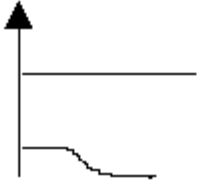
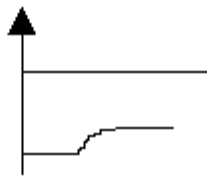
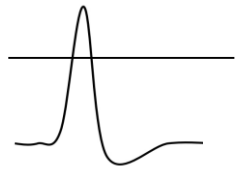


Kiegészítések az idegrendszerhez a (2024-es követelmények szerint)

MEMBRÁNPOTENCIÁL-VÁLTOZÁSOK			
HELYI POTENCIÁL		AKCIÓS POTENCIÁL	
	Hiperpolarizáció	Hipopolarizáció	
<i>A nyugalmi potenciál változása:</i>	A sejt negatív töltéstöbblete kissé fokozódik 	A sejt negatív töltéstöbblete kissé csökken 	A sejt negatív töltéstöbblete megszűnik 
<i>Oka:</i>	kloridion csatornák megnyílása	a lassú Na ⁺ -csatornák megnyílása	a gyors Na ⁺ -csatornák megnyílása
<i>Jellemzői:</i>	- erősen csillapodva terjed - mértéke (kitérése) arányos az inger erősségével (analog jel)		- csillapodás nélkül terjed - mértéke (a csúcspotenciál értéke) független az inger erősségétől (digitális jel)
<i>Kialakulási helye:</i>	- gátló szinapszisok fogadó membránja	- serkentő szinapszisok fogadó membránja - a többi receptorsejtben ingerhatásra	- axonok, vázizomsejtek és szívizomsejtek membránja

Helyi potenciál más szóval: **lokális potenciál**.

A szomatikus idegrendszert nevezik **testi idegrendszernek** is.

Extrapiramidális rendszer, más néven **extrapiramidális pálya**.

Hogyha az axon eredésénél a hipopolarizáció elér egy bizonyos küszöbértéket (**küszöbpotenciál**), akkor akciós potenciál alakul ki az axonon.

a) A **kémiai szinapszis** a leggyakoribb, erről tanultál részletesen (ez a tipikus SZINAPSZIS): 20-30 nanométeres szinaptikus rés, ingerületátvivő anyag segítségével egy irányba történik az ingerület továbbítása.

b) Az **elektromos szinapszisban** a két sejt nagyon szorosan (2 nanométer) illeszkedik. Közöttük fehérjék csatornái létesítenek kapcsolatot, itt az ionok és kis molekulák szabadon áramolhatnak, így az ingerület-átvitel nagyon gyors lehet, mindkét irányban végbemehet (az elektromos áram „átugrik” a másik neuron membránjára). Az elektromos szinapszis főként gerinctelenekben található meg.

A hormonrendszer és az idegrendszer összehasonlítása: Mindkettő szabályozást biztosít, mindkettő kémiai anyagokat használ jelként. Ezek a molekulák az idegrendszer esetében ingerületátvivő anyagok, a hormonrendszer esetén hormonok.

A célsejtek a hormonrendszer esetében igen távol is elhelyezkedhetnek a jeladó sejtektől (a belső elválasztású mirigysejtektől), mert a hormonok a véráram közvetítésével az egész testbe eljutnak. A célsejtek rendelkeznek a hormont felfogó receptormolekulákkal.

Az idegrendszerben az axonokon végigterjedő ingerület annak végéhez ér, kémiai anyag (ingerületátvivő anyag) formájában adódik át a szinaptikus résben a szomszédos idegsejtnek. Az idegi ingerületátvivő vegyületet felfogó idegsejt szintén receptorral rendelkezik, amely miután megkötöti a jelátvivő anyagot, a sejten belül elektromos változást indít be.

Az idegrendszer hatása gyors, az ingerület megszűnése után hamar megszűnik, meghatározott sejtekre hat. A hormonrendszer hatása lassabban alakul ki, de jóval tovább tart, a szervezet sok sejtjéhez jutnak el a hormonok.

Példa összehangolt működésükre: A szimpatikus idegrendszer hatását kiegészíti a mellékvesében termelődő adrenalin hormon.

Álegnyűlványú ((pszeudounipoláris)) idegsejtek: érzőidegsejtek, melyek sejtestjei a csigolyaközi dúcban találhatóak.



Az **analog jelek** az időben folytonosan változó értéket vehetnek fel. Például a folyadékos hőmérséklet.

A **digitális jelek** csak meghatározott értékekkel rendelkezhetnek. Például a számkijelzéses hőmérséklet, vagy a számítógép 0 1 értékei.

Axonvégfűcska: az axon elágazó végződése, ami szinapszisokat alakíthat ki más sejtekkel.

Működése szerint az idegsejt lehet

érezőidegsejt (szenzoros neuron): receptortól a központba szállít ingerületet

mozgatóidegsejt (motoros neuron): a központból ideghez vagy mirigyhez szállít ingerületet

köztes idegsejt (interneuron): idegsejtek között továbbít ingerületet

Ioncsatorna típusok: az ionok a sejtmembránon töltésük miatt nem képesek átdiffundálni, ezért speciális fehérjék, ioncsatornák biztosítják számukra a ki- és bejutást.

Léteznek folyamatosan nyitott ioncsatornák, ezek a **szivárgási ioncsatornák** egy alap átjárhatóságot biztosítanak az adott ionnak.

Az ioncsatornák másik része azonban nyitott és zárt állapotú is lehet: a **feszültségfüggő** csatornákat a membránpotenciál megváltozása nyitja/zárja, a **ligandfüggő**ket pedig egy speciális **ligandum** kapcsolódása, ami lehet hormon vagy ingerületátvivő anyag is.

Kémiai és elektromos potenciálok összefüggése az ionmozgásokkal

A sejten belüli és kívüli térben bizonyos anyagok *eltérő koncentrációban* vannak jelen. Adott ionra, vagy molekulára nézve így koncentrációkülönbséget figyelhetünk meg. A kialakuló koncentrációkülönbség hajtóereje lehet adott ion, vagy molekula mozgásának. Ezt a hajtóerőt nevezzük **kémiai potenciálnak**.

Ha a sejten kívüli és belüli tér között töltéskülönbség áll fenn – a különböző ionok eltérő megoszlása miatt –, az ionok törekednek a töltéskülönbség semlegesítésére, ami hajtóereje lehet a töltéssel rendelkező részecskék mozgásának. Ezt a hajtóerőt nevezzük **elektromos potenciálnak**.

Például az akciós potenciál kialakulásánál a Na^+ -ion beáramlását kétféle erő hajtja: a töltéskülönb-

ség (*elektromos potenciál*) és a koncentrációkülönbség (*kémiai potenciál*). Így külön energiabefektetés nélkül, passzív transzporttal jutnak az axon belsejébe a Na^+ -ionok az akciós potenciál folyamatának kezdetén.

A szinaptikus résbe kémiai ingerületátvivő anyagot bocsát ki a **preszinaptikus idegsejt** (átadó sejt). A kibocsátott anyag a **posztoszínaptikus sejt** (fogadó sejt) – idegsejt vagy izomsejt – receptorfehérjéire hatva viszi át az ingerületet.

A preszinaptikus idegsejt ingerületi állapotakor a Ca^{2+} beáramlás miatt (**Ca^{2+} -jel**) szinaptikus hólyagok tartalma exocitózissal a szinaptikus résbe ürül.

A **drogok** módosítják a gondolkodást, az érzelmeket, a viselkedést – és emellett függőséget okoznak. A függőség (**addikció**) azt jelenti, hogy a szer hiányában a szervezet már nem képes normális működésre, ezért a drog megvonásakor fizikai hiánytünetek jelentkeznek, és/vagy leküzdhetetlen lelki hiányérzet jelentkezik. Az előbbit *fizikai függőségnek*, az utóbbit *pszichés függőségnek* nevezzük.

Drogtolerancia (hózzászokás): egyre többet kell alkalmazni a szerből azonos hatás elérésére, A drogok legnagyobb része a szinapszisok működését befolyásolja.

Drogok és egyes mérgek szinaptikus hatásmechanizmusai:

- **Visszavétel gátlása:** a *kokain* a dopamint a preszinaptikus idegsejtbe visszavevő transzporterfehérjét gátolja, ezáltal dopamin tartósan magas koncentrációját tartja fenn a szinapszisban, amitől a posztoszínaptikus neuron állandó ingerlés alatt fog állni.
- **Enzimaktivitás megváltoztatása:** a kiűrtett ingerületátvivő anyagokat bontó enzimeket is gátolhatják, így az ingerületátvivő anyag nem bomlik le.
- **Jelátvivő anyag felszabadulásának fokozása:** a metamfetamin („speed”) gyorsító és élénkítő hatása a dopamin és a noradrenalin szinaptikus résbe ürítését (exocitózist) fokozza.
- **Jelátvivő anyag felszabadulásának gátlása:** Az ételmérgezést okozó egyik baktérium idegmérge, a botox gátolja az exocitózist az ideg-izom szinapszisban, így nem tud felszabadulni az ingerületátvivő (*acetylcholin*), és izombénulás lép fel.
- **Receptormódosítás konformációváltozással:** ezek a gátlószerek általában *erős idegmérgek*, végleg működésképtelenné teszik a receptort.
- **Agonisták** azok az anyagok, amelyek valamely receptorhoz kötődnek és azon biológiai választ idéznek elő. Az agonisták lehetnek hormonok vagy neurotranszmitterek, továbbá ezek hatását utánozni képesek anyagok.
- **Antagonisták** azok a vegyületek, amelyek megakadályozzák az agonisták által kiváltott hatások létrejöttét.
- A **koffein** molekulaszervezete nagyon hasonlít az adenzinéra, így az agy fáradtságot érzékelő adenzin receptorához *antagonistaként* kötődik. Az adenzin ATP-molekulák bontásának maradványa, melyből az ébrenlét során egyre több keletkezik a nap folyamán. Koffein jelenlétében az agy – néhány órán át – nem képes *érezni* az adenzin mennyiségét.
- Az **alkohol** egyrészt gátolja a serkentő hatású glutaminsav felszabadulását, másrészt serkenti a gátló hatású GABA (gamma-amino-vajsav) felszabadulását, ezáltal lényegében *kettős gátlást* okoz. (Így szorongáscsökkentő hatást ér el.)
- A lassító drogok, nyugtatók gátolják az ingerületátvivők ürülését (opiátok: morfin).

A **gliasejtek funkciói**: a neuronok táplálása, védelme, velőshüvelyképzés, folyadéktermelés.

Az agy-gerincvelői folyadék diagnosztikus jelentősége, mintavételi lehetőségek: Az agy-gerincvelői folyadék összetétele megváltozik különféle idegrendszeri betegségekben, esetleg baktériumok mutathatók ki benne. Így betegségmegállapításhoz – diagnózishoz – szükséges lehet ennek vizsgálata. A vizsgálathoz gerinccsapolás szükséges: legtöbbször az ágyéki területről vesznek túvel folyadékot. Ritka esetekben az agykoponyából is vehető minta.

A gerincvelő a felső ágyéki csigolyák magasságában végződik, a pókhálóhártya és a kemény agyhártya azonban a gerinccsatorna alsó végéig terjed. Így az agyhártyák által alkotott keskeny zsákot kitöltő folyadékból az alsó ágyéki csigolyák között bevezetett túvel mintát lehet venni anélkül, hogy a gerincvelő megsérülhetne.

Az idegrendszer hierarchikus felépítésének értelmezése a mozgatóműködések példáján

[Hierarchia: alá-fölé rendeltség]

- Az idegrendszerben a legmagasabb szerveződési szintet az **agykéreg** képviseli. Ezen a szinten tudatosulnak az agyműködések, így az akaratlagos testmozgatás is.
- A mozgatópályák működését azonban **agykéreg alatti agyi központok** is befolyásolják: ezek az agykéreg alatti magvak, a talamusz, a kisagy és az agytörzs mozgatómagvai. Működésük nem tudatosul.
- A legalsóbb hierarchiaszintet a központi idegrendszerben a gerincvelői reflexek központjai a jelentik (bőr- és vázizom-eredetű szomatikus gerincvelői reflexek),.

A magasabb hierarchia azt jelenti, hogy az idegi központ képes módosítani/befolyásolni a hierarchiában nála alacsonyabb központ működését, pl. a gerincvelői eredetű térdreflex felülbíráható akaratlagos agykérgi aktivitással.

A **neuronhálózat** idegsejtek egymással összekapcsolt csoportja. Idegsejthálózatok nemcsak a központi, hanem a perifériás (környéki) idegrendszerben is vannak.

Az agytörzsi hálózatos állomány feladata különféle vegetatív működések biztosítása is.

Gerincvelői szakaszok beidegzései

- A felső végtag vázizomzatát a nyaki gerincvelői idegek működtetik.
- A szív szimpatikus beidegzése serkentő hatású. Az erre ható központi vegetatív neuronok a gerincvelő nyaki és felső mellkasi szakaszából továbbítanak ingerületet a közeli szimpatikus dúrcok felé. (A paraszimpatikus szabályozás a X. agyidegen keresztül – bolygóideg – valósul meg.)
- A mellkasi szakaszból ered a mellékvesevelő szimpatikus beidegzése, melynek hatására a ve-lőlől a szimpatikus hatásokat előidéző adrenalin hormon szabadul fel.
- Az alsó végtag vázizmainak motoros beidegzése az ágyéki gerincvelői szakaszból ered.
- Az alsó húgyutak zárását a keresztcsonti gerincvelői idegek biztosítják.

Minél magasabb szinten történik a **gerincvelő sérülése**, annál súlyosabb, mivel az összes lentebbi gerincvelői funkció kiesik. Például a gerincvelő sérülése a legfelső nyaki csigolyák szintjében tel-

jes bénulást vagy halált okoz (légzés és keringés leáll), az alsóbb nyaki csigolyák szintjének sérülésekor viszont a beteg életben marad, de az összes végtagja lebénul, valamint a húgyhólyag és a végbél beidegzése is kiesik, nem bírja visszatartani a vizeletet és a székletet.

Tudni kell **rajzot készíteni a gerincvelő keresztmetszetéről**, és bejelölni a főbb részeket.

A **Limbikus rendszer** egy működési egység. A nagyagykéreg köztiagyból való kiindulási helyét gyűrűszerűen körülvevő **agykérgi** terület.

Része a memóriarögzüléshez nélkülözhetetlen, a hippocampusz is (Tk. 42 oldal).

A Limbikus rendszernek köszönhetően az érzelmek és a tanulás összefügg egymással (pl. a nagy érzelmi töltetű emlékek erősen megmaradnak).

A limbikus rendszer alapvető funkciói: érzelmek, emlékek, vegetatív működések kialakítása, a motiváció, a félelem és az agresszió központja.

Az alvás szemben az ébrenléttel öntudatlan állapota az agynak. Az alvásnak két formája van, a lassú hullámú alvás (non REM) és a REM (álomalvás). Lassú hullámú alvás alatt az EEG-görbéken jellemzőek az igen lassú, nagy hullámok, közben a szem nyugalomban van.

A REM gyors, szabálytalan EEG-aktivitást mutat, gyors csapongó szemmozgások kísérik (REM = rapid eye movements 'gyors szemmozgások'). Ilyenkor álmodunk.

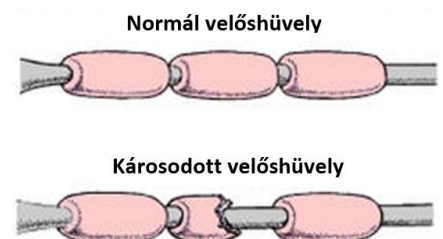
Az alvásra kb. másfél órás periódusok jellemzőek, ezen belül váltja egymást a két alvásfajta. A szervezet valódi életszükséglete az álomalvás.

Alvás funkcióit magyarázó elméletek:

- Pihenést biztosít olyan időszakban, amikor a tevékenység nem lenne hatékony, sőt fokozott veszélyekkel járna (amikor az ősember ragadozói a legaktívabbak voltak).
- A lassú hullámú alvás jelentős **energiamegtakarítást** jelent.
- Alvás alatt zajlik az idegrendszer regenerációja, ilyenkor sejtjeink aktívan eltávolítják a felesleges anyagcsere-termékeket, valamint lehetőség nyílik szinapszisok fehérjéinek képzésére, új szinapszisok létrehozására is.
- Az álomalvási szakasz teszi lehetővé a hosszú időre szóló új információk elraktározását memóriánkban, tehát fontos a **tanulás**nál.
- A krónikus kialvatlanság károsítja a memóriát. Az alváshiány hosszabb távon elhízást és szív- és érrendszeri betegségeket okoz, az alvásnak tehát köze van a hormonális és anyagcsererendszer egyensúlyában.

A **szklerózis multiplex (SM)** autoimmun megbetegedés, az immunrendszer saját testanyaga ellen fordul. A rosszul működő immunrendszer az idegsejtek nyúlványait borító velőshüvelyt megtámadja és szétroncsolja. Ennek következtében a szigetelést vesztett idegrostok rosszul működnek, nem, vagy alig vezetnek az ingerületet.

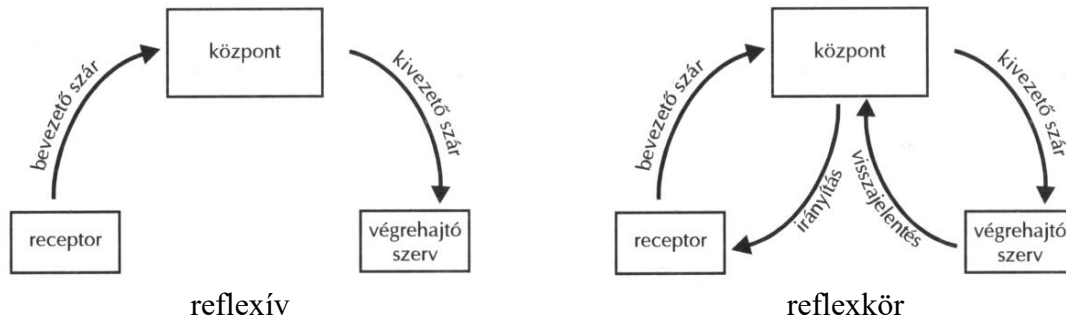
(A szklerózis multiplexnek, a betegség által érintett idegrendszeri területtől függően igen különbözőek lehetnek a tünetei. Egyeseknél évtizedekig nem következnek be drasztikus állapotromlás, mások néhány év alatt tolokocsis mozgássérültté válnak.)



A testérző rendszer funkciói: A bőrfelületet és a belső szervek nyálkahártyáját ért ingerekről szállít információit a központi idegrendszerbe, emellett a testrészek helyzetéről is informál (az izom- és ínorsók segítségével).

A nagyagy fali lebenyének elülső részén található szomatikus érzőkéregbe kerül az információ (elsődleges szomatikus érzőmező, vagy egyszerűen csak érzőközpontnak is nevezik).

A **reflexív** receptor, érzőidegsejt, központ, mozgatóidegsejt és a végrehajtó szerv alkotja. A fejlett szervezetekben már **reflexkörök** találhatók, ezekben a reflexívnél felsoroltakhoz csatlakoznak még: reflexközpontból a receptorhoz vezető rostok, amelyek a receptor ingerküszöbét állítják be, valamint a végrehajtó szervtől a központba haladó rostok, amelyek visszajelentést küldenek a végrehajtó szerv állapotáról a központba. Az emlősök minden reflexfolyamata reflexkörön keresztül valósul meg.



Érzékszálódás (illúzió): külvilági információk jellegzetesen és törvényszerűen téves leképezése, amely annak ellenére is érvényesül, hogy tudásunk ellentmond neki. Leggyakrabban optikai illúziókkal találkozunk.

Hallucináció: jelen nem levő tárgyak vagy események tapasztalása. Az illúzióhoz hasonló téves érzékelés, amelyet azonban nem valóságos tény vagy tárgy vált ki. Ilyenkor zavart szenved az agy azon működése, amely elkülöníti egymástól a tudatos és tudattalan gondolatokat. (A hallucinációk sok tekintetben hasonlítanak az álmokra.)

Előfordul elalvás előtti, ébredés utáni hallucináció, álmatlanság, kimerültség miatt is bekövetkezhet. Delíriumban (mérgezés vagy az agyat erő fizikai hatásra bekövetkező elmezavarban), elmebetegségeken (pl. skizofréniában), valamint hallucinogén anyagok hatására is létrejön hallucináció.

Hallucinogének: növényi eredetű vagy szintetikus kábítószeres, amelyek hallucinációkat okoznak. Szintetikus pl. az LSD, a kannabinol (eredetileg indiai kenderből nyerték). Ezeket a **drogok** közé sorolják.

A **motiváció** az állat vagy ember belső késztetése, indítéka valamely cselekvés végrehajtására. A motivációs rendszerek között vannak homeosztaticusak, ezek hiányállapot (pl. éhség, szomjúság) kielégítésére irányulnak. A homeosztaticus eltérések (pl. csökkent vércukorszint, növekvő sókoncentráció) szükségleti állapotot teremtenek az idegrendszerben és ennek megszüntetésére törekvő viselkedést váltanak ki.

Vannak továbbá nem homeosztaticus motivációk (szexualitás, kíváncsiság) amelyek a szervezet működési szintjének beállítását, illetve a társas kapcsolatokat irányítják.

Alapvetően motivációs állapotok irányítják és aktiválják magatartásunkat.

Otto Loewi izolált békaszívvél végzett kísérletei a vegetatív idegrendszer működésével összefüggésben: A vegetatív idegrendszer egymással ellentétes hatású, szimpatikus és paraszimpatikus idegrostokkal is beidegzi a szívet. Loewi célja annak bizonyítása volt, hogy a vegetatív idegrostokon haladó ingerület egy kémiai vegyület (ingerületátvivő anyag) közvetítésével jut át a szívizomzatra. Kísérletében mindkét ideg megtartásával preparált ki békaszívet, és azt fiziológiás sóoldatba tette, a szív működést lassító hatású (paraszimpatikus) bolygóideget ingerelte, ennek során az ingerületátvivő anyag a sóoldatba került. Amikor ezzel a sóoldattal kezelt másik kipreparált szívet, annak működése is lelassult, pedig ebben az esetben a bolygóideg ingerlése már nem történt meg. A hatást kiváltó anyag később azonosításra került, ez az acetilkolin, amely a paraszimpatikus idegrendszer ingerületátvivője.

Összeállította: Gergely Tibor