

## IDEGI SZABÁLYOZÁS

pontosabban: AZ IDEGSEJT BIOKÉMIAI MŰKÖDÉSE

Az idegrendszer a testtömegnek csak kb. 3 %-a, de az összes energiatermelésnek ~20 %-át veszi igénybe. Ez az energia a kémiai működésre megy el, nincs végtermék.

Az idegsejtek nem egyedül alkotják az agyat, a hajszálereket gliasejtek burkolják (vér-agy-gát, szűrő, a vérben keringő anyagok közül csak azok jutnak el az idegsejtekig, amelyeket a gliasejtek átengednek). Az anyagcsereinek egy jelentős részét a gliasejtek végzik.

Az idegsejtek csak glükózt vesznek fel, tartalékuk nincs.

1

---

---

---

---

---

---

---

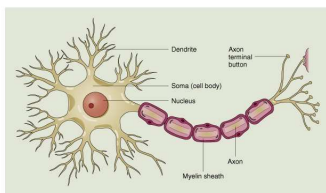
---

## IDEGSEJTEK

Az idegeket alkotó neuronoknak hosszú nyúlványa van, ez az axon, ez nyúlik a szövetekbe. A rövid nyúlványok a dentritek. Vannak kapcsoló funkciójú idegsejtek, ezeknek nincs hosszú nyúlványuk (nincs axonjuk)

Szenzoros neuronok a perifériákról vezetik a jelet a központ felé.

Motoros neuronok: mozgást irányítják: a központból viszik a perifériára (az izmokba) a jelet.



2

---

---

---

---

---

---

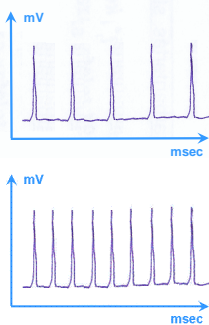
---

---

## IDEGINGERÜLET

= elektromos impulzus, a feszültsége 100-200 mV, az időtartama 1-2 ms. Erősebb ingerületnél nem a jel nagysága nő, hanem gyakoribbá válik → nem az amplitúdó, hanem a frekvencia változik. A frekvencia hordozza az információt.

(Elektrodákkal vizsgálható.)



3

---

---

---

---

---

---

---

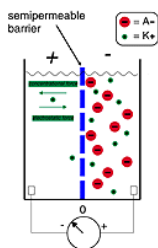
---

### ELMÉLETI ALAPOK (egy kis Kémszám)

Koncentrációs potenciál: azonos anyagi minőségű, de eltérő koncentrációjú oldatok között elektromos potenciálkülönbség lép fel → Nernst potenciál

$$E_{ion} = \frac{RT}{ZF} \times \ln \frac{[ion]_o}{[ion]_i}$$

where  $R$  = gas constant  
 $T$  = temperature  
 $Z$  = valence  
 $F$  = Faraday's constant



4

---

---

---

---

---

---

---

---

### NYUGALMI POTENCIÁL

Az idegsejt membránján aszimmetrikus töltésmegosztás jön létre: a sejt belseje negatív lesz a külső térhez képest. Az egyes ionok koncentrációiból kiszámíthatók a potenciálok.

$[Na^+]$   $C_{belső} = 50$ ;  $C_{külső} = 500$  mM  
 $[K^+]$   $C_{belső} = 400$ ;  $C_{külső} = 10$  mM  
 $[Cl^-]$   $C_{belső} = 100$ ;  $C_{külső} = 500$  mM

Az eredő nyugalmi potenciál:  
 - 50-70 mV

5

---

---

---

---

---

---

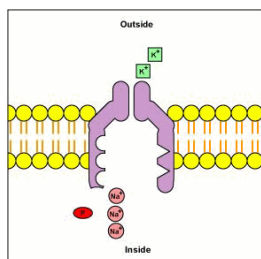
---

---

### NÁTRIUM PUMPÁK

A nyugalmi potenciált aktív transzporttal hozzák létre a Na-pumpa transzport-enzimelei. A kálium-nátrium pumpa egy ATP felhasználásával 3  $Na^+$ -t visz ki a sejtől és 2  $K^+$ -t hoz be.

**Elektrogén Na-pumpa:**  
 nem cserél, csak nátrium iont szállít ki a sejtől.



6

---

---

---

---

---

---

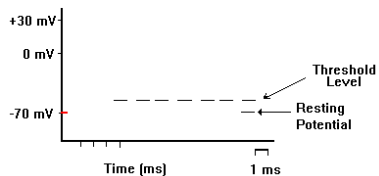
---

---

### AKCIÓS POTENCIÁL

Az ingerület nem más, mint a membrán két oldalán kialakuló dinamikus potenciálváltozás = akciós potenciál.  
A membrán ioncsatornáit megnyílnak, az ionok passzív transzporttal lépnek át, majd aktívvá vissza.

Az indításhoz a potenciálszintet meg kell emelni 5-10 mV-tal (= küszöbérték) Ettől végigmegy a folyamat.



7

---

---

---

---

---

---

---

---

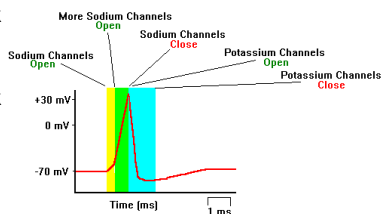
### AKCIÓS POTENCIÁL 2.

Az akciós potenciál szakaszai:

- A küszöbérték elérése után a nátrium-csatornák kinyílnak, a pozitív ionok beáramlása emeli a potenciált

- a kálium-csatornák is kinyílnak, a jel ettől visszafordul

- a nátrium pumpák visszaállítják a nyugalmi potenciált



8

---

---

---

---

---

---

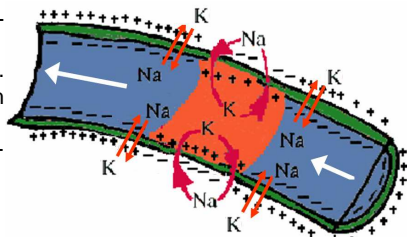
---

---

### AKCIÓS POTENCIÁL 3.

Az akciós potenciál mint egy aktív szakasz végigszalad a nyúlvány mentén. Előtte és utána a nátrium pumpák beállítják a nyugalmi potenciált.

Haladási sebessége 1-2 m/sec.  
Elhaladás után kb. 5-10 msec-ig nem ingerelhető.  
A jel gyengül, csillapodik, de a testméretben belül odaér a szinapszishoz.



9

---

---

---

---

---

---

---

---

## SZINAPSZISOK

= a sejtek ingerületátadó helye, ahol az ingerület egyik sejt-ről a másik sejtre átadódik. Lehet:

1. Idegsejtről idegsejtre vagy idegsejtről izomsejtre
2. Elektromos vagy kémiai

### Elektromos szinapszis:

Az elektromos feszültség-eltolódás hatására a membrán túoldalán, az érintkező másik idegsejtben depolarizáció jön létre (eléri a küszöbértéket) és ennek hatására ott is elindul a jel.

### Kémiai szinapszis:

Kémiai anyagok (neurotranszmitterek) viszik át az ingerületet a másik sejtre

10

---

---

---

---

---

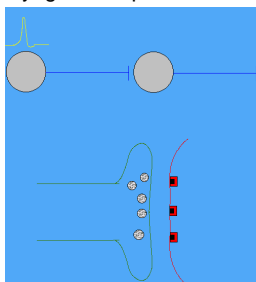
---

---

---

## KÉMIAI SZINAPSZIS

A neurotranszmitter anyagokat a preszinaptikus sejt termeli, és hólyagocskákban tárolja. Az inger hatására néhány hólyagocska kinyílik, az anyag a szinaptikus hézagba kerül, és átviszi az ingerületet a poszt-szinaptikus sejtre. A fogadó sejten receptorok vannak, melyek megkötik a transzmittereket és a poszt-szinaptikus sejtben valamilyen hatást váltanak ki.



11

---

---

---

---

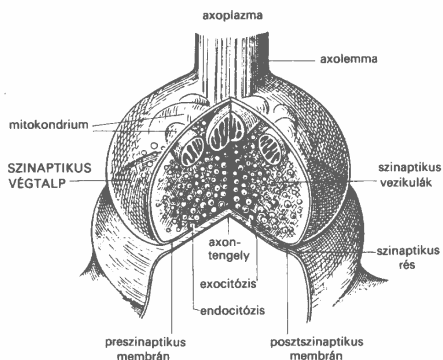
---

---

---

---

## KÉMIAI SZINAPSZIS



12

---

---

---

---

---

---

---

---

## KÉMIAI SZINAPSZIS

Gyakori neurotranszmitterek (aminosav származékok):

- Acetilcolin
- Noradrenalin (hormon is, de itt nem jut a vérbe).
- Dopamin
- Szerotonin
- $\gamma$ -amino-vajsav (GABA)

Kolinerg idegrendszer (acetilcolin) = paraszimpatikus  
Adrenerg idegrendszer (noradrenalin) = szimpatikus

A transzmittereket a szinaptikus résből el is kell tüntetni.  
A fogadó oldalon enzimek (pl: acetilcolin–kolinészteráz),  
bontják a kémiai ingerületet vivő anyagokat.

13

---

---

---

---

---

---

---

---

## SZINAPSZISOK

Szinaptikus késés: mekkora késéssel jelenik meg az új jel a beérkezőhöz képest. Az elektromos szinapszisonál nincs szinaptikus késés, a kémiaiainál van:

1-2 ms az idegsejtekénél,

5-10 ms az izomsejtekénél

3. Egyirányú – kétirányú szinapszisok

Elektromos szinapszisonál az ingerület átadás lehet kétirányú, míg a kémiai szinapszisonál csak egy irányba mehet.

4. Aktiváló – gátló szinapszisok

A fogadó oldal reakciója szerint a válasz lehet aktiválás vagy gátlás

14

---

---

---

---

---

---

---

---