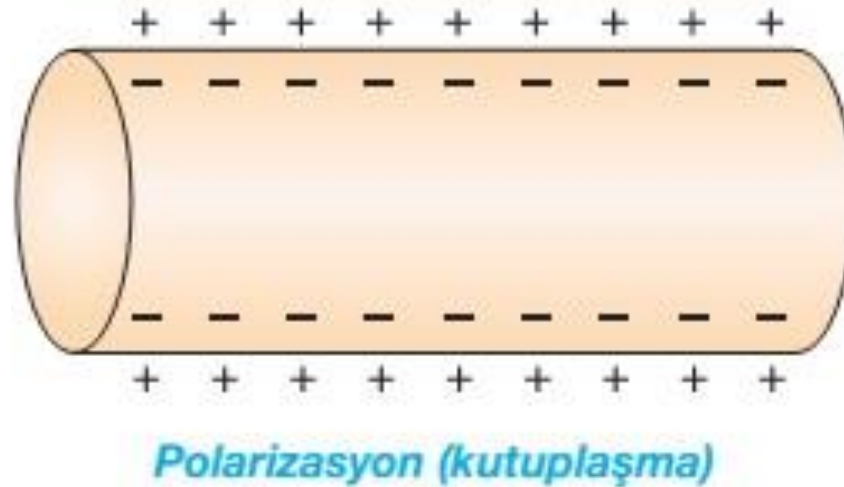


UYARILABİLİR DOKULAR

Öğr. Gör. Seher EROL ÇELİK

SİNİR HÜCRESİNDE ZAR POTANSİYELİ

- Hücre zarı genellikle, hücre içi hücre dışına göre negatif olduğundan dolayı **elektriksel olarak yüklüdür** veya **polarizedir**.



- İyonların dağılımı büyük ölçüde **Na⁺-K⁺** ile oluşturulur.
- Bu pompa, Na⁺ iyonlarını aktif olarak hücre dışına K⁺'u ise hücre içine taşır.

İSTİRAHAT ZAR POTANSİYELİ

- İstirahattaki bir sinir hücresi, sinir sinyalleri göndermez ve uyarı oluşturmaz.
- Dinlenim koşullarında, zarda Na^+ ve K^+ 'un kolaylıkla geçebileceği kapılı olmayan (daima açık) kanallar bulunur.

- İki ortam arasında elektriksel yük volt olarak ölçülebilir.
- Hücre zarının iki yanı arasındaki potansiyel farklılık, **zar potansiyeli** olarak adlandırılır ve **mV** olarak ölçülür.
- İstirahat halindeki bir nöron sinyal oluşturamaz ve başka nöronlardan sinyal alamaz.

- Bu durumdaki nöronda ölçülen potansiyele **istirahat zar potansiyeli** **denir** ve değeri -70 milivolt kadardır.

LOKAL POTANSİYEL DEĞİŞİKLİKLERİ

- Nöronlar uyarılabilirler; yani yüzeylerinde olan değişimlere yanıt verebilirler.
- Hücre zarı bir uyarıya maruz kaldığında sıklıkla zar potansiyelleri etkilenir ve bazı lokal potansiyel değişimleri oluşur.
- Çeşitli uyarılar, zardaki iyon kapılı kanalların açılmasına neden olarak zar potansiyelinde bazı değişiklikler oluştururlar.

- Sonuç olarak, zar potansiyeli istirahat potansiyel düzeyinden daha negatif düzeye gelir ve uyarılma daha da zorlaşır; bu sırada oluşan elektriksel potansiyele **hiperpolarizasyon** adı verilir.

- Eğer zar daha az negatif (daha pozitif) olursa, bu potansiyel **depolarizasyon** olarak adlandırılır.

- Eğer nöronlar yeterince depolarize olmuşlarsa, zar potansiyeli **eşik potansiyel** olarak adlandırılan seviyeye ulaşabilir; bu potansiyel sinir hücrelerinde yaklaşık olarak -55 mV kadardır.
- Uyarılar eşik değere ulaşırsa, sinir sinyallerinin temelini oluşturan **aksiyon potansiyeli** ile sonuçlanır.

AKSİYON POTANSİYELİ

- Multipolar nöronlarda, aksonun birinci bölümü (başlangıç segmenti) genel olarak **tetikleyici bölge** olarak ifade edilir; çünkü burası birçok voltaj-kapılı sodyum kanalları içerir.

- İstirahat zar potansiyeli sırasında, kapalı olan Na^+ kanalları, eşik değere ulaşıldığında hemen açılır ve Na^+ geçirgenliği artar.
- Na^+ iyonları, konsantrasyon farkına bağlı olarak hücre zarından içeriye doğru difüze olurken, zarın iç tarafındaki negatif elektriksel yük bu geçişe yardımcı olur.

- Na^+ iyonları içeriye doğru difüze olduklarında, zar potansiyelinde önceki istirahat değerlerine göre değişimler meydana gelir ve iç taraf pozitif yüklenir (**depolarizasyon**).
- Aksiyon potansiyeli en üst değere ulaştığında, zar potansiyeli +30 mV'a kadar çıkabilir.

- Voltaj-kapılı Na^+ kanalları hızla kapanır; kısa bir süre sonra voltaj-kapılı K^+ kanallarının geçirgenliği artar.
- K^+ iyonları zarın bir bölümünden dışarıya difüze olduğunda, zarın iç bölümü tekrar negatif olarak yüklenir.
- Zar böylece **repolarize** olur.

- Aynı anda voltaj-kapılı K^+ kanalları hemen kapanır.
- Bu yolla, istirahat zar potansiyeli hızlıca yeniden oluşturulur ve başka bir uyarıya kadar bu istirahat düzeyinde kalmaya devam eder.
- Zardaki aktif taşıma mekanizması, K^+ ve Na^+ iyon konsantrasyonlarının normal istirahat düzeylerinin sürdürülmesi için çalışır.

- Aksiyon potansiyellerinin akson boyunca iletilmesi **sinir sinyali (impuls)** olarak adlandırılır.

HEP VEYA HIÇ YANITI

- Sinir sinyallerinin iletimi bir ‘hep veya hiç yanıtı’ oluşturur.
- Yani, herhangi bir zamanda sinire verilen bir uyarı “eşik düzeyinde veya üstünde ise” sinir sinyali iletebilir ve tüm iletilen sinyaller akson boyunca aynı genliktedir.
- Uyarının şiddetinin daha da artırılması saniyedeki sinyal frekansını artırır; ancak sinyalin genliğine bir etkisi olmaz.

REFRAKTER DÖNEM

- Bir sinir sinyalinden sonra hemen kısa bir süre içinde, eşik şiddetini aşan başka bir uyarı aksonda başka bir sinyali ateşleyemez.
- Bu kısa döneme **refrakter dönem** denir ve iki bölüme ayrılır.

- 1 / 2.500 sn kadar süren **mutlak (absolut) refrakter dönem** sırasında, akson zarında Na⁺ geçirgenliğinde bir değişiklik olur ve uyarılma gerçekleşemez.

- İstirahat zar potansiyeli oluşmadan hemen önce **göreceli (rölatif) refrakter dönem** meydana gelir.
- Zar göreceli refrakter dönemde iken, repolarizasyon hala tamamlanmamıştır ve eşik şiddeti aşan ancak şiddetli uyarılar bir aksiyon potansiyeli oluşturabilir.

SİNYAL İLETİ ŞEKİLLERİ

- Miyelinsiz aksonlar bir sinyali yüzeyi boyunca iletir.
- İleti kesintisiz olduğundan dolayı bu tür iletiye **devamlı ileti** adı verilir.
- Miyelinli aksonların ise fonksiyonları daha farklıdır.
- **Miyelin**, yüksek oranda suyu ve suda çözünen maddeleri sevmeyen lipit içerir.
- Böylece lipit, bir elektriksel yalıtkan madde olarak fonksiyon görür ve zar boyunca tüm iyonların akışını engeller.

- Miyelin kılıfının, sinir sinyalinin iletimini önleyebileceği sanılabilir.
- Eğer kılıf devamlı olsaydı bu doğru olabilirdi.
- Bununla birlikte, **Schwann hücreleri** veya oligodendroglia hücreleri arasındaki **Ranvier boğumları** bu kılıfları aralıklarla keser.
- Bu düğümlerde, akson zarı Na^+ ve K^+ iyon kanallarına sahiptir ve eşik şiddetteki depolarizasyonlarla açılırlar.

- Sonuç olarak, sinir sinyalleri miyelinli akson boyunca ilerler ve **aksiyon potansiyelleri sadece boğumlarda oluşur.**
- Aksiyon potansiyellerin boğumdan boğuma sıçrayarak ilerlediği görülür ve bu nedenle bu şekilde meydana gelen sinir iletimine **sıçrayıcı ileti** adı verilir.

SİNAPTİK İLETİM

Sinaps:

- Bir sinir hücresi ile diğer bir hücre arasındaki fonksiyonel bağlantıya denir.
- ✓ **Merkezi sinir sisteminde** ikinci hücre aynı zamanda bir **nöron**dur.
- ✓ **Periferik sinir sisteminde** ise ikinci hücre bir sinir hücresi olabildiği gibi bir **kas hücresi** veya **bez hücresi** olabilir.

- Bununla birlikte, fizyolojik olarak sinir-sinir ve sinir-kas sinapsları birbirine benzerdir ve *sinir-kas sinapslarına miyonöral* veya **nöromüsküler** bileşkeler de denir.

- **Sinaptik vezikülün ekzositozu ve nörotransmitterin sinaptik aralığa serbestlenmesi,**
- **1. Aksiyon potansiyelinin voltaj-kapılı Ca^{2+} kanalları yoluyla akson terminaline Ca^{2+} girişini tetiklemesi ile sağlanır.**
- **2. Ca^{2+} akson terminaline girince **sinaptotagmin** adı verilen bir proteine bağlanır.**
- **3. Sinaptotagmin, Ca^{2+} algılayıcı bir proteindir ve sitoplazmada *Ca²⁺-sinaptotagmin* kompleksinin oluşumunu sağlar.**
- **Bu kompleks, akson terminalinin plazma zarı ile birleşir.**

- Bu aşamada, plazma zarı ile bağlı veziküller üç tane SNARE proteinleri ile kompleks oluşturur.
- Daha sonra, nörotransmitterlerin serbestleneceği delikler (porlar) şekillenir.
- Bu süreç 100 mikrosn'den daha az sürede gerçekleşir.

- **4.** Nörotransmitter moleküller, presinaptik akson terminallerinden serbestlenince hızlı bir şekilde sinaptik aralığı geçer ve postsinaptik zara ulaşır.
- Daha sonra nörotransmitterler postsinaptik zarda bulunan özgül reseptörler proteinlere bağlanır.
- Reseptör proteinler ligand denilen nörotransmitterlere spesifik olarak bağlanırlar.

- İyon kapılı kanalları iki geniş sınıfa ayırmak mümkündür:
 - **Voltaj-kapılı kanallar,**
 - **Kimyasal-kapılı kanallar.**

ASETİLKOLİN

- Asetilkolin (ACh) reseptörlerine bağlandığında, direkt veya dolaylı olarak ***kimyasal-kapılı iyon kanallarının*** açılmasına neden olur.
- Çoğu durumda bu, ***depolarizasyona*** neden olurken, bazı durumlarda ise ACh bir ***hiperpolarizasyona*** yol açabilir.