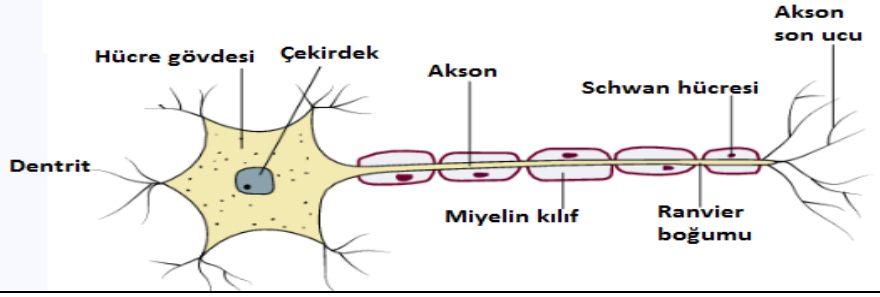


SINİR HÜCRESİNİN YAPISI VE ÇEŞİTLERİ

Sinir Hücresinin Yapısı ve Çeşitleri:

Bir nöronun yapısını oluşturan kısımların isimleri:
 -sinir hücreleri vücutumuzda en fazla özelleşen hücreler olup nöron olarak isimlendirilirler.
 -bir canlıda milyonlarca sinir hücresi bulunur.
 -Bir nöron hücresi 3 farklı kısımdan oluşur: **dentrit, hücre gövdesi ve akson** adı verilen kısımlardan oluşur.



a-hücre gövdesi:

-içinde çeşitli organellerin bulunduğu nöron kısmıdır.
 -içinde sitoplazma, ribozom ve endoplazmik retikulum ve çekirdeğin bulunduğu kısımdır.
 -granüllü endoplazmik retikulumun bulunduğu bölgeler **Nissil Cımcıkları** olarak isimlendirilir.
 -bu kısımda **nörofibriller** denilen **hücre iskeleti** elemanları da bulunur.
 -sinir hücrelerinde sentrozom bulunmaz ve bölünme yetenekleri çok azdır veya hiç bölünmezler.
 -sentrozomlarının olmaması sinir hücrelerinin bölünmesini engeller.
 -normal şartlarda bölünmezler ve hastalıklarının düzeltilmesi işlemleri zordur.
 -hücre gövdesinden dentrit ve akson adlı bazı uzantılar çıkış yapar.

c-aksonlar:

-dentrit gibi hücre gövdesinden çıkan uzun ve tek olan uzantılardır.
 -akson uzunluğu hücre çeşitlerine göre değişir.
 -omurilikten çıkan **siyatik sinirlerin** aksonları en uzun aksonlara sahiptirler.
 -hücre gövdesinden aldığı bilgiyi diğer sinir hücresinin dentritine doğru taşır.
 -aksonların dallarına veya sonlandığı kısımlara **akson ucu** denir.
 -aksonların uçlarından **nörotransmitter** denilen maddeler salgılanır.
 -bağlı bulunduğu sinirin gövdesinden aldığı bilgiyi diğer sinir hücrelerine taşır.
 -aksonların uzunluğu 1cm'den birkaç metreye kadar olabilmektedir.
 -aksonların etrafı **miyelin kılıf** denilen bir örtü ile çerilidir.
 -**miyelin kılıflar** aksonlar sinirsel **iletimi hızlandırır**.
 -miyelin kılıfların zarar görmesiyle MS(multipl skleroz) denilen hastalıklar oluşabilmektedir.
 -sinir hücrelerinin aksonlarının etrafını saran ve miyelin kılıf üreten hücreler **schwann hücreleri** denir.
 -miyelin kılıfların kesintiye uğradığı kısımlara **ranvier boğumu** denir. Bu boğumlar iletim hızını **yavaşlatır**.
 -miyelin kılıflar sinir hücrelerinde sinirsel iletim hızını yaklaşık 10 kat artırmaktadırlar.
 -miyelin kılıf taşımayan sinir hücrelerinde saniyedeki iletim hızı 15 m/s iken miyelin kılıf bulunduran sinir hücrelerinde sinirsel iletim hızı 150 m/s olabilmektedir.

b-dentritler:

-hücre gövdesinden çıkan kısa ve çok sayıda olan uzantılara **dentrit** denir.
 Sinir hücrelerinin diğer sinir hücrelerinden gelen uyarıların alınmasını sağlarlar.
 -diğer sinir hücrelerinden aldıkları uyarıları elektriksel uyarılar halinde hücre gövdesine iletirler.

Nöroglia(Gliya) hücreleri:

-esas görevleri sinir hücrelerine **desteklik** sağlamaktır.
 -sinir hücrelerinin etrafını sararak sinir hücrelerine çeşitli yönlerde desteklik sağlarlar.
 -sinir hücrelerini bir arada tutmak, onlara besin ve oksijen desteği sağlamak, parazitlere karşı korumak, hastalık ve enfeksiyonlara karşı korumak şeklinde özetlenebilir.
 -nöronların ortamında iyon konsantrasyonunun korunmasını sağlarlar.
 -nöronların metabolizma ve işlevlerinin gerçekleştirilmesine yardımcı olurlar.
 -**schwann hücreleri ve oligodendrositler** örnek olarak verilebilir.
 -schwann hücreleri çevresel sinir sisteminde nöronların etrafını sarı uyarı iletimini hızlandıran miyelin kılıf adlı örtünün oluşmasını sağlar.
 -oligodendrositler merkezi sinir sisteminde nöronların etrafında yer alan miyelin kılıf oluşturur.

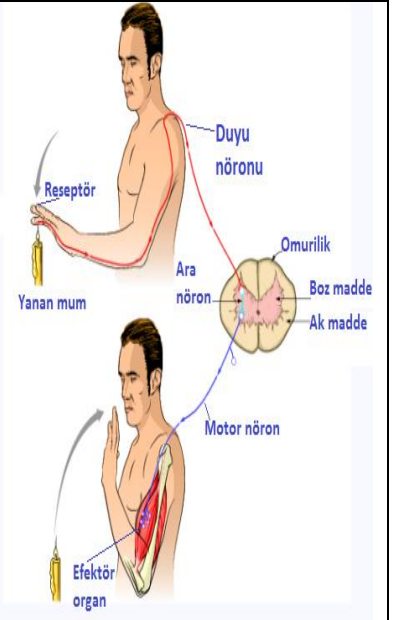
Fonksiyonlarına Göre Nöron Çeşitleri:

a-Duyu Nöronları(Afferent Nöronlar):

-duyu organlarındaki reseptörlerden ve diğer vücut organlarından aldıkları uyarıları, bilgileri merkezi sinir sistemi olan omurilik beyine taşıyan nöron çeşitleridir.
 -alıcı ve getirici nöronlar olarak adlandırılırlar.
 -bu nöronların gövdeleri omuriliğin dışında yer alır.
 -bu nöronların aksonları omuriliğin arka kökünden giriş yapar.
 -duyu organlarından tat, koku, ışık, basınç, ağrı gibi uyarıları merkezi sinir sisteminde getirilmesini sağlayan getirici nöronlardır.

Bir kişinin sadece duyu nöronları zarar görmüşse:

-duyu organlarındaki reseptörler dışarıdan gelen uyarıyı alır ve duyu nöronlarına verir ancak duyu nöronları zarar gördüğünden duyu nöronlarından gelen uyarılar merkezi sinir sisteminde taşınmaz. Bu durumda kişinin eli yansa bile bunu hissetmez. Bu kişinin diğer motor nöronları çalıştığından elini oynatabilir ve elini çekebilir. Örneğin **yerel anestezi** uygulamalarında kişi kolundaki ağrıyı hissedemez ancak motor nöronlar çalıştığı için kolunu oynatabilir.)



b-Ara Nöronlar(İnter Nöronlar):

-merkezi sinir sistemi olan beyin ve omurilikte bulunan sinir hücreleridir.
 -duyu nöronları ile motor nöronlar arasındaki bağlantıyı sağlarlar.
 -ara nöronların tümü merkezi sinir sisteminde yer alır.
 -duyu nöronlarından gelen uyarıları değerlendirip ilgili cevabın oluşmasını sağlarlar. Yani gelen uyarının değerlendirilmesini sağlarlar.
 -gelen uyarıların değerlendirilip oluşan cevabın götürücü nöronlar olan motor nöronlara iletilmesini sağlarlar. Duyu nöronu ile motor nöron arasında bulunup bunlarla sinaps yaparlar.

Bir kişinin sadece ara nöronları zarar görmüşse:

-kişinin eline iğne batırılmasıyla oluşan uyarı duyu nöronları tarafından merkezi sinir sistemi olan beyin ve omuriliğe iletilir ancak merkezi sinir sistemindeki ara nöronlar tahrip olmuşsa gelen uyarı değerlendirilemeyeceğinden iğne ağrısını hissedilemez ve cevap oluşmadığı için tepki de veremez. Bu duruma **felç** örnek olarak verilebilir.

c-Motor Nöronlar(Efferent Nöronlar):

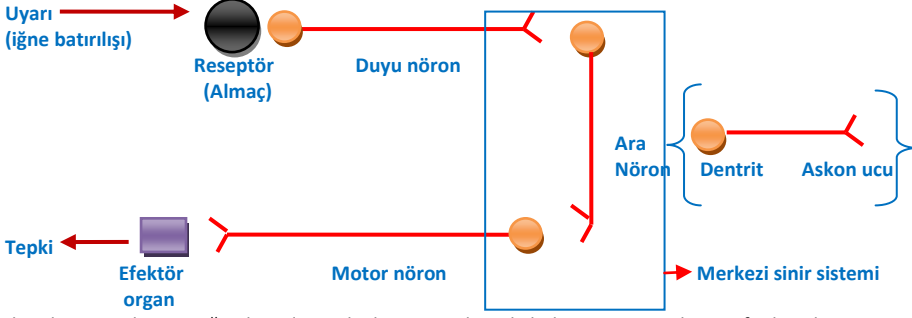
-merkezi sinir sistemi olan beyin ve omurilikte oluşan cevabın efektör organlara(hedef dokular) taşınmasını sağlayan götürücü nöronlardır.
 -omurilikte oluşan cevabı ara nöronlardan alıp omuriliğin ön kökünden çıkış yaparlar.
 -bu nöronların hücre gövdeleri omuriliğin **boz maddesi** içinde yer alır.
 -merkezi sinir sisteminde aldıkları cevapları kas ve besin gibi hedef organlara taşıyan nöron çeşitlerine **motor nöronlar** denir.

Bir kişinin sadece motor nöronları zarar görmüşse:

-duyu nöronları çalıştığından duyu organları tarafından verilen uyarılar merkezi sinir sisteminde iletilir ve merkezi sinir sistemindeki nöronlar gelen uyarıyı değerlendirir ve uygun bir cevap(ağrıyı hissederek) oluştururlar ancak motor nöronları olan götürücü sinir zarar gördüğünden merkezi sinir sisteminde oluşan cevap(ağrı hissi) efektör organlara iletilmeyeceğinden dolayı kişi elini çekemez. Yani kişinin eli sıcak bir cisme dokunduğunda kişi sıcaklık hissini alır ama elini çekemez. Örneğinin kişinin yüzüne yapılan **botoks** uygulamalarında bu bölgede yer alan motor nöronlar çalışmadığından merkezi sinir sisteminde oluşan cevaplar yüz kaslarına ulaşmaz ve yüzde meydana gelen olası mimiklerde azalma görülür.

SINİR HÜCRESİNİN YAPISI VE ÇEŞİTLERİ

Refleks yayı çizimi:



-bir elin parmak ucuna iğne batırılmasıyla duyu organlarında bulunan reseptörler tarafından alınan uyarı duyu nöronlarına verilir. Duyu nöronları reseptörlerden aldıkları uyarıları merkezi sinir sistemindeki ara nöronlara iletir. Ara nöronlarda meydana gelen bir değerlendirme sonucu oluşan cevap motor nöronlarına verilir. Motor nöronları ara nöronlardan aldıkları cevapları efektör organ olan kas ve bez gibi organlarına taşırlar.

Yapılarına göre nöron çeşitleri

a-tek kutuplu nöronlar(unipolar):

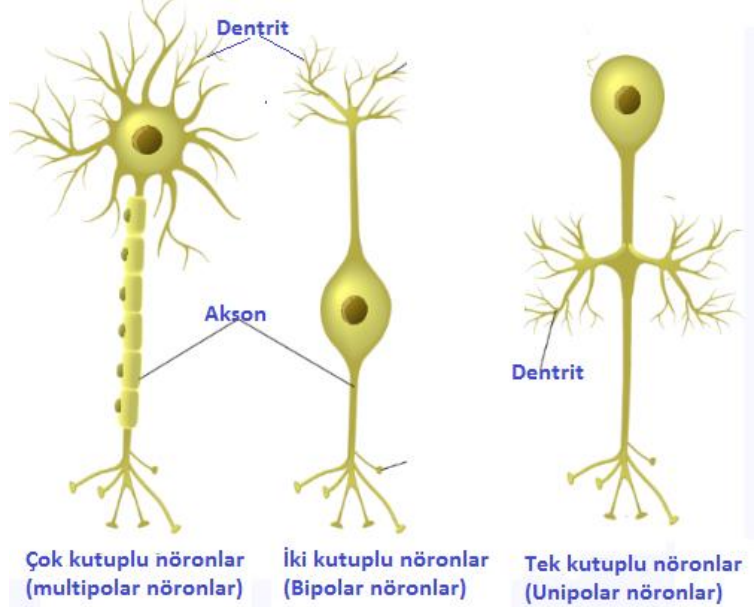
- nöron gövdesinden tek bir dentrit ve tek bir akson çıkışı görülür.
- omurgasız hayvanlarda bulunan duyu nöronları bu tiptedir.
- çevresel sisteminde yer alan getirici nöronlar örnek olarak verilebilir.

b-iki kutuplu nöronlar(bipolar):

- nöron gövdesinden karşıt kutuplara iki uzantı giden nöron çeşitleridir.
- bu tip nöronlar duyu organlarından koku ve görme duyu organlarında bulunurlar.
- işitme, görme, koku duyu organlarında görülen tipte nöronlar bulunur.

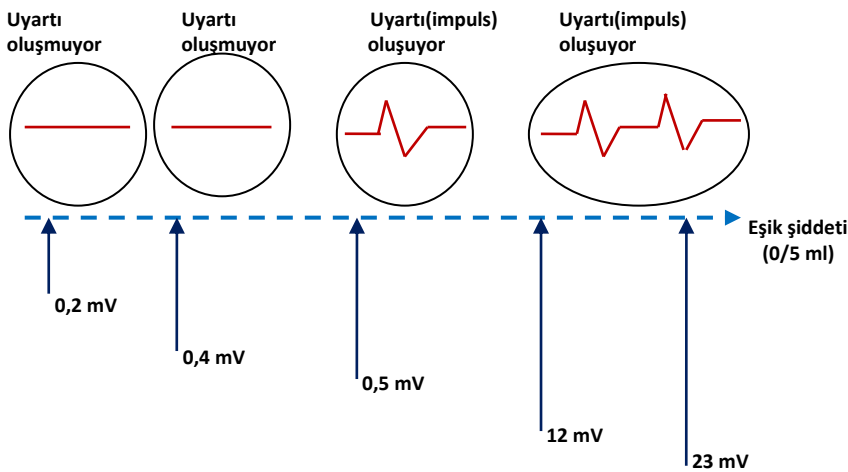
c-çok kutuplu nöronlar(multipolar):

- nöron gövdesinden çıkan çok sayıda dentrit ve tek bir akson çıkışı görülür.
- motor nöronlar ile ara nöronlar genellikle bu tiptedir.



Sinir Hücrelerinde İmpuls Oluşumu ve İletimi:

- dış çevreden gelen ışık, koku, sıcaklık, basınç gibi uyarıların sinir hücrelerinde oluşturdukları elektrokimyasal değişimlere **uyartı(impuls)** denir. İmpuls iletimi nöron boyunca dentritten aksona doğru gerçekleşir.
- dışarıdan veya içeriden gelen bir uyarının sinir hücrelerinde elektrokimyasal değişimler oluşturabilmesi için en az **belli bir şiddette** olması gerekir.
- bir nöronda uyartı oluşturabilen en küçük uyarı şiddetine **eşik değeri (eşik şiddeti)** denir. Nöronlar eşik değerinin altında uyarılara cevap vermezler.
- nöronlar eşik şiddeti ve üzerindeki uyarılara cevap yani tepki verirler bu duruma **ya hep ya hiç prensibi** denir.
- eşik şiddeti kişiye göre değişebildiği gibi zamana göre de değişebilmektedir.

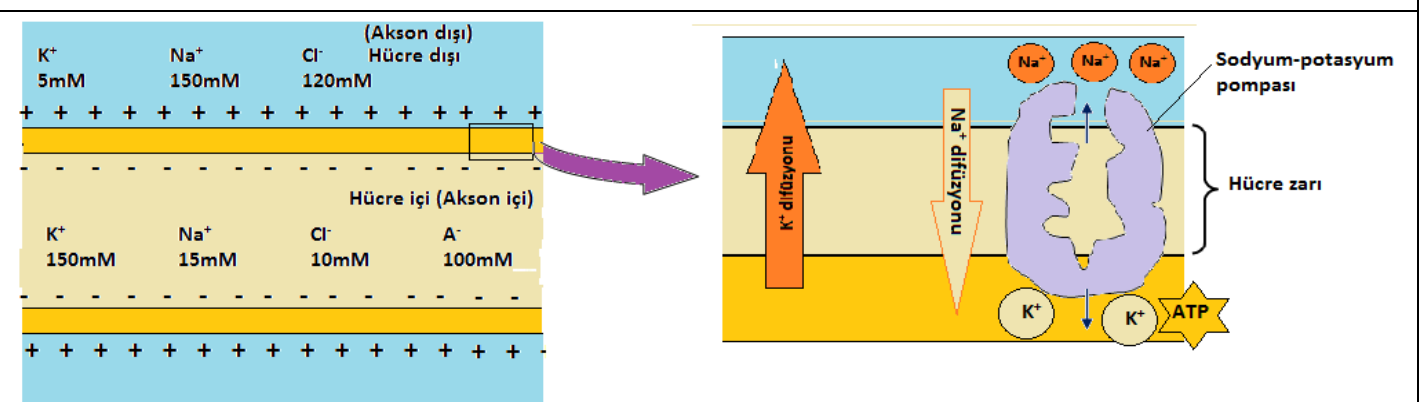
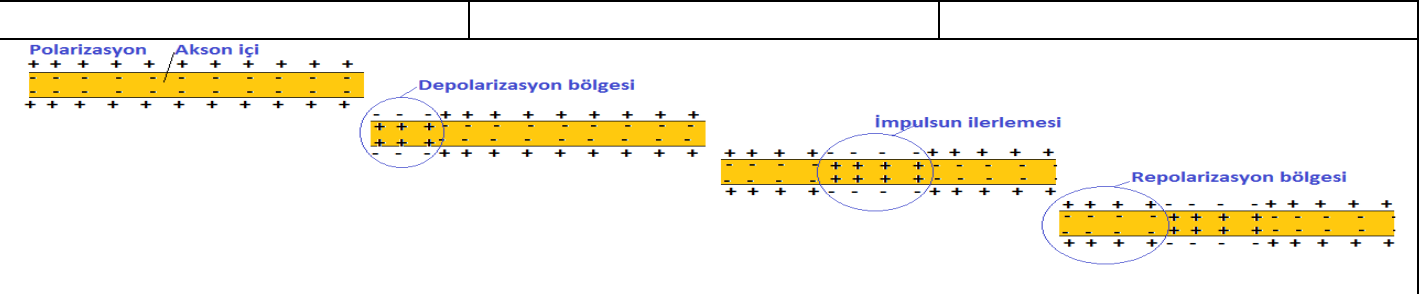
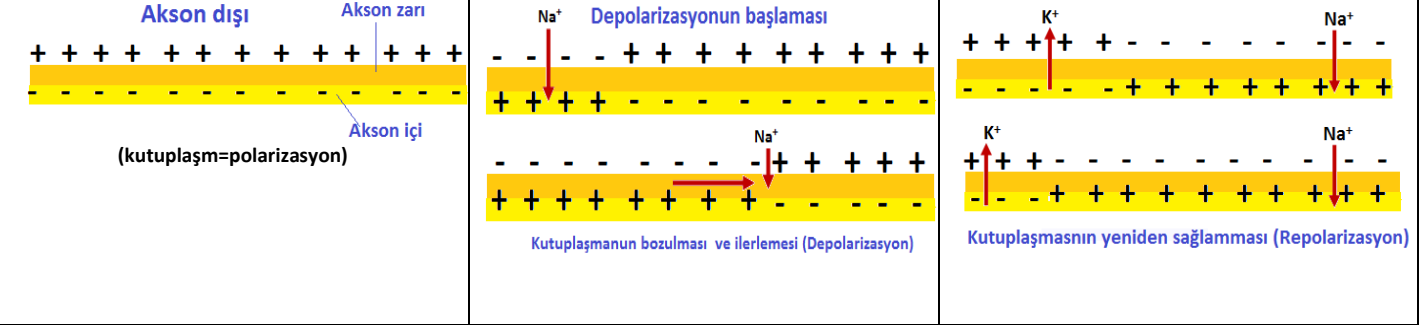


- yukarıda verilen örnekte bir uyarının sinir hücrelerinde uyartı oluşturabilmesi için belli bir değere eşit veya büyüklükte olması gerekmektedir. Uyarının sinir teline -çevrilmesiyle uyarı şiddetinin 0,5 mV olması durumunda nöronda elektro kimyasal değişimlerin olduğu görülmektedir.
- burada nöron eşik değerinin altındaki uyarılara karşı bir impuls başlatmazken eşik şiddetinin üzerindeki artışta aynı tepkiyi verir.
- 0,5 mV değeri eşik değerini oluşturur. Bu değerden daha küçük olanlara nöronlar tepki vermezler.
- eşik şiddetinin üstünde uyarılar her bir impulsun büyüklüğünü değiştirmezken birim zamanda daha çok impulsun oluşmasını sağlar.
- bir nörona gelen uyarı şiddetinin artmasına bağlı olarak bir nöronda meydana gelen impuls büyüklüğü değişmez bu durumun nedeni uyarının oluşması için gerekli olan enerji uyarıdan değil de nörondan sağlanmasıdır.
- nöronlarda impuls iletimi fiziksel ve kimyasal (elektrokimyasal) yolla gerçekleşir. Uyarı taşımayan bir nöron ile uyarı taşıyan bir nöron arasında oksijen kullanımı, sıcaklık artışı, CO₂ üretimi, metabolik hız açısından farklılıklar gözlenir. Uyarılmış bir nöron bu özelliklerin hızı artış gösterir.

SINIR HÜCRESİNİN YAPISI VE ÇEŞİTLERİ

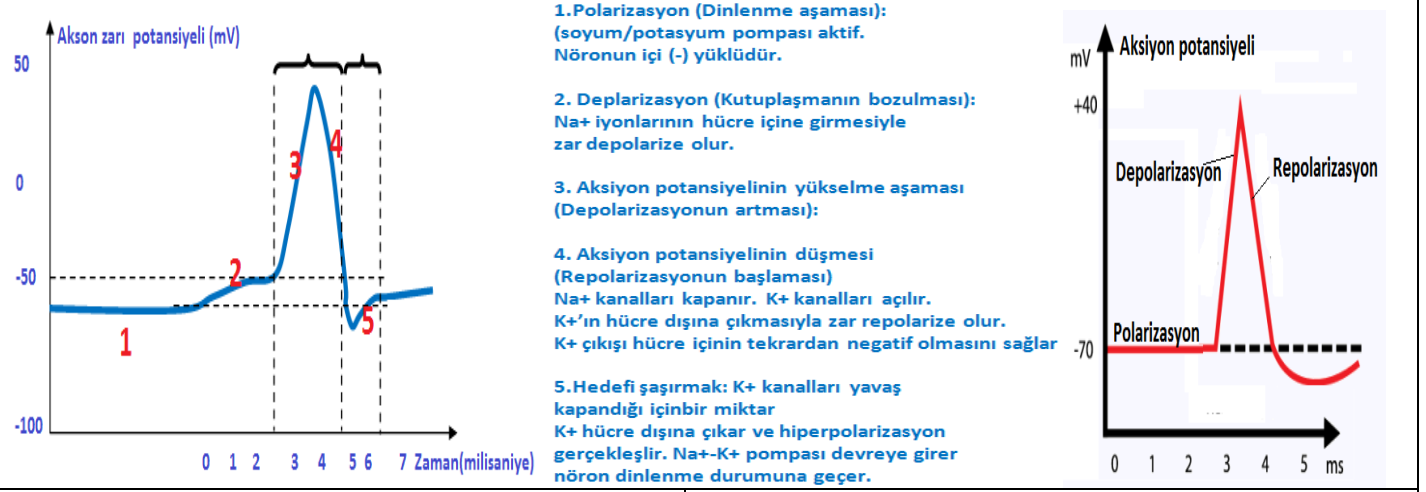
Miyelinsiz bir nöronun uyarılmasıyla bir nöronda impuls iletimi sırasında polarizasyon, depolarizasyon ve repolarizasyon olayları görülür.

a-Polarizasyon(kutuplaşma):	b-Depolarizasyon(kutuplaşmanın bozulması)	c-Repolarizasyon(yük farkının yeniden dengelemesi)
<p>-dinlenme halindeki bir nöronda hücre içi ile hücre dışı arasında elektriksel yük farkı vardır.</p> <p>-nöronun içi ile dışı arasında iyon farkı vardır.</p> <p>-nöronun iç kısmında K⁺ iyonları fazlayken Na⁺ iyonları azdır.</p> <p>- nöronun dışında Na⁺ iyonları fazlayken K⁺ iyonları az miktarda bulunur.</p> <p>-hücre içinin hücre dışına göre daha da negatif(-) olmasının nedeni hücre içinde (-)(anyonlar) iyonların daha fazla bulunmasıdır.</p> <p>-hücre içinde yer alan proteinler, amino asitler, sülfat, fosfat gibi bazı maddeler hücre içini dışarıya göre negatif yüklü olmasını neden olur.</p> <p>-hücre içindeki negatif yüklü klor(Cl⁻) iyonlar olmasına rağmen hücre dışındaki (Cl⁻) iyonlar daha fazladır.</p> <p>-hücre içinin negatif olmasında Cl⁻ iyonlarının etkisi yoktur.</p> <p>-polarize durumdaki bir nöronda K⁺'nin hücre dışına Na⁺'un hücre içine doğru bir normal bir difüzyon hızı vardır.</p> <p>- burada gerçekleşen sodyum-potasyum pompası ATP(enerji) ve enzim kullanarak bu difüzyonun etkisini azlatır ve iki ortam arasındaki yoğunluğu dengede tutar.</p> <p>-sodyum-potasyum pompası içeri aktif taşıma ile giren Na⁺'ları dışarıya, K⁺'ları içeriye taşır.</p> <p>-dinlenme durumunda zar da yer alan Na⁺ ve K⁺ iyon kanallarının neredeyse tamamı kapalıdır.</p> <p>-dinlenme durumunda hücre dışında Na⁺ iyonları içeriye göre yaklaşık 10 kat daha fazladır.</p> <p>-dinlenme durumunda K⁺ iyonları hücre içinde yaklaşık 30 kat daha fazladır.</p> <p>-dinlenme halinde bir sinir telinin içine bir elektrot ve dışına bir elektrot konulup buradaki elektriksel potansiyel ölçüldüğünde yaklaşık -70 mV'luk bir farkın olduğu görülecektir.</p>	<p>-bir nöronun dışarıdan bir uyarı almasıyla birlikte nöronda elektrokimyasal değişimlerin hızı önceki duruma göre çok fazla artış gösterir.</p> <p>-nöronun uyarı alması ile kutuplaşma bozulur ve depolarizasyon başlar yani impuls iletimi başlar.</p> <p>-uyarı alınmasıyla birlikte Na⁺ kapıları açılır ve hücre dışında fazla olan Na⁺ iyonları difüzyonla hücre içine girer.</p> <p>-Na⁺ iyonlarının içeriye girişi tüm aksion boyunca devam ederek aksion son ucuna kadar ilerler. Na⁺ iyonlarının hücre içine girişinde enerji(ATP) kullanımı gerçekleşmez.</p> <p>-hücre içinde Na⁺ ve K⁺ iyonları fazla olmasıyla birlikte hücre içi dışına göre pozitif yüklü hale gelir.</p> <p>-nöronun içinde potizif dışının negatif olması durumuna depolarizasyon denir.</p> <p>-depolarizasyon durumuna gelmiş bir nöron yeni bir uyarıya taşıyamaz. Taşınması için eski haline dönmesi gerekir.</p> <p>-depolarize olmuş bir nöronun içiyle dışı arasında elektriksel güç değeri farkı +40 mV değerindedir.</p>	<p>-depolarizasyon durumundan sonra zar da yer alan Na⁺ kapıları kapanır ve hücre içine Na⁺ iyonlarının girişi biter ve durur.</p> <p>-hücre zarında yer alan K⁺ kapıları açılır ve hücre içinde fazla bulunan voltaja bağlı K⁺ iyonları hücre dışına doğru akmaya başlar.</p> <p>-bu durumla birlikte nöronun içi pozitif(+), nöronun dışının negatif(-) hale gelir.</p> <p>-bu durumda hale polarizasyon durumundan farklı bir durum mevcuttur.</p> <p>-yani hücre içinde Na⁺ iyonları fazlayken hücre dışında K⁺ iyonları fazladır.</p> <p>-bu noktadan sonra (yani repolarizasyondan sonra) (yanihiperpolarizasyon)polarize duruma geçmesi için sodyum-potasyum pompası devreye girer.</p> <p>-bu pompa Na⁺ iyonlarını hücre dışına iletirken hücre dışında yer alan K⁺ iyonlarını hücre içine alır.</p> <p>-yeniden hücre dışında Na⁺ iyonları fazla hale gelirken hücre içinde K⁺ iyonları fazla hale gelir(bu olayda enerji harcanır) ve kutuplaşma yeniden sağlanır.</p> <p>-yani en baştaki iyon farkının yeniden sağlanmaması durumunda nöron yeni bir uyarıyı taşıyamaz.</p> <p>-polarizasyon ve repolarizasyon durumlarında hücre içi (-) yüklü iken dışı (+) yüklüdür ama aralarında fark bulunmaktadır.</p> <p>-polarizasyon durumuna hücre dışında Na⁺ iyonları fazla iken repolarizasyon durumunda ise hücre dışında K⁺ iyonları fazladır.</p>



SINIR HÜCRESİNİN YAPISI VE ÇEŞİTLERİ

Aksiyon potansiyelinin grafiksel gösterimi: nöronun akson kısmında gelen elektrokimyasal değişimler aşağıdaki grafikte verilmiştir.

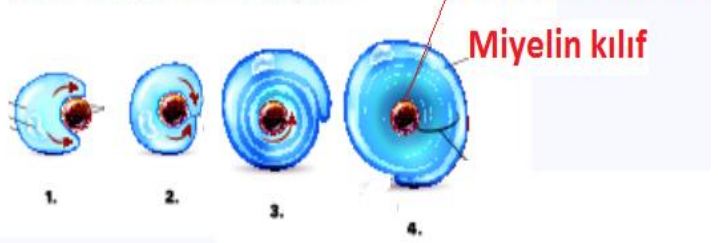


1.nolu durumda Na ⁺ /K ⁺ kanallarının çoğu kapalıdır ve nöron dinlenme durumunda olduğundan aksiyon potansiyeli -70mV civarındadır.	2.Na ⁺ kapıları açılır hücre içine Na ⁺ girişi olur ve hücre içi dışına göre (+) yüklü olur. Depolarizasyon başlar.
3. depolarizasyon durumu eşik şiddetine ulaştığında pek çok Na ⁺ kapıları açılır ve hücre içi dışına göre pozitif olur ve bununla birlikte nörondaki aksiyon potansiyeli artış gösterir.	4.nöron zarındaki Na ⁺ kapıları kapanırken K ⁺ kapıları açılır K ⁺ iyonları dışarı çıkar ve aksonun içi (-) değer alır. 5.sodyum-potasyum pompası ile dışarı çıkmış olan K ⁺ iyonları içeri alınırken dışarı çıkmış olan Na ⁺ iyonları aktif taşıma ile hücre içine alınır.

Miyelin Kılıf Bulunduran Nöronlarda İmpuls İletimi:

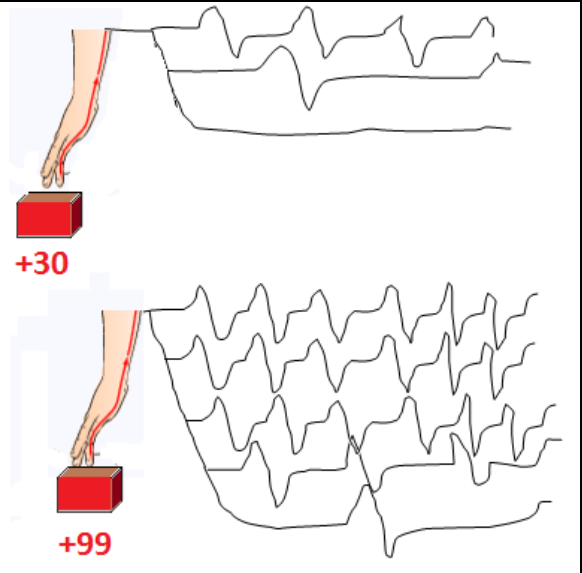
- bir çeşit gliya hücresi olan schwann hücreleri tarafından üretilen yağ tabiatındaki **miyelin kılıf** nöronlardaki impuls iletimini hızlandırır.
- miyelinli nöronların aksonlarında iyonların yer değiştirmesi miyelin kılıfın kesintiye uğradığı kısımlarda depolarizasyon ve repolarizasyon olayları gerçekleşir.
- miyelin kılıfın kesintiye uğradığı bölgeler olan **ranvier boğumlarında** impuls bir boğumdan diğerine atlayarak ilerler. Yandaki şekilde görüldüğü birinci ranvier boğumundan ikinci ranvier boğumuna impuls atlaması gerçekleşmiştir.
- bir nöronun aksonunda ranvier boğumu sayısı arttıkça impulsun ilerleme hızı azalır. Nöronun sahip olduğu aksonun çapı arttıkça impulsun ilerleme hızı artar. 5. Nolu nöronda iletim hızı daha yüksektir.

Nöronda miyelin kılıfın oluşumu

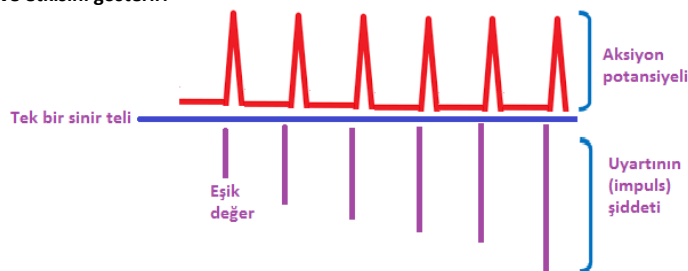


İmpuls iletimini etkileyen bazı faktörler:

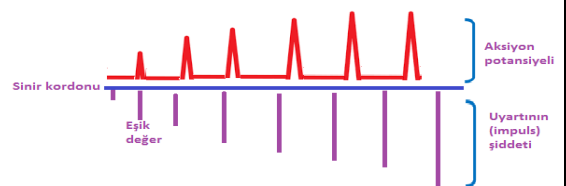
- nöronlar eşik şiddeti ve eşik şiddetinin üzerindeki uyarılara her zaman aynı tepkiyi verirler. **Bir nörondaki impuls iletim hızı sabittir.** Bir nöronu uyarı şiddetinin artışı impuls iletimini hızlandırmaz çünkü impulsun iletimi için gerekli olan enerji uyarandan karşılanmaz daha doğrusu gereken enerji nöronun kendisinden sağlanır.
- bir nöronu etkileyen uyarının şiddetinin artması impulsun büyüklüğünü değiştirmezken birim zamanda oluşan **impuls sayısını artırmak şeklinde etkiler.**
- nöronu etkileyen uyarı şiddetinin eşik şiddetinin çok üstünde olması nöronda meydana gelen impuls(uyartı) sayısını artırarak oluşacak tepki şiddetini artırır.
- ör: Bir kişi 30°C sıcaklıktaki bir demire dokunmasıyla 95°C sıcaklıktaki bir demire dokunması arasında nöronların tepkisi aynı olacaktır ama kişinin göstereceği tepki farklı olacaktır bu durumun nedeni: elden merkezi sinir sistemine birim zamanda gönderilen impuls sayısının farklı olmasıdır.
- 30°C sıcaklıktaki bir demire dokunmasıyla 95°C sıcaklıktaki bir demire dokunma durumları karşılaştırıldığında 95°C sıcaklıktaki demire dokunulunca birim zamanda daha fazla impuls oluşur ve merkezi sinir sistemine daha fazla impuls geçişi olacağı için vücudun tepkisi daha fazla olacaktır.
- daha sıcak bir cisme dokunulduğunda birim zamanda daha fazla impuls oluşurken ama impulsların büyüklüğü değişmez.
- duyu organlarından alınan uyarıların merkezi sinir sistemine taşınma şekilleri aynı iken bu impulsların merkezi sinir sistemine ulaştıkları kısım farklı olabilir.
- merkezi sinir sistemine ulaşan uyarıların türlerinin belirlenmesi uyarıyı algılayan reseptör(almaç) çeşidine göre belirlenir.**



-bir sinir telinde sadece bir nöron varsa bulunan nöronlar yap ha hiç prensibine göre çalışır ve etkisini gösterir.



Sinir kordonunda olası durum

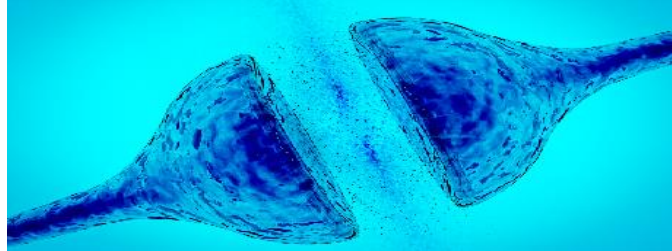


- sinir kordonlarında birden fazla sinir teli bir arada yer alır.
- sinir kordonlarında birden fazla nöron bulunduğu için ya hep ya hiç prensibi geçerlilik kazanmaz.
- sinir kordonun yer alan nöronların eşik değerleri ve impuls oluşturma sıklıkları ve oluşturdukları aksiyon potansiyelleri farklılık gösterir.

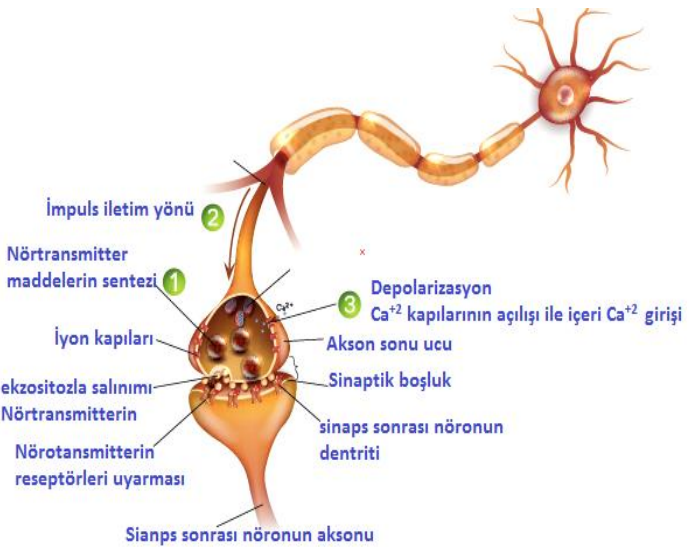
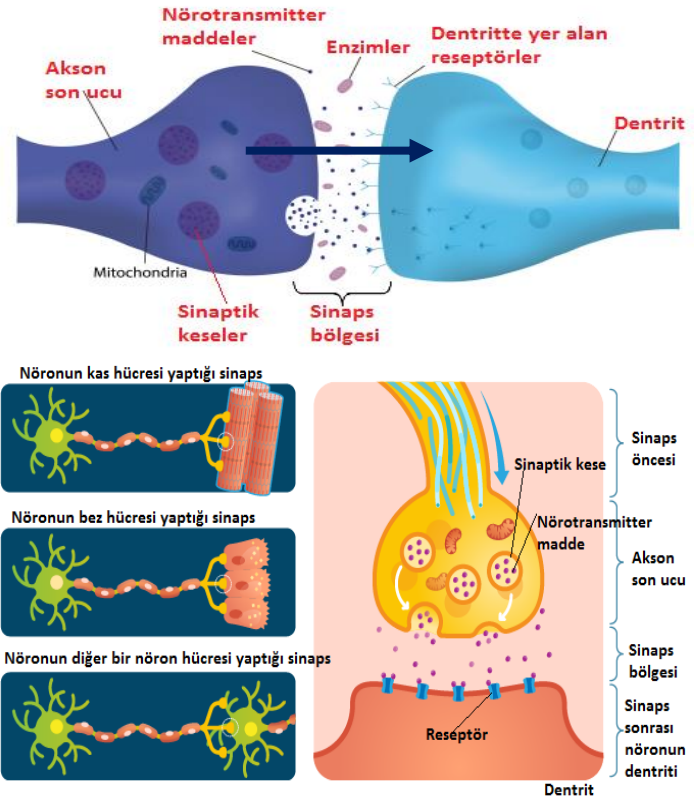
SİNİR HÜCRESİNİN YAPISI VE ÇEŞİTLERİ

Sinapslarda İmpuls Oluşumu ve Hedef Organlarda Tepki Oluşumu

- nöron yapısı üzerinde impuls iletimi dentritten aksona doğru gerçekleşir.
- akson üzerinde ilerleyen impuls(uyartı) akson son ucuna geldiğinde impuls bir boşluk ile karşılaştığından diğer sinir hücresinin dentritine geçiş yapamaz.
- bir sinir hücresinin akson son ucunun diğer sinir hücresinin dentriti veya hedef organ arasında oluşturduğu temasa **sinaps** denir.
- iki sinir hücresi arasında görülen boşluklar sinaps olarak adlandırılır.iki sinir hücresi arasında kurulan boşluğu sinaptik boşluk denir.
- iki sinir hücresi arasında veya bir sinir hücresi ile bir hedef organ arasında gerçekleşen sinirsel iletim **kimyasal maddeler** sayesinde olur.
- sinapslarda 1.nöronun akson son ucundan 2.nöronun dentritine doğru kimyasal maddelerle sinirsel mesaj(bilgi) aktarım gerçekleşir.
- nöron aksonunun son ucunda bulunan kese şeklindeki yapılara **sinaptik yumru** denir. Sinaptik yumruların içinde bol miktarda **nörotransmitter** madde yer alır.
- sinaptik yumrulardan sinaptik boşluğa salgılanabilen çeşitli nörotransmitter maddeler şunlardır: **asetilkolin, dopamin,serotonin, histamin, adrenalin, nöradrenalin....**
- sinaptik yumrulardan sinaptik boşluğa nörotransmitter maddelerin üretilmesi ve sinaptik boşluğa salgılanması zaman aldığından sinapslardaki iletim sinirsel iletim hızını azaltır.
- sinaptik boşluğa salgılanan maddeler işlevlerini tamamladığında bu boşluklarda yer alan enzimler tarafından yok edilirler. Sinaptik boşluklardaki nörotransmitter maddelerin etkisiz hale getirilmemesi durumunda yeni bir impuls iletimi gerçekleşmez.



- Sinapslarda gerçekleşen iletim aşağıdaki gibi olur:**
- impuls aksonun son ucuna geldiğinde akson son ucunun kalsiyum geçirgenliği artar ve nöron içine **Ca²⁺ difüzyonu** gerçekleşir.
 - akson son ucunda yer alan sinaptik yumrulara içi **nörotransmitter dolu keseler hücre zarıyla kaynaşır.**
 - 1.aksonun son ucundan sinaptik boşluğa doğru nörotransmitter maddeler **ekzositoz** ile salgılanır.
 - sinaptik boşluğa ekzositoz ile dökülen nörotransmitter maddeler 2.nöronun zarındaki **reseptörlere bağlanır.**
 - 2.nöronun dentritinde Na⁺ kanalları açılır Na⁺ iyonları nöronun içine giriş yapar ve impuls **2.nöronada depolarizasyon meydana gelir** ve aktarılmış olur.
 - iletim gerçekleştikten sonra sinaptik boşluklarda yer alan nörotransmitter maddeler görevli özel enzimlerle parçalanır ve yeni bir impuls iletimi için ortam hazır hale gelmiş olur.



Nöronlarda uyarı şiddeti ve impuls iletim hızını etkileyen bazı olası durumlar:

- sinapslarda seçici direnç denilen özel bir durum vardır. **Seçici direnç** impulsların sadece ilgili organa iletilmesini sağlar bu yolla diğer doku ve organlar gereksiz yere uyarılmaları engellenir.
- sinapslar kendi aralarında kolaylaştırıcı sinapslar ve durdurucu sinapslar olmak üzere ikiye ayrılır.
- kolaylaştırıcı sinapslar:** bir nöronun aksonunda ilerleyen nöronun bir sonraki nörona aktarılması kolaylaştırıcı sinaps veya sinaptik yumrulardan sinaptik boşluğa salgılanan nörotransmitter maddelerin 2.nöron zarında depolarizasyona neden olmasıdır.
- durdurucu sinapslar:** aksonda ilerleyen impulsların çeşitli nedenlerle bir sonraki nörona aktarımının engellenmesidir. Akson son ucundan sinaptik boşluğa salgılanan çeşitli nörotransmitter maddelerin 2.nöronun zarında yer alan K⁺ kanallarının açılmasını sağlayarak impulsun 2.nöronun depolarize olmasının engellenmesine **durdurucu sinaps** denir.

- İmpuls hızını etkileyen faktörler:**
- miyelin kılıf impuls iletim hızını 10 kat artırabilmektedir.
 - nöron aksonunun çapı arttıkça impuls iletim hızı artar.
 - nöronlar arasında kurulan sinaps sayısı arttıkça sinirsel iletim hızı azalır.
 - nöronun aksonunda görülen ranvier boğumu sayısı arttıkça sinirsel iletim hızı azalır.

- Oluşan tepkinin etkisi:**
- oluşan impuls sayısı arttıkça vücudun tepkisi artar.
 - birim zamanda uyarılan sinir teli sayısı arttıkça tepki şiddeti artar.
 - gelen uyarının şiddetinin artışı tepki şiddetinde de artış gösterir.
 - nöronların sayısı, nöronların dizilişi, dallanma durumları olası tepki şiddetini etkilemektedir.

- İmpuls Sayısını artıran durumlar:**
- uyarı şiddetinin eşik değerinin üzerinde artışı birim zamanda oluşan impuls sayısı artar.
 - birim zamanda uyarılan nöron sayısı arttıkça oluşan impuls sayısı artış gösterir.
- Bir uyarının süresi, uyarının şiddeti, uyarının sıklığı, uyarının frekansının artışı oluşan impuls sayısını artırır.

- Not: bir nöronda gerçekleşen impuls iletim hızı sabittir.
- Not: yani bir nöronda impuls iletimi hep aynı hızda gerçekleşir.
- Not: bir sinir kordonunda pek çok sinir teli bulunduğundan her bir sinir telindeki impuls iletim hızları farklıdır.

SINIR HÜCRESİNİN YAPISI VE ÇEŞİTLERİ

Nöronlarda Sinirsel Tepkiler:

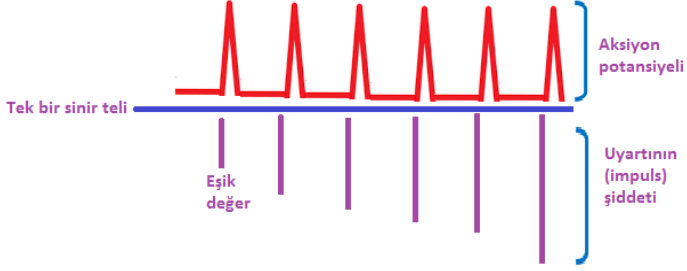
Nöronlarda Sinirsel Tepkiler: dış çevreden gelip nörona elektrokimyasal değişiklikler oluşturabilen uyarılara **uyarı** denir.

-uyaranların nöronlarda elektrokimyasal değişiklikler oluşturabilmesi için belli bir büyüklükte olması gerekir. Nöronlarda impuls oluşturabilen en küçük uyarı şiddetine **eşik şiddeti(eşik değer)** denir.

-eşik değerindeki uyarıların nöronlarda meydana getirdiği elektrokimyasal değişikliklere **impuls(uyartı denir)**.

Ya hep ya hiç prensibi(kuralı):

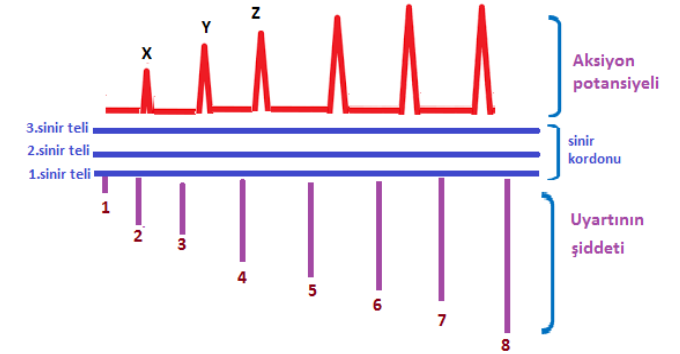
-ya hep ya hiç prensibi sadece bir nörondan oluşan sinir telinde geçerlilik kazanır.
-nöronlar eşik şiddetinin altındaki uyarılara cevap vermezken eşik şiddeti ve daha büyük uyarıları aynı büyüklükte impuls oluştururlar. Bu duruma ya hep ya hiç prensibi denir.
-bir nörona gelen uyarının eşik şiddetinin çok üstünde olması nöronda meydana gelen nöron tepkisini değiştirmemektedir.
-gelen uyarı büyüklüğünün eşik değerinin çok üstünde oluşan impulsun büyüklüğünü değiştirmezken birim zamanda nöronda oluşan impuls sayısını değiştirir.



Uyarının eşik şiddetinin üstünde sürekli artışı oluşan impuls büyüklüğünü ve nöron tepkisini değiştirmez.

Nöronlarda merdiven etkisi

-bir sinir kordonu veya bir nöron demetinde birden çok farklı sinir telleri yer alır.
-sinir kordonlarında ve sinir demetlerinde çok sayıda sinir teli bulunur.
-yani bir arada birden fazla sinir teli bulunur.
-gelen uyarı şiddetinin eşik değerinden fazla olması durumunda aynı anda birim zamanda uyarılan nöron sayısı sayısı artar.
-yani sinir demetinde bulunan nöronları uyarılara verdikleri tepkimler yani oluşturdukları impulsların büyüklüğü farklılık göstermesinden dolayı bu duruma **merdiven etkisi** denir.



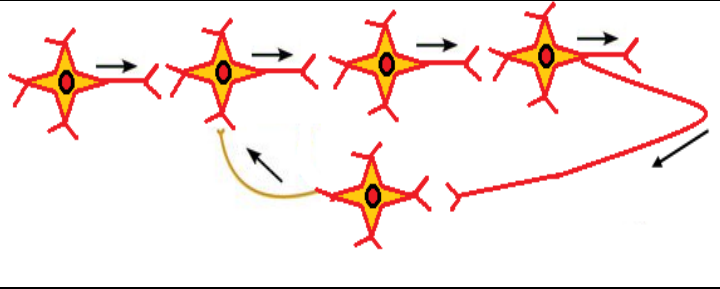
Yukarıdaki verilen örnekte görüldüğü gibi bazı sinir telleri 2'lik bir uyarı şiddetinde tepki verirken bazıları 3'lük bir uyarı şiddetinde tepki verdikleri görülür. Yani sinir kordonun yer alan sinir tellerinin uyarılma eşik değerleri farklılık gösterir.

Çeşitli Sinirsel Yollar

Çeşitli Sinirsel Yollar: Vücutta bulunan sinirsel yollarda çeşitli sinirsel bağlantılar kurulur. Reseptörler tarafından alınan uyarıların duyu nöronları geldikleri merkezi sinir sisteminde ara nöronlarda değerlendirilmesi sonucu oluşan cevaplar motor nöronlar ile kas ve bez gibi efektör organlara iletilmekte ve bu sinirsel yollarda çeşitli bağlantı yolları ve çeşitli bağlantı formları oluşur.

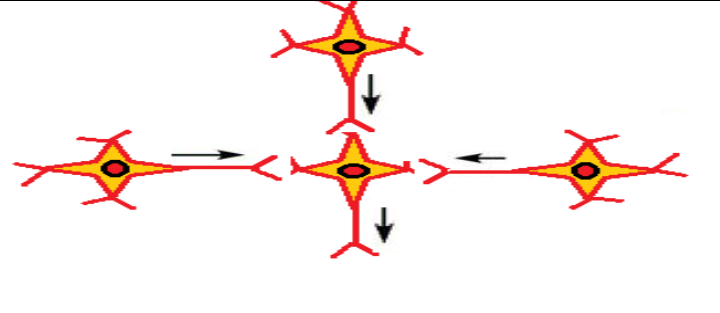
a-geri beslenme yolu bağlantılarının oluşması:

-bu bağlantı tipinde sürekli olarak uyarı oluşumu gözlenir.
-sinirlerin oluşturduğu bağlantı yolunda bir kaç sinir çember şeklinde bağlantı yoluna yeni bir bağlantı oluşturur.
-bu bağlantı yolunda bir sinir teli uyarıldığında sinir telinin bir kısmında uyarıların bir kısmı geriye dönerek yeni impulsların oluşumunu sağlar.
-uyarının kaldırılmasıyla impuls oluşumu belli bir süre devam eder.
-bu bağlantı yollarındaki sinir yoruluncaya kadar impuls oluşumu devam eder.
-bu yolla sürekli çalışan vücut organlarına **ritmik impuls** oluşur.
-kalp, solunum sistemi ve beyinde bu tip sinirsel yollar görülür.



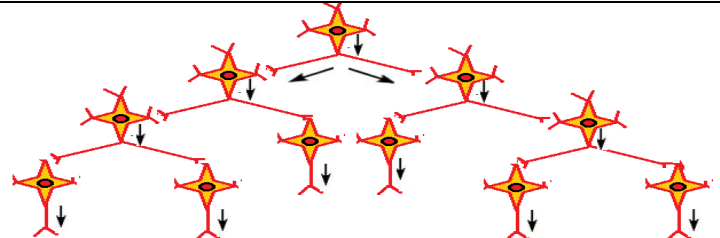
b-birleşme devreleri şeklinde bağlantılarının oluşumu:

-çeşitli noktalardan gelen sinir telleri bir sinirde veya bir grupta toplanır.
-merkezi sinir sisteminde beyin ve omuriliğin çalışmasını sağlayan sinirsel yollardandır.
-bu yolla sinir sistemin bir bütün halinde çalışmasını sağlar.
-vücudun farklı kısımlarından gelen sinir telleri bir efferent sinir hücresi üzerinde birleşmesiyle oluşur.
-merkezi sinir sisteminde beyindeki merkezlerde yer alan motor nöronların hücre gövdeleri bu şekilde uyarılır.
-bu yolla bir sinir hücresi farklı nöronlardan gelen impulsları yorumlayıp meydana gelen cevabı bir motor nörona aktarabilmektedir.
-bu yolda ilk nöron uyarı aldığı sürece impuls oluşumu devam eder.



c-dallanma şeklinde sinirsel bağlantılar:

-tek bir impuls geniş bir alanı etkileyecek şekilde etki gösterir.
Bir impulsun etkisi birden fazla nörona geçmesini sağlayan özel sinirsel yoldur.
-bir sinir hücresi çeşitli dallar oluşturarak pek çok sinir hücresiyle sinaps yapar.
-tek bir uyarının birlerce nörona iletilmesini mümkün kılar.
-bir uyarı bir nöronda impuls oluşturduğunda impuls gittikçe artan sayıda pek çok nörona iletilerek daha fazla sayıda tepkinin oluşmasını sağlar.



d-boşaltma devreleri

-sinirsel yolunda başında yer alan nöronun uyarılmasıyla impulsun yolun sonuna doğru ilerlerken yol üzerinde diğer dallarda yer alan nöronlara da iletilir. dallardaki sinir yollarının daha uzun olmasıyla burada daha geç impuls oluşumu gerçekleşir. Tek bir uyarı ile bir dizi şeklinde devam eden impulsların oluşumu sağlanır.
-başlangıçtaki nöronu etkileyen uyarının durmasına karşın yol üzerinde impuls oluşumu devam edebilir.

