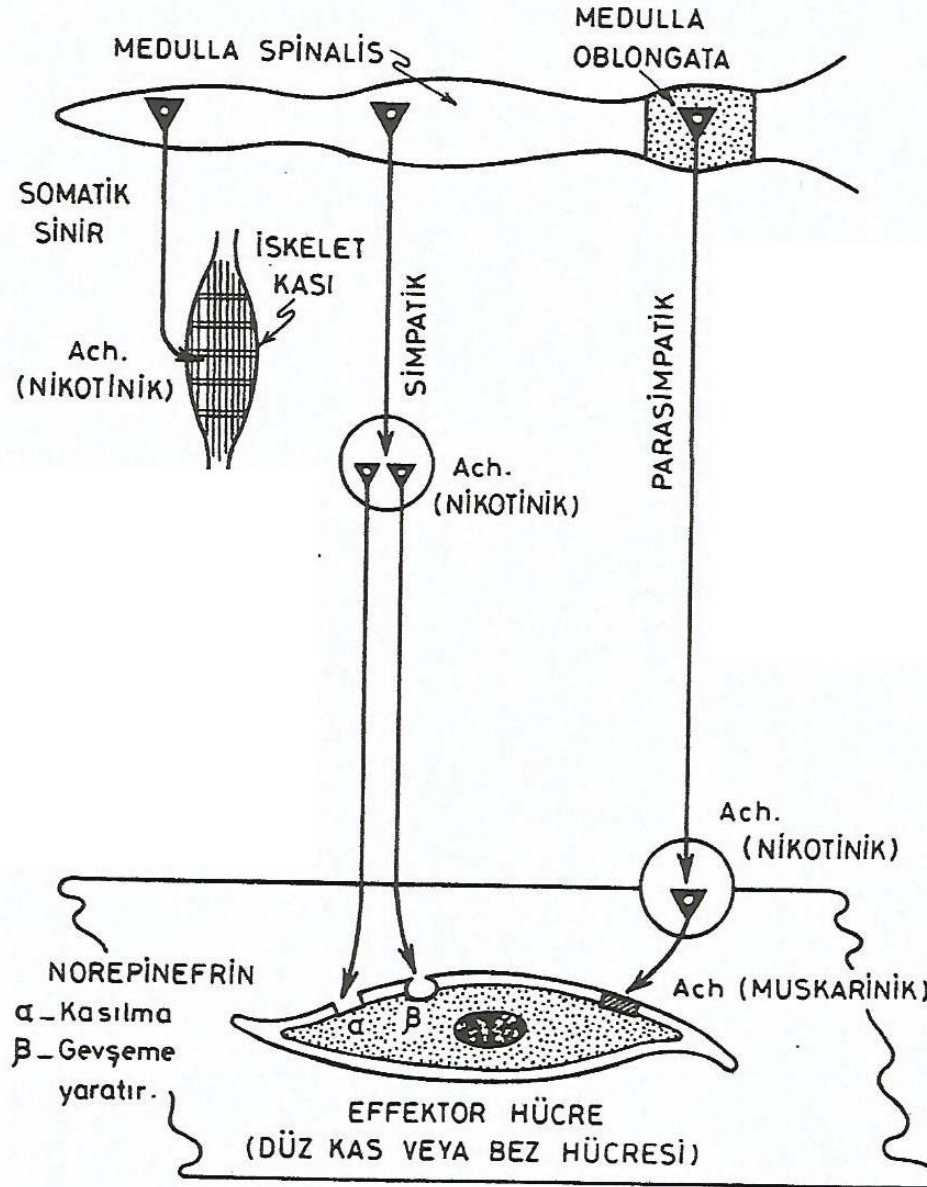
OTONOM SINİR SİSTEMİ

- Otonom sinirler **istem (irade) dışı visseral aktiviteleri** kontrol eden **efferent sinirlerdir**. İkiye ayrılır:
 - **Sempatik sinir sistemi**
 - **Parasempatik sinir sistemi**
- Sempatik ve parasempatik sistemlerin **organlara etkileri antagonisttir (zıttır)**.

Otonom sinirlerle somatik sinirler arasındaki farklar

1. Somatik sistem **istemli** çalışan organları, otonom sistem **istem dışı** çalışan organları idare eder.
2. Somatik sinirler omurilikten çıktıktan sonra aksonları **doğrudan** efektör organa gider, otonom sinirlerin aksonları ise efektör organ öncesi mutlaka bir **gangliyona uğrar**.
 - Sempatik sinirlerde pregangliyonik nöron **kısadır**, parasempatik sistemde ise **uzundur**.
3. Refleks arkında inhibisyonun yapıldığı yerler farklıdır. Somatik sinirlerde inhibisyon sadece merkezde ara nöronlar ile olur (**sentral inhibisyon**). Otonom sinirlerde ise sentral inhibisyonun yanı sıra **periferde efektör organ da inhibe edilebilir**.
4. Somatik sinir yaralanırsa bu sinirin innerve ettiği organ **atrofiye olur**. Otonom bir sinir yaralanırsa, bu nöronun innerve ettiği organ **atrofiye olmaz**, fonksiyonu bir dereceye kadar devam eder.
5. Somatik **sinirlerin çapları ve impuls hızları** otonom sinirlerden daha fazladır.

Somatik ve otonom sinirler



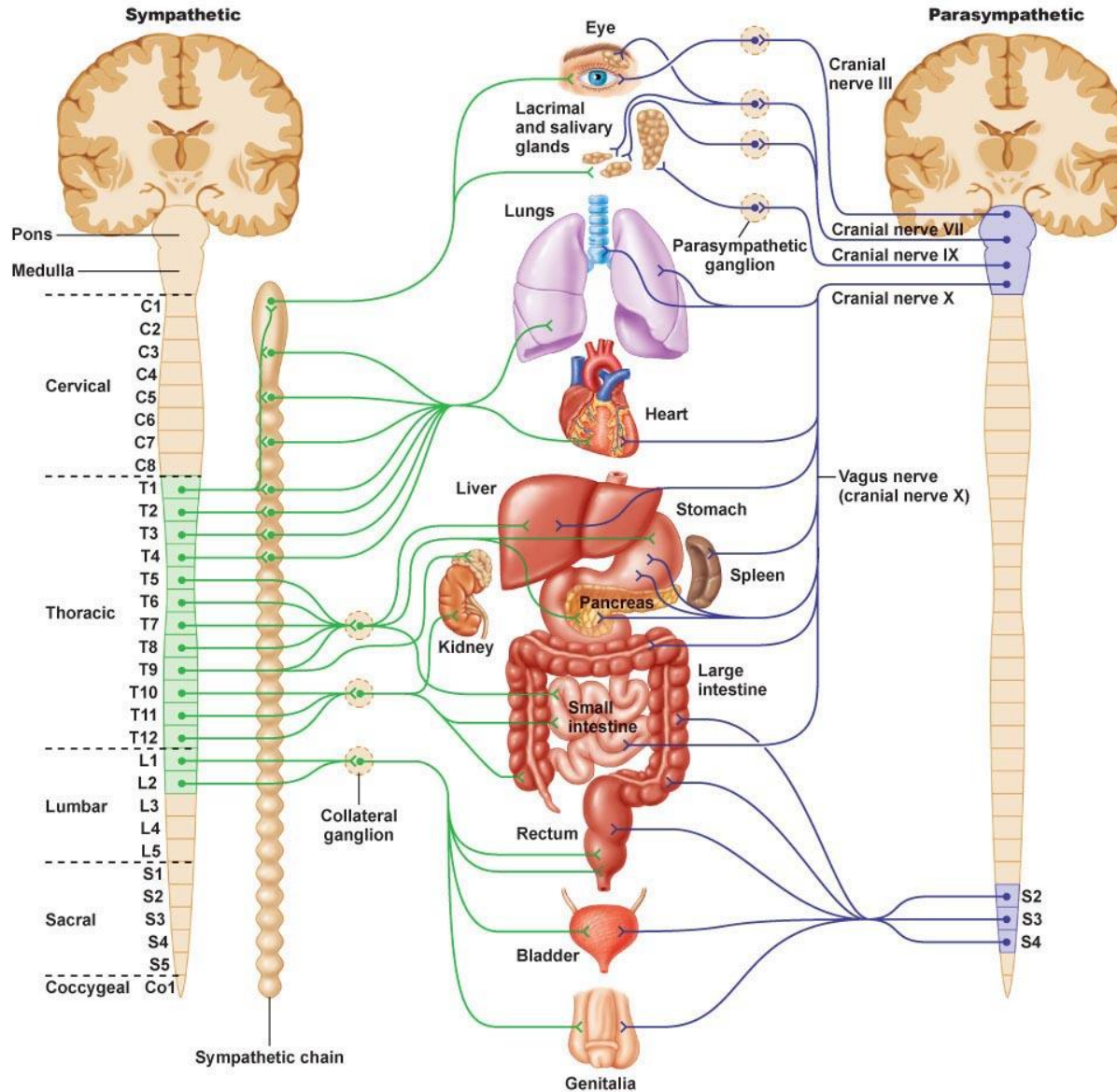
Sempatik sinir sistemi;

- Omuriliğin 1. torasik (**sırt**) segmentinden 3. lumbal (**bel**) segmentine kadar olan bölgesinde, lateral (yan) kolondan çıkarak omuriliği terk ederler.
- Pregangliyonik nöronlar, omurilikten çıkar çıkmaz omuriliğin her iki yanında bulunan sempatik gangliyonlara uğrarlar.
- Sindirim sistemi ve ürogenital sistem (boşaltım ve üreme) dışında kalan sistemlerin aktivitelerini hızlandırır.

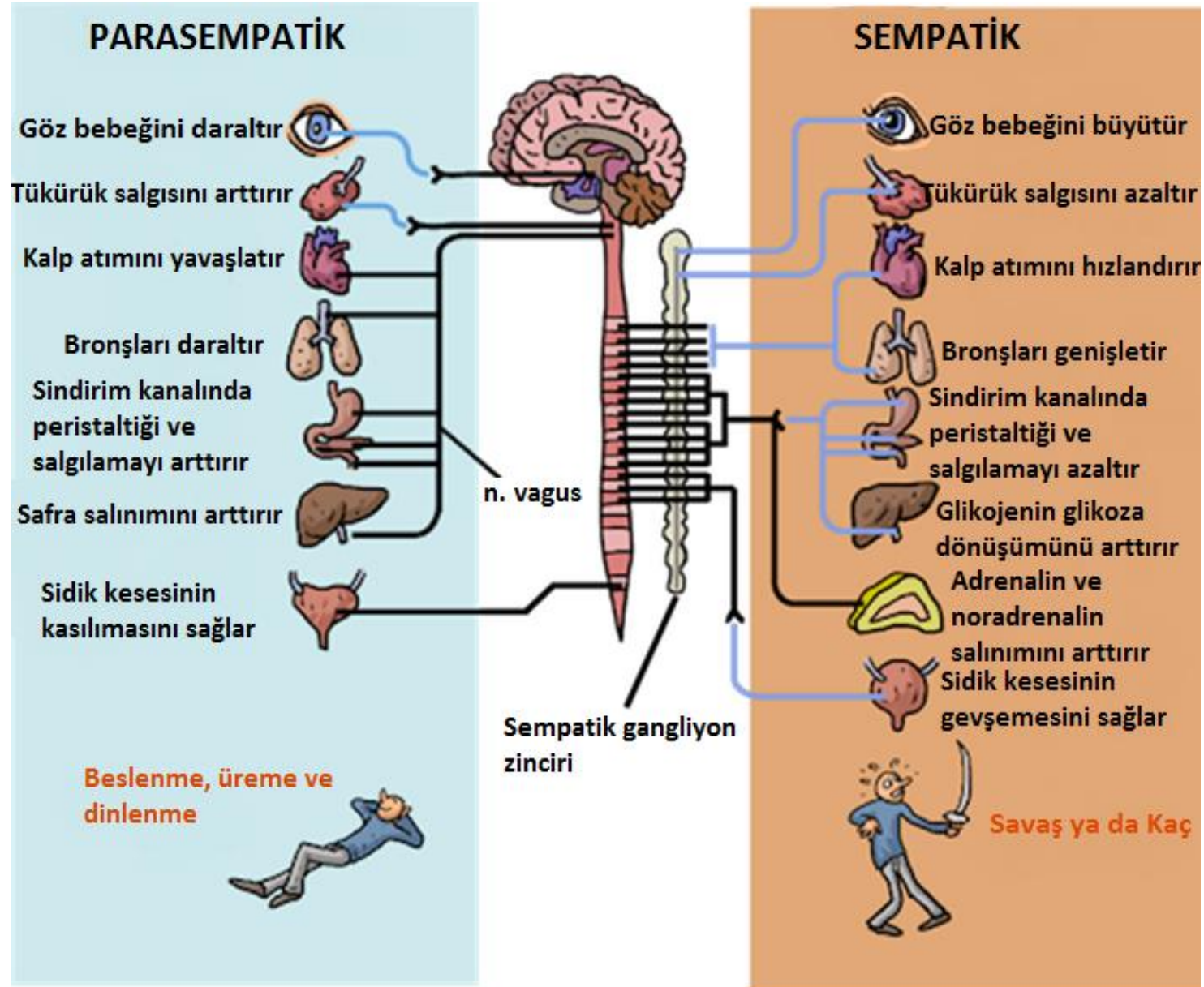
Parasempatik sinir sistemi;

- **Kranial bölümü:** 3., 7., 9. ve 10. kranial sinirler
- **Sakral (kuyruk sokumu) bölümü:** 2., 3. ve 4. sakral omurilik bölgesinden çıkarlar.
- Organlara çok yakın ya da organ içinde bulunan gangliyonlarda sinaps yaparlar.
- **Sindirim sistemi ve ürogenital sistemlerde** (boşaltım ve üreme) aktiviteyi arttırır, diğer sistemlerde ise azaltır.

Sempatik ve parasempatik sinir sistemi



Parasempatik ve sempatik sistemlerin fonksiyonları



Korunma reaksiyonu (savaş ya da kaç!!!)



- **Sempatik sistem** stres ve tehlike anında devreye girer, imdada yetişir:

❖ **Korunma reaksiyonu (savaş ya da kaç!!!)**

- Kalbin hızlı çarpması
 - Kan basıncının yükselmesi (damarlarda daralma)
 - Kan glikoz düzeyinin artması
 - Kılların dikleşmesi, terleme
 - Derideki ve sindirim kanalındaki damarlarda daralma (kan kalbe ve motor kaslara aktarılır)
 - Pupillanın genişlemesi
 - Sindirim aktivitelerinin azalması
- Tüm bu reaksiyonlar **hipotalamusun** sempatik sinir sistemi üzerindeki kontrolü ile gerçekleşir.
 - **Parasempatik sistem** ise sempatik sistemin aşırı çalıştığı durumlarda meydana getirdiği stresi tolere etmek için devreye girer, sempatik sinir sistemini frenler.

