

1.

Plazmamembrán:

- elhatárol a környezettől
- sejten belüli ionösszetétel meghatározása, szabályozása
- fizikai és funkcionális összeköttetések a szomszédos sejtekkel
- sejt pillanatnyi alakjának meghatározása
- felépítési elve minden sejtben azonos (1972 Singer&Nicholson folyékony mozaikmembrán)
 - PL kettős rétegből álló lipidkontinuum foszfo- és glikolipidek, hossz tengelyük elnyújtott, keskeny molekula
 - hidrofil: foszfát, észterifikált alkohol, bázis
 - hidrofób: zsírsavlánc (apoláros)
 - ehhez: integráns membránfehérjék (enzim-pumpa, receptor, carrier, ioncsatorna) főleg glikoproteinek
- kristályrács szerű szerk.: bimolekuláris lipid kettősréteg (6-7nm)
 - megfelelő hőmérsékleten a membrán belső része nagy mobilitású
 - hossz tengelyük körül szabadon foroghatnak
 - az egyes zsírsavláncok elhajolhatnak
 - laterális diffúzió

↓

integráns fehérjék elmozdulhatnak

Anyagáramlás mechanizmusa a sejtmembránon

diffúzió, facilitált diffúzió, ozmózis, filtráció, aktív pompa

Diffúzió: gáz v. folyadék részecskéinek mozgása révén kiterjed

nagy koncentráció (cc.) → kis koncentráció → egyenletes

Az egyensúly eléréséhez szükséges idő a diffúziós sebesség négyzetével arányos

- egyenesen arányos a cc. különbségével (kémiai v. koncentráció-gradiens)
- km-i felülettel
- fordítottan a határréteg vastagságával

1. Lipidrétegen keresztül :

fontos fogalom:

P: permeabilitási (átjárhatósági) állandó (adott molekula mozgásának sebessége, a membrán 2 oldala között egységnyi a kül.)-anyag lipidoldékonyságától, méretétől, töltésétől függ

2. Fehérjecsatornán keresztül:

- a. állandóan nyitott csatornák
- b. kapuzó csatornák

- mechanoszenzitív (simaiplom) – mechanikus ingerlés hatására nyílik

1.

- feszültségfüggő (Na-csat.-TTX, K-csat (TEA), Ca (verapamil)
- ligandfüggő (ATP szenzitív K⁺ csat)

minden v. semmi konduktancia

Facilitált diffúzió: (karrier közvetített transzport)

- cc. gradiens irányába
- specifikus transzporter molekula segítségével

Filtráció

membránon keresztül, a nyomáskülönbség hatására létrejövő folyadékáramlás

Ozmózis:

→ oldószer-molekulák diffúziója a koncentráltabb oldat irányába, egy, az oldott anyagra átjárhatatlan membránon keresztül.

Aktív transzport

- elektrokémiai gradiens **ellenében**
- energiát igényel (ATP)
- transzport maximum
- karrier molekula
- uniport – antiport - szimport (kotranszport): önmagában, valamivel kicserélődve, valamivel együttesen (rendre megfeleltetve az elnevezéseknek)

→ primer aktív transzport

integráns fehérje a karrier

- Na-K-ATP-áz (Na pumpa) 3Na⁺ki/2K⁺be→elektrogén (ATP-t bont, ebből lesz energiája a koncentráció-gradiens ellenében „pakolgatni”)
- Ca²⁺-pumpa

→ másodlagos aktív transzport

- polarizált sejtek (apicalis-basalis felszín, eltérő pumpák)
- aktív transzporttal létrehozott ion-gradiens teremti meg a feltételt egyes részecskék transzportjához
→ vese, bél hámsejtjei

1.

Elektromos potenciálok

Donnan-egyensúly: feltétele: féligáteresztő hártya, nem diffúzibilis ion (membrán, fehérje anion) - befolyásolja a diffúzibilis ionok eloszlását a membrán 2 oldalán

Benn		Kinn
K ⁺ 100		K ⁺ 100
Cl ⁻ 50		Cl ⁻ 50
Prot ⁻ 50		

Cl⁻ a koncentráció-gradiensnek megfelelően befelé áramlik, vele együtt K lép be (elektroneutralitás)

$[K^+_B] + [Cl^-_B] + [Prot^-_B] > [K^+_K] + [Cl^-_K] \rightarrow$ sejten belül több ozmotikusan aktív anyag

$$\frac{[K^+_B]}{[K^+_K]} = \frac{[Cl^-_K]}{[Cl^-_B]}$$

$[K^+_B][Cl^-_B] = [K^+_K][Cl^-_K]$ -Donnan egyenlet: ha a rendszerben csak 1 féle kation ill. anion van és töltésük száma azonos \rightarrow az egyik oldalon elhelyezkedő diffúzibilis ionok koncentrációjának szorzata egyenlő a másik oldalával.

Esetünkben: feh. anion is jelen van: potenciál-különbség \rightarrow belső negatívabb \rightarrow Donnan hatás membránpot. -30- -90mV- sm. szelektív ionperm. ionok egyenlőtlen eloszlása. Ez a feltétele:

- ideg & izomsejtek ingerlékenységének
- sejteken belüli anyagtranszportnak
- sejteket érő jelzések felvételének
- egyes szekréciós folyamatoknak

extracelluláris (sejten kívüli): nagy Na és kis K

intracelluláris (sejten belüli): nagy K és kis Na

Equilibrium (egyensúlyi) potenciál:

egy ionra nézve az a feszültség érték, mely egyensúlyt tart a koncentráció-különbséggel

Nernst egyenlet: $0 = z F E_K + RT \ln \frac{[K^+_B]}{[K^+_K]}$

$$E_K = -zF/RT \times \ln \frac{[K^+_B]}{[K^+_K]}$$

$$E_K = -58 \times \lg \frac{[K^+_B]}{[K^+_K]} = -75 \text{mV}$$

$$E_{Na} = +50-60 \text{mV}$$

Nyugalmi membránpotenciál kiszámítható: GOLDMAN-HODGKIN-KATZ egyenlet

$$E_m = -58 \log \frac{P_K [K^+_B] + P_{Na} [Na^+_B] + P_{Cl} [Cl^-_K]}{P_K [K^+_K] + P_{Na} [Na^+_K] + P_{Cl} [Cl^-_B]}$$

- Na-K pumpa \rightarrow iongradiens létrehozása

M.pot változásának az alapja: E ion-E m (ion es-i, és mpot kül) nyitott ioncsatornák mellett az áramlás addig tart, amíg ez a különbség el nem tűnik. Ha

1.

zár a csat, áramlás megszűnik, bár az Eion-Em még nem tűnt el → áramlás hajtóereje megtartott

A neuron-működés alapjai

IR működésének alapja: neuronok összekapcsolt működése felveszi az üzenetet → elektromos jellé alakítja:

1. elektrotónusos potenciál

- obligát
- gradált
- lokalizált
- analóg jellegű

2. akciós potenciál (AP)

- fakultatív jellegű
- minden v. semmi
- tovaterjedő
- digitális jellegű

↓

neuron másik pólusához

↓

neurotranszmittert szabadít fel

Helyi potenciálváltozások:

- szenzoros neuron: axonvégződés (érző receptor): helyi depolarizáció → ez váltja ki a tovaterjedő ingerületet
- fiziológiásan közvetlenül ionszatórnák zárása v. nyitása váltja ki
- létrejött potenciál változás amplitúdója, térbeli kiterjedése, időbeli változása (lecsengése) meghatározó az AP fellépése szempontjából
- *membrán időkonstansa*: az az időtartam, amely alatt a membrán potenciál eléri a végleges változás 1/e-ed részét
- *membrán térkonstansa*: az a távolság, amely alatt a kiváltott hiper v. depolarizáció az eredeti 1/e-ed részére csökken
- **Szenzoros idegvégzódések:**
 - szenzoros információ szenzoros receptorok potenciálváltozásával kezdődik. (elektrotónusos jell → rec.-, generátor-v. szenzoros potenciál)
 - kiválthatja: mechanikai, terminális, kémiai ingerek, elektromágneses hullámok (fény)

elektrotónusos posztszinaptikus potenciál (PSP): depolarizáló (EPSP) v. hiperpolarizáló (IPSP)

létrejöttüket a transzmitter felszabadulás váltja ki

- transzmitter ionszatórnát nyit- rec. maga az ionszat.- ionotróp
- emlős KIR, ingerlő szinapszisok 50%-ában glutamát- glutamátR
- VIR: Ach- NAch-R

↓

nem szelektív kationcsatórnák, ligand köt → Na áramlik be: EPSP

1 preszinaptikus végződésből transzmitter: 0,1mV EPSP

→ időbeli szummáció

1.

→ térbeli szummáció

IPSP:

- glicin v. GABA (GABA-A-R-on)
- Cl⁻ csatornaként működnek → nyit → Cl⁻ beáramlik
- időbeli, térbeli szummáció

EPSP-k+IPSP-k → érvényesülő depolarizáló v. hiperpolarizáló hatás

Akciós potenciál:

helyi depolarizáló inger hatására tovaterjedő AP jöhet létre

- AP teljes amplitúdója: 90-105mV
- *ingerküszöb*: a minimális depolarizáció, ami kiváltja az AP-t
- amplitúdója a küszöbértéket elérő inger nagyságától **függetlenül** állandó
- AP: membránon átfolyó ionáramok következménye
 - Na permeabilitás több 100x-ra fokozódik, gyors, feszültségfüggő, TTX szenzitív Na csat.
 - EC Na grádiensnek megfelelően befelé áramlik
 - depolarizálják a membránt (csúcspotenciál, spike)
 - AP maximumának elméleti felső határa: Na egyensúlyi potenciál
 - Na permeabilitás, Na áram lecsökken, ill. megszűnik
 - ezzel párhuzamosan a K permeabilitás nő, kifelé áramlanak
 - membránpotenciált a negatív irányba viszik el → repolarizáció (nyugalminál kissé negatívabb lesz)

AP nem éri el a Na egyensúlyi potenciálját,

- Na permeabilitás még az egyensúlyi potenciál elérése előtt lecsökken
- közben megindul a K permeabilitás fokozódása

Repolarizáció: K csatornák nyitása

- membrán depolarizációra megnyíló késői feszültségfüggő K csatornán keresztül áramlanak ki a K-ok
- depolarizációt követően viszonylag lassan nyílnak és depolarizált állapotban nem inaktiválódnak, TEA-blokkol

Velőhüvely nélküli axon:

AP depolarizáló fázisa elektrotónusosan áttérjed a szomszédos membrán részletre → elektrotónusosan depolarizálja → egyre több Na csatorna nyit → ingerküszöb → AP; Lokális áramkörök

Velőhüvelyes axon:

Axon membránja csak a Ranvier befűződéseknel érintkezik az ECF-al, velőhüvelyes szakaszon kevés Na csat, Ranvier: sok Na csat → AP csak itt alakul ki → szaltatórikus vezetés