

Nöron Çeşitleri

Nöronlar, gördükleri işe göre 3 gruba ayrılırlar.

Duyu Sinirleri (Afferent Nöronlar)

Bilgiyi vücudun doku ve organlarından alarak merkezi sinir sistemine ulaştıran sinir hücreleridir. Yani organlardaki reseptörlerden aldıkları elektriksel sinyali beyin ve omuriliğe iletirler.

Bu nöronlarda dendrit bulunmaz. Sadece akson taşıdıkları için bu tip nöronlara tek kutuplu nöronlar da denir. Hücre gövdesinden çıkan akson iki kola ayrılır.

Aksonun bir kolu reseptörde diğer kolu ise merkezi sinir sisteminde. Ancak hücre gövdesi ve aksonun çok büyük bir kısmı merkezi sinir sisteminin dışındadır. Vücuttaki sayıları yaklaşık 10 milyon kadardır.

Bağlantı Sinirleri (Ara Nöronlar İnter Nöronlar)

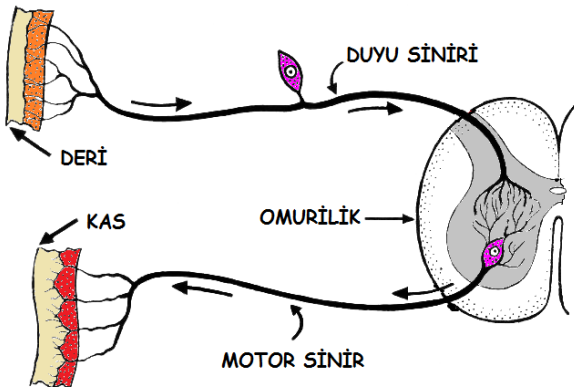
Merkezi sinir sistemindeki tüm nöronların % 99 'unu oluştururlar. Duyu ve motor nöronlar arasına yerleşmiş olan ara nöron sayısı kontrol ettikleri etkinin karmaşıklığına göre değişir.

Yaklaşık olarak merkezi sinir sistemine giren her duyu nöronu için 200.000 ara nöron görev yapar. İnsandaki ara nöron sayısı yaklaşık 20 milyardır.

Motor Sinirleri (Efferent Nöronlar)

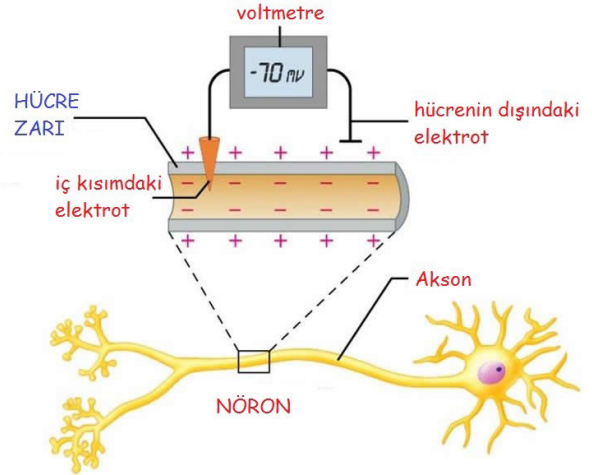
Bilgiyi merkezi sinir sisteminden alarak kas, bez veya diğer sinir hücreleri gibi efektörlere yani tepki organlarına götüren sinirlerdir.

Hücre gövdeleri merkezi sinir sistemi içine yerleşmiş iken aksonları merkezi sinir sisteminden dışarı doğru uzar. Her bir duyu nöronu için yaklaşık 10 motor nöron görev yapar.



Sinirlerde İmpuls Oluşumu ve İletimi

Bütün canlı hücreler zarın iki yüzeyi arasında bir voltaj ya da zar potansiyeline sahiptir. Yani plazma zarı elektriksel olarak kutuplaşmış yani polarize olmuştur. Bunun anlamı zarın bir yüzeyinin diğerine göre daha negatif olduğudur. Zarın iki yüzeyi arasındaki bu potansiyel farka **zar potansiyeli** adı verilir.



Dinlenme durumundaki bir nöron hücresi -70 mili voltluk bir zar potansiyeline sahiptir. Burada işaretin negatif olması hücre içinin dışına göre negatif yüklü olduğunu belirtir.

Zar potansiyeli, Na^+ ve K^+ iyonlarının hücre tarafından kontrollü şekilde hücre içi ve dışına taşınmasıyla sağlanmaktadır. Bunun yanında hücre içinde bulunan anyonlar da (proteinler, aminoasitler, sülfat, fosfat ve diğer negatif yüklüler) zar potansiyelinin oluşmasında etkilidir.

İyonlar yağda çözünmedikleri için fosfolipit tabakasını difüzyonla geçemezler. İyonların zardan geçişi ya zardaki taşıyıcı proteinlerce pompalanmaları ya da iyon kanalları boyunca pasif olarak hareket etmeleridir. İyon kanalları özgül iyonlar için seçicidir.

Zar potansiyelinin oluşturulması, hücredeki Na - K pompası tarafından sağlanır. Bu pompa sürekli olarak Na^+ iyonlarını hücre dışına, K^+ iyonlarını ise hücre içine taşıyarak -70 milivoltluk zar potansiyelinin oluşmasını sağlar.

Tüm hücreler zar potansiyeline sahip olmasına rağmen, aralarında sinir ve kas hücrelerinin de bulunduğu belirli hücre tipleri zar potansiyellerinde büyük değişimler oluşturabilme yeteneğine sahiptirler.

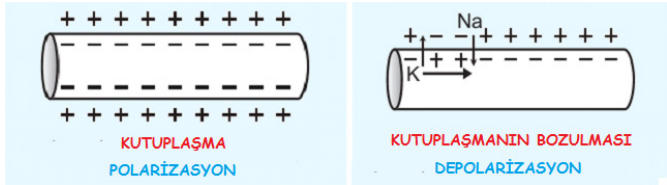
Bu hücrelere **topluca uyarılabilen hücreler** denir.

Dinlenme durumundaki bir uyarılabilen hücrenin zar potansiyeline **dinlenme potansiyeli** adı verilir.

Uyarılabilen hücrelerde zar potansiyelinin değişime uğratılması bir uyarana tepki olarak açılan ya da kapanan kapılı iyon kanalları sayesinde gerçekleştirilir. Bu kanallar sürekli açık olan kapısız Na^+ ve K^+ kanallarından farklı yapıda kanallardır.

Kapılı iyon kanalları sadece tek bir tip uyarana cevap olarak açılır ya da kapanır. Örneğin kimyasal kapılı iyon kanalları sinaps noktalarından salınan nörotransmitter maddelerin etkisiyle açılıp kapanırken, voltaj kapılı iyon kanallarının açılıp kapanması zar potansiyelindeki değişimler sonucu uyarılır.

Sinir hücresi dinlenme halinde iken hücre dışı pozitif, hücre içi ise negatif yüklüdür. Hücrenin bu durumu Na^+ - K^+ pompası tarafından sağlanır ve polarizasyon adını alır.



İç ve dış çevredeki uyarılar, sinir hücresinde **impuls (uyarı)** adı verilen elektriksel ve kimyasal değişiklikleri başlatır. İmpuls oluşabilmesi için, uyarı şiddetinin eşik değeri aşması gerekir.

Sinir hücresinde impuls oluşumunu sağlayan en düşük uyarı şiddetine **eşik değer** ya da **eşik şiddet** denir.

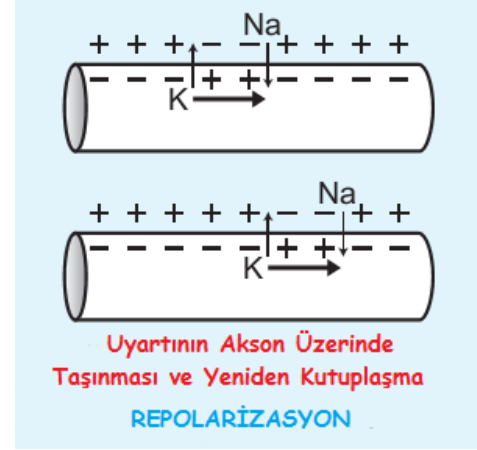
Sinir hücresi bu değer altındaki uyarılara tepki vermez. Eşik şiddet ve üzerindeki uyarılara ise aynı şekilde tepki verir. Bu durum **ya hep - ya hiç prensibi** olarak adlandırılır.

UNUTMA !

Bir sinir hücresi eşik değer altındaki şiddete sahip uyarılara cevap vermezken eşik değer ve üzerinde şiddete sahip uyarılara aynı şekilde cevap verir.

Sinir hücresi aktivite gösterdiğinde yani impuls iletimi yaptığında zarın Na^+ iyonlarına geçirgenliği yaklaşık 500 kat artar ve Na^+ iyonları büyük bir hızla içeri girer. Bu durumda polarizasyon bozulur ve potansiyel farkı +40 milivolta çıkar. Bu duruma **depolarizasyon** denir.

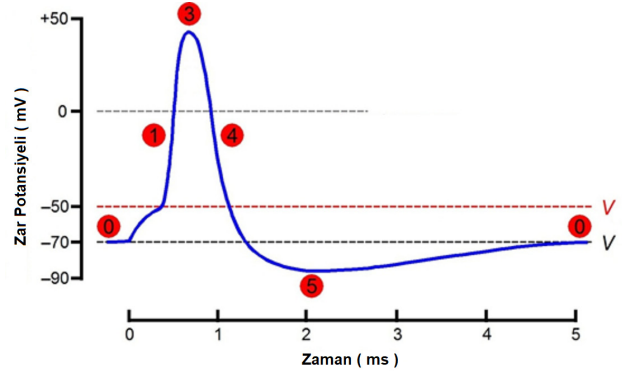
Sinir hücresi üzerinden impuls geçtikten sonra zar potansiyeli dinlenme durumuna tekrar dönüştürülür. Bu durum ise yeniden polarize olma anlamında **repolarizasyon** olarak adlandırılır.



Uyarılabilir bir hücrenin zar potansiyelindeki hızlı değişim **aksiyon potansiyeli** olarak adlandırılır ve bu değişiklik impuls oluşumunu tetikler.

Depolarizasyon durumunda Na^+ kanalları açıldığı için Na^+ iyonları hızla hücre içine dolar. Ancak belli bir süre sonra bu giriş durdurulur. Na^+ girişinin durdurulmasından hemen önce K^+ iyonları dışarı çıkmaya başlar. Hücreye giren Na^+ kadar dışarı K^+ iyonu atılır.

Ancak K^+ kanalları yavaş kapandığı için zar dinlenme durumuna dönmeye önce bir miktar hiperpolarize olur. Daha sonra Na^+ - K^+ pompasının etkinliği ile zar dinlenme potansiyeline tekrar kavuşturulur.



0 = Dinlenme potansiyeli (Polarizasyon)

1 = Depolarizasyon

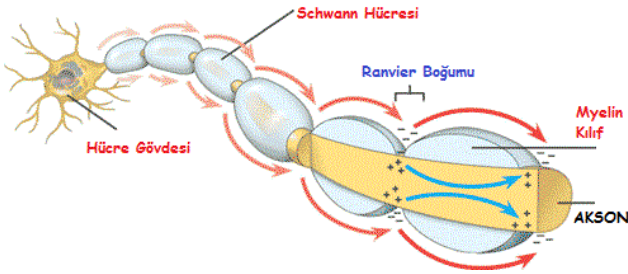
4 = Repolarizasyon

Sodyum iyonlarının hücre içine girmesi ile oluşan ilk aksiyon potansiyeli zarın bir sonraki bölgesinde de başka bir aksiyon potansiyeli oluşturur. Aksiyon potansiyeli oluşuktan sonra akson boyunca ard arda devam eder. Yani impulsun iletimi aksiyon potansiyelinin ardı ardına tekrarlanmasıyla olmaktadır. (Domino taşlarının devrilmesi gibi)

Aksiyon potansiyelinin akson boyunca tekrarlanma hızını akson çapı ve aksonun myelin kılıf taşıyıp taşıyamaması etkiler.

Akson çapı ne kadar büyükse iletim hızı o kadar yüksek olur. Çünkü kalın bir aksonda belirli bir zaman dilimi içinde daha çok iyon akar ve sonraki bölgede daha çabuk aksiyon potansiyeli oluşturulur.

Omurgalılarda, aksiyon potansiyelinin tekrarlanma hızını artıran myelin kılıf evrimleşmiştir. Myelinli aksonlarda iyon akımı sadece Ranvier boğumlarında olur. Bu sebeple myelinli aksonlarda görülen iletime **atlamalı iletim** denir.



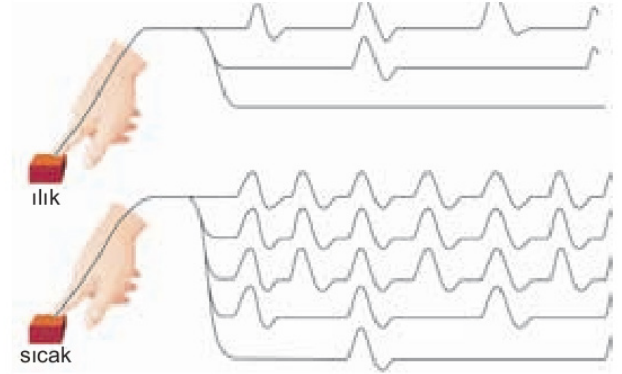
Myelin kılıf impuls iletim hızını yaklaşık olarak 10 kat artırmaktadır. Myelin kılıf taşımayan aksonlarda impuls iletim hızı 12 m/sn iken myelinli aksonlarda bu hız 120 m/sn kadardır.

Bir nöronda impuls iletilirken, elektriksel değişiklikler yanında kimyasal değişiklikler de olur. İmpuls iletilirken O_2 ve glikoz harcanması, bunun yanı sıra CO_2 oluşup sıcaklığın artması kimyasal değişikliklerdir.

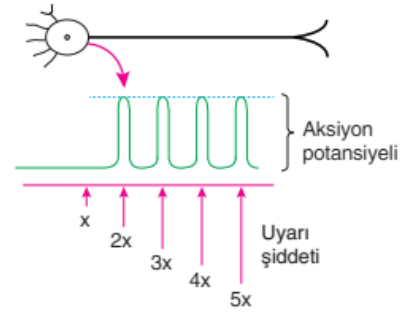
Uyarının eşik şiddette veya daha fazla olması impulsun hızını ve şiddetini değiştirmez. Ya hep ya hiç yasasına göre eşik şiddetin üzerindeki uyarılar aynı şiddette impuls oluşumuna sebep oluyor ve bu impulsun aynı şekilde taşıyorsa uyarının şiddeti nasıl algılanır sorusunun cevabı frekansta gizlidir.

Reseptöre ulaşan uyarının şiddeti ne kadar fazla ise nöronda daha sık aralıklarla impuls oluşturulur. Duyu merkezleri gelen impulsun sıklığına bağlı olarak uyarının şiddetini belirler.

Örneğin sıcak bir cisme dokunduğumuzda oluşturulan impuls sayısı, ılık bir cisme dokunduğumuzda oluşturulandan fazladır.

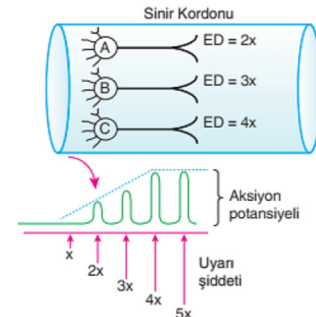


Sinir sistemine gelen uyarının çeşidinin belirlenmesi ise uyarıyı alan reseptörün çeşidine ve impulsu taşıyan yola bağlıdır. Örneğin ışığın fotoreseptörler de oluşturduğu uyarı, beyindeki görme merkezine taşınır ve görüntü olarak algılanır.



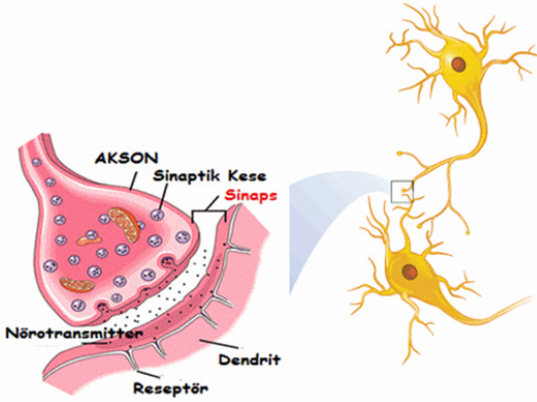
Bir sinir ya da kas hücresi tek başına ya hep ya hiç prensibine uyar. Ancak çok sayıda sinir hücresinden oluşmuş bir sinir kordonu veya çok sayıda kas hücresinden oluşmuş bir kas demeti bu prensibe uymaz. Çünkü her sinir hücresinin uyarılması için gereken eşik değer bir diğerinden farklıdır.

Düşük şiddetteki uyarı öncelikle kolay uyarılabilen sinir tellerini veya kas tellerini uyarır. Uyarının şiddeti arttıkça uyarılan sinir teli sayısı artacağından daha kuvvetli cevap verilir. Belli bir değerden sonra ise verilen cevap değişmez.



İmpulsun Bir Nörondan Başka Nörona Geçişi

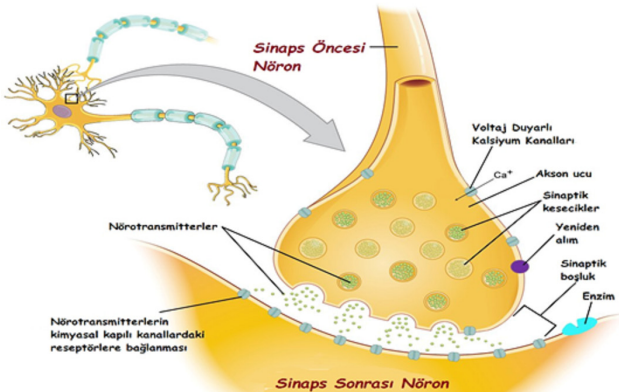
Bir nörondan (**presinaptik nöron**) diğer bir nörona (**postsinaptik nöron**) veya bir nörondan bir efektere (kas ya da bez) impulsun geçmesini sağlayan ya da engelleyen bölgelere **sinaps** denir.



Sinapstan impulsun geçişi ya da durdurulması **nörotransmitter** denilen kimyasal maddelerle sağlanır. Presinaptik nöronun akson ucu- na sinaptik yumru denir.

Sinaptik yumru, karşındaki nöronun dendriti veya hücre gövdesi ile bağlantı kuar. Bağlantı yerinde sinaptik boşluk denilen bir aralık vardır. Sinaptik yumru içinde mitokondri ve nörotransmitter madde taşıyan kesecikler bulunmaktadır. Bu keseciklerdeki nörotransmitterler şunlar olabilir.

- ◆ Asetilkolin
- ◆ Epinefrin (adrenalın)
- ◆ Norepinefrin (noradrenalin)
- ◆ Histamin
- ◆ Dopamin
- ◆ Serotonin



Sinaptik yumruya impuls geldiğinde sırasıyla şu olaylar gerçekleşir.

- Sinaptik uçta aksiyon potansiyelinin oluşması ile voltaja duyarlı Ca^{+2} kanalları açılır.
- Sinaptik uçtan hücre içine Ca^{+2} iyonları girer.
- Ca^{+2} iyonlarının sitoplazmadaki ani artışı, nörotransmitter madde keseciklerinin presinaptik zar ile kaynaşmasına yol açar.
- Ekzositozla, keseciklerdeki nörotransmitterler sinaps boşluğuna dökülür.
- Nörotransmitterler, postsinaptik hücrenin zarındaki reseptörlere bağlanır. Bu sayede karşı nörona Na^{+} girişi başlar. Bu sayede postsinaptik nöronda aynı şiddet ve özellikte bir impuls oluşturulmuş olur.
- İşlevini bitiren nörotransmitterler enzimlerle yıkılır veya başka bir nöron tarafından geri alınır.
- Ekzositoz sonucu kaybedilen zar, endositoz ile geri kazanılır.

Uyartının sinapstan geçişi, nöron üzerindeki geçişine göre daha yavaşır.

Sinapslarda nörotransmitter maddelerin salgılanma miktarı impuls sayısına bağlıdır. İlk impuls geçtikten sonra bunu izleyen impulslar sinapstan daha kolay geçer.

Bir nöron, binlerce sinaps aracılığıyla çok sayıda komşu hücreden bilgi alabilir.

Uyartının çeşidine göre belli miktarda nörotransmitter madde salgılanır. Böylece uyartı seçilir.

Aksondan sinapsa gelen tüm uyartı çeşitleri karşı hücreye ulaşmaz. Bu **seçici direnç** sayesinde bütün organlar değil sadece ilgili organlar uyarılmış olur.

Seçici direnç, öğrenme, hafıza ve karışık olayların birbirinden ayrılmasını sağlar.

Aynı nöron üzerinde bir uyartının başka bir uyartıyı etkisiz hale getirmesine **engelleme**, bir uyartının diğer uyartının gücünü artırmasına ise **kolaylaştırma** denir.

Engelleme ve kolaylaştırma, üretilen nörotransmitter çeşidine bağlıdır.

Bir cisme dokunulduğunda sertliği öğrenilmek istenmişse sıcaklık ve soğuklukla ilgili uyartılar engellenir.