



INTRODUCTION TO NEUROBIOLOGY I.

Kidolgozott szóbeli vizsgatételek

Készítette:

Goda Márton Áron

Kovács Lóránt

Rózsás Gergely

Tóth Noémi

Javította:

Meszéna Domokos

Molnár Tamás

PÁZMÁNY PÉTER KATOLIKUS EGYETEM
INFORMÁCIÓS TECHNOLÓGIAI ÉS BIONIKAI KAR

2013.

Előszó

A neurobiológia egyik fő pillérje azoknak a tudományterületeknek, melyekre alapvetően szüksége lehet egy végzett molekuláris bionikus mérnöknek. Ez a jegyzet is azzal a szándékkal íródott, hogy a teljesség igénye nélkül bemutassa és szemléltesse az elemi neurobiológiai struktúrákat, és ezek funkcionális működését. A jegyzet egyrészt segít abban, hogy könnyebben megtanulhassa és megérthesse az olvasó azt, amely egy előadás diaszorozatból nem feltétlen derül ki. Másrészt viszont mankóként is szolgál azoknak, akik épp az egyes struktúrák működését szeretnék megérteni és átlátni. Majdani végzett mérnökként nem feltétlen az a feladatunk, hogy a rendszereket teljes részletességükben ismerjük, azonban tisztában kell lennünk az egyes egységek, mechanizmusok működéseinek alapjaival.

A jegyzet létrehozásakor egy tanulási segédanyag elkészítése volt a célunk. Azokat a forrásokat dolgozza fel elsősorban, melyek alapjául szolgáltak az egyes előadásoknak. Ebből kifolyólag nincsenek hivatkozások, hiszen célunk nem az volt, hogy ezeket pontosan felkutassuk, hanem, hogy a tananyagot közérthetőbbé tegyük. Azonban hozzá kell tenni, hogy elsődlegesen Szentágothai János és Réthelyi Miklós Funkcionális anatómia c. három kötetes könyve alapján dolgoztuk ki az egyes témaköröket. Így részletesebb ismertetőt az egyes részekhez ebben a könyvben olvasható.

Fontos szempont volt számunkra, hogy ne csak leírjuk az egyes témaköröket, hanem szemléletesen be is mutassuk azokat az olvasónak. A képeket többnyire az előadás anyagából, vagy a Funkcionális anatómia tankönyvből szereztük. Az egyes képi források pontos megjelölésénél sokkal fontosabbnak tartottuk, azt hogy az olvasó megértse és átlássa azt, amit tanul. A képek igyekeztünk strukturálisan és a szövegek konzekvens szinkódolásával még közérthetőbbé tegyük a tananyagot.

A jegyzetben gyakori a latin, az angol és a magyar szakkifejezések használata. Elsődleges természetesen az angol szakkifejezésekre törekedtünk, azonban sokszor a szakirodalmak alapján a latin volt a kézenfekvő. Mivel a jegyzet magyar nyelven íródott, ezért sok helyen zárójelben odaírtuk a magyar megfelelőt is, hiszen számunkra talán ez a legkifejezőbb. Mivel az egyes anatómiai részek három nyelven való szerepeltetése rengeteg időt és energiát jelentett volna, ezért erre nem törekedtünk.

Bízunk abban, hogy azok, akik forgatják majd ezt a jegyzetet, sikerül átlátniuk, megérteniük, sőt megszeretniük a neurobiológiát. A jegyzet azoknak is szól, akik már elvégezték a tárgyat, viszont homályba merült számukra egy-egy rész, viszont röviden és közérthetően mindezeket szeretnék feleleveníteni.

Sikeres felkészülést kívánnak:

a jegyzet készítői

Tartalomjegyzék

1. Az idegrendszer szerveződése; anatómiai és funkcionális felosztása.....	4
2. Az idegszövet sejtjes elemeinek jellemzése; sejtorganellumok és sejtfunkciók, melyek más testi sejtekben is megtalálhatók.	6
3. Idegsejtek jellemzése; sejtalkotórészek és sejtfunkciók, melyek más testi sejtekben nem találhatók meg.....	10
4. Gliasejtek jellemzése; sejtalkotórészek és sejtfunkciók, melyek más testi sejtekben nem találhatók meg.....	12
5. A neuron doktrína értelmezésének elve.....	14
6. Idegsejtek elektromos tevékenységének jellemzése.	15
7. “Idegsejt-idegsejt kapcsolat” morfológiai és funkcionális jellemzése.....	18
8. “Idegsejt-gliasejt kapcsolat” morfológiai és funkcionális jellemzése.	20
9. Idegrostok típusai, ingerületvezetés.....	23
10. Receptorok és effektorok	25
11. Szinaptikus információátadás; szinapszisok formái	27
12. Szinaptikus információátadás; kémiai hírvivőanyagok fajtái, ezek szintézise, felhasználása és lebontása.....	29
13. Szinaptikus információátadás; ingerület-átvitel formái, a poszt-szinaptikus membrán feszültségének változásai	34
14. Idegszövet sérülése, pusztulása és regeneráció.....	38
15. A proprioceptív, nociceptív és vegetatív reflexív felépítése és funkciója	41
16. A gerincvelő szürke- és fehérállományának szerveződése.....	43
17. A gerincvelői szelvény fogalma és a gerincvelői ideg.....	47
18. Az agytörzs fő részei, jelentősebb magok és pályák.....	48
19. Agyidegek agytörzsi eredése, és funkcionális összetevői.....	52
20. Kisagy fő részei és összeköttetései	55
21.1. Kisagykéreg idegi kapcsolatrendszere.....	57
21.2. Köztiagy fő részei és összeköttetései.....	59
22. Nagyagy fő lebenyei, a fehérállományt alkotó rostok fajtái	63
23.1. Az agykéreg anatómiai és funkcionális felosztása.....	65
23.2. Az agykéreg rétegei, regionális eltérések. Az agykérgi kolumnák szerkezete.	70
24. A törzsdúcok elhelyezkedése, capsula internán átfutó nagyobb pályák	73
25. A hippocampális formáció alkotóelemei, három-neuronos kapcsolatrendszere.....	75

26. Érzőrendszer: hő, fájdalom és felületes tapintás érzetének kialakulása, pályarendszerek és agykérgi reprezentáció	76
27. Érzőrendszer: diszkriminativ, mély tapintás érzetének kialakulása, pályarendszerek és agykérgi reprezentáció	78
28. Mozgatórendszer: a piramis pálya agykérgi eredése, összetevői és célsejtjei	79
29. Motoros működés koordinációs szabályozó és végrehajtó központjai (motoros kéreg, törzsdúcok, kisagy és agytörzsi központok kapcsolatrendszere).....	83
30. A szaglórész rendszer szerveződése	85
31. A látórész rendszer szerveződése	87
32. A halló- és egyensúlyozórész rendszer szerveződése	91
33. A zsigerek működésének szabályozása: a szimpatikus és a paraszimpatikus idegrendszer	94
34. Az idegrendszer korai fejlődésének főbb lépései.....	97
35. A velőcső differenciálódása - a gerincvelő és az agyvelő kialakulása	101
36. Az agyhólyagok és az üregrendszer kifejlett agyban megfigyelhető származékai.....	103

1. Az idegrendszer szerveződése; anatómiai és funkcionális felosztása

A központi idegrendszer részei és ezek fő feladata

A központi idegrendszer részei

1. Brain (agy)
 - **Cerebrum** (agy)
 - Telencephalon
 - Cerebral cortex (agykéreg)
 - White matter (fehérállomány)
 - Basal ganglia (törzsdúcok)
 - Diencephalon (közti agy)
 - Thalamus
 - Metathalamus
 - Hypothalamus
 - Subthalamus
 - Epithalamus
 - **Brain stem** (agy törzs)
 - Mesencephalon (középagy)
 - Pons (híd)
 - Medulla oblongata (nyúlt velő)
 - **Cerebellum** (kisagy)
2. Spinal cord (gerincvelő)

A központi idegrendszer neuron csoportosulásait magoknak (nucleus, nucleai) hívjuk.

Az idegrendszer felépítése és funkciói

1. Cerebral cortex (agykéreg)
 - Lebényekre van osztva (lásd később)
 - Tekervényes
 - Itt történik a legtöbb információ feldolgozása, pl. a vizuális információé.
2. Basal ganglia/ basal nucleai(törzsdúcok)
 - Részei a caudate nucleus, lentiform nucleus, claustrum, amygdala
 - A motoros rendszer működéséhez járul hozzá
3. Thalamus
 - Kéregalatti magkomplex
 - Motoros, szenzoros és végtagrendszer információit juttatja el az agykéregbe
4. Hypothalamus
 - Neuroszekréció
 - A hipofízis és hormonális rendszert, valamint az autonóm funkciókat szabályozza
5. Brain stem (agytörzs)
 - 3-12 agyideg funkcióját szabályozza
 - Keringési és légzési központokkal rendelkezik
 - A parasympathetic rendszer agyi részét kontrolálja
6. Cerebellum (kisagy)
 - Két féltekéje van
 - 3 részre osztható: vestibulocerebellum (egyensúly), spinocerebellum (gerinces témakör), pontocerebellum
 - Izom összehúzódást szabályozza (erősség, időtartam, mérték)
7. Spinal cord (gerincvelő)

- Felszálló (**szenzoros**) és leszálló (**motoros**) pályák itt vannak, valamint a vegetatív és a reflex rendszerek is itt találhatók.

A perifériás idegrendszer részei és ezek fő feladata

A perifériás idegrendszer részei

1. Cranial nerves I-XII (1-12 agyideg)
2. Spinal nerves (gerinc ideg, 31 pár)
3. Sensory ganglia
4. Vegetative ganglia (Autonomic ganglia)

A perifériális idegrendszer neuron csoportulásait ganglion-oknak (többes szám ganglia) nevezzük.

A perifériás idegrendszer két részre osztható. Az egyik a somato (testi), a másik a visceral (zsigeri) rész.

Somatic rész

- Az „alsó” motorneuronok és a stimulált harántcsíkolt izomszövetek alkotják a motoros egységeket, amelyek a mozgást végrehajtják.
- Az egyszerűbb „alsó” motorneuronokat komplex „felső” neuronok irányítják.
- A somatoszenzoros rostok a somatoszenzoros ganglionokba mennek. Az itt megtalálható ganglion sejteknek két nyúlványa van, az egyik a periférikus, a másik a központi
- A perifériás nyúlványok szednek információt a belső és külső környezetből
- A központi nyúlványok ezt az információt juttatják el a központi idegrendszerbe

Visceral rész

- A szervrendszereket a vegetatív idegrendszer irányítja, amelynek két válfaja van, a sympathetic és parasympathetic rész.
- A parasympathetic rész a test energiájának megőrzéséért felel (nincs „stressz” helyzet). Az ehhez tartozó központok az agytörzsben és a gerincvelőben találhatók
- A sympathetic rész a „vészhelyzetekre” tárolt energiát hasznosítja, amikor a testet hirtelen hatás éri. Az ehhez tartozó központok a gerincvelőben vannak.
- A vegetatív rendszerhez tartozó információ vegetatív ganglionokon keresztül jut el a célszervbe

2. Az idegszövet sejtes elemeinek jellemzése; sejtorganelumok és sejtfunkciók, melyek más testi sejtekben is megtalálhatók.

Sejtmag jellemzői

- A sejtmagot egy kettős membrán réteg (nuclear envelope) veszi körül. A membrán folytonos a durva endoplazmatikus retikulummal (Rough Endoplasmatic Reticulum).
- A kettős membrán rétegen lyukak (nuclear pores) helyezkednek el. A lyukakat a Nuclear Pore Complex irányítja, a sejtmag és a cytoplasma közötti áramlás szabályozására.
- A sejtmag belsejében (Nuclear matrix) található DNS, eukromatin és heterokromatin, RNS, nucleoproteinek, hiszton, stb stb.
- A transzkripció is itt folyik

Sejtmagvacska

- A sejtmagvacska szintén a sejtmag része.
- A sejtmagvacskában szintetizálódnak a riboszómális RNS-ek, amelyek a riboszómát (riboproteinnel) alkotják.

Durva felületű endoplazmatikus retikulum (rER)

- Tubulusok és vezikulák alkotják, felszínükön riboszómák találhatók
- A sok RNS miatt bazofil jellege van
- Neuronokban a rER-t Nissl-rögnek hívják
- A riboszómákon megy végbe a fehérje szintézis

Sima felületű endoplazmatikus retikulum (sER)

- Membrán tubulusok és vezikulák rendezetlen hálózata alkotja, melynek felszínén nincsenek riboszómák
- rER-rel folytonos, és Golgi-hoz kötött
- Itt zajlik a lipid szintézis, a glikogén metabolizmusa, metabolit lebontás és detoxifikáció
- Idegszövetben és izomban kalciumraktárként is funkcionál
- Májsejtekben és szteroid-szintetizáló endokrin sejtekben nagy számban fordul elő

Golgi-készülék

- Egymásra halmozott csészealj alakú lapos ciszternákból áll
- A sejtmag és az endoplazmatikus retikulum közé ékelődött sejtalkotó
- A sejtben sok Golgi halom figyelhető meg
- Konvex-konkáv 3D struktúrája van. Konvex fele az ER felé néz, ez a cisz oldal, vagy forming face. Konvex fele pedig a sejtmag felé néz, melyet transz oldalnak nevezünk, másnéven ez a maturing face.
- Membránhoz kötött vezikulákkal kommunikál. A transzport vezikulák a makromolekulákat további átalakítás (glikoziláció, foszforiláció) céljából a cisz oldal felé szállító, ER membránból levált sejtalkotók.
- A liposzómák Golgi membránból származó sejtalkotók.
- A Golgiról leváló vezikuláknak 3 csoportja van:
 - Szekréciós vezikulák
 - Exocitózist végző vezikulák
 - Lizoszóma

Lizoszóma

- Fehérjét, lebontó enzimeket (lipáz, nukleáz, amiláz, proteáz) tartalmazó, 0.1-1 μm átmérőjű vezikula.
- Endoszómával való fúziója először endolizoszómát, majd lizoszómát ad.
- Belső organellumokkal vett fúziója formálja az autofagolizoszómát, külső anyaggal/molekulával alkotott fúziója pedig a fagolizoszómát.

Mitokondrium:

- A sejt energiallító, ATP képző organelluma, hossza kb. 0.5-1 μm .
- Kettős membránnal rendelkezik. A külső és a belső membrán közötti területet intermembrán térnek, a belső membránon belülit pedig mátrixnak nevezzük
- Számuk, méretük és alakjuk sejttypustól, és azok metabolikus aktivitásuktól függően eltérő.
- A külső membránon történik a zsírsavak metabolizmusa, az intermembrán tér proton pumpaként működik, a belső membránon az oxidatív foszforiláció és az ATP reprodukció, a mátrixban pedig piruvát és zsírsav oxidáció, citromsav ciklus megy végbe.

A citoszkeleton a sejtek vázát alkotó fehérje. Alkotói a mikrotubulusok, a mikrofilamentumok, és az intermedián filamentumok.

Mikrofilamentum

- Aktinból felépülő, ATP-t kötő, kb 5 nm-es fehérjeszálak.
- Minden filamentum 2 csavart fehérjeláncból áll.
- Izomszövetben miozinhoz kapcsolódva kontrakciót hoz létre.

Mikrotubulus

- Alfa és béta tubulinból áll. Az egységek polimerizálódás után létrehoznak egy üreges cső alakú struktúrát.
- Mikrotubulus kapcsolt fehérjék (MAP) stabilizálják a szerkezetet.
- A dinein és kinezin fehérjék szállítómotorként működnek a mikrotubulusok mentén.
- Neuronok esetében az anterográd, retrográd transzportban van szerepük, illetve a sejtosztódásban is létfontosságú szerepük van.

Intermediális filamentumok:

- Kb. 10-12 nm-es protein filamentumok, melyek relatív stabil rostos hálózatot hoznak létre.
- Ezek fehérje kompozíciója szövetspecifikusnak vélhető.

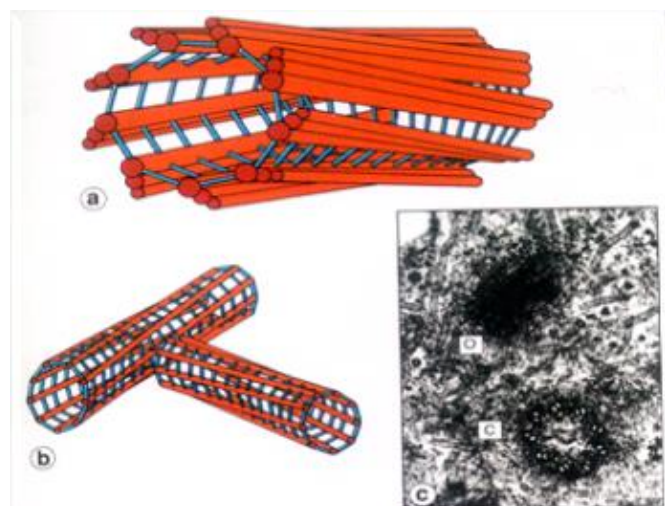
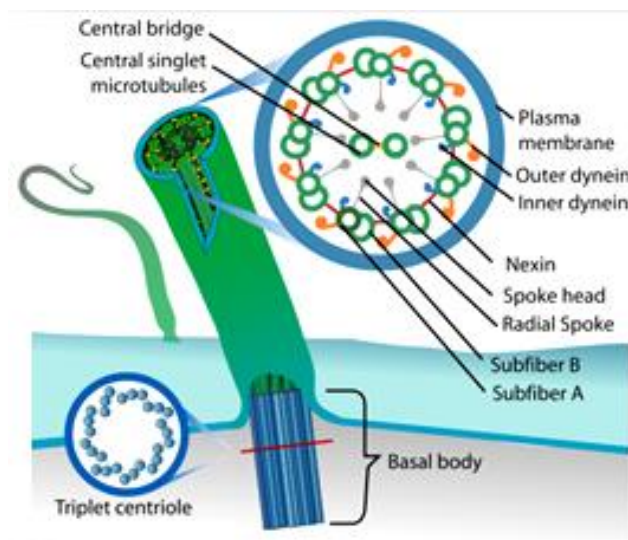
INTERMEDIATE FILAMENT	LOCALIZATION
cytokeratins	epithelial cells
desmin	muscle (smooth and striated)
glial fibrillary acidic protein	astrocytes
neurofilament protein	neurones
nuclear lamin	nucleus of all cells
vimentin	mesodermal tissues

Csilló

- Membránal határolt ujjszerű citoplazma kitüremkedés.
- A bazális testből indul, mely 9 paralel mikrotubulus tripletból áll. A többi része mikrotubulus duplettekből és hozzájuk kapcsolódó fehérjékből áll.

Centriolum

- 9 paralel mikrotubulus tripletból áll.
- 2 centriolum alakítja ki a centroszómát, ami a mikrotubulusok növekedését szabályozza.



Fehérjeszintézis

Az RNS-szintézist az RNS polimeráz nevű enzim katalizálja. A szintézis kezdetén a DNS kettős hélix szerkezete felnyílik. Az RNS polimeráz a DNS ún. értelmes szálához kapcsolódik és megkezdí annak átírását. Ez az átírás a bázispárképzés szabályainak megfelelően történik.

A bázisok beépítéséhez egy ATP szükséges. A szintézis végén az RNS molekula leválik a DNS-ről és visszaáll a kettős hélix szerkezet. Ezután, eukarióták esetén, az mRNS a sejtmaghártya pórusain át a citoplazmába transzportálódik, míg prokariótáknál már a transzkripció alatt úgynevezett riboszómák kapcsolódnak az mRNS-hez és megkezdik a fehérjék előállítását. Egy-egy mRNS-hez egyszerre több riboszóma is kapcsolódhat, meggyorsítva a folyamatot, ezeket a képződményeket poliriboszómáknak nevezzük.

Az aminosavak aktiválása energiaigényes, a szükséges mennyiséget ATP hidrolízise fedezi. Az aminosavak aminosav aktiváló enzimhez kapcsolódnak, ez az enzim lép kapcsolatba a tRNS molekulával, végül az aminosav kapcsolódik a tRNS aminosavkötő helyére. A riboszóma kisebbik alegysége kapcsolódik az mRNS 5' végéhez, majd ezután kapcsolódik a riboszóma nagyobbik alegysége is. A transláció során a riboszóma (multienzim-komplex) határozza meg a szintézisben résztvevő molekulák térbeli elrendeződését, együtt tartja az mRNS-t és a növekvő polipeptidláncot és folyamatosan továbblép az mRNS-en a szintézis előrehaladásával. A transláció apparátusa a polipeptid képzésekor a mRNS-en 5'-3' irányban halad. Minden egyes aminosavnak 3-3 nukleotidból álló kodonja sorakozik egymás után a mRNS-en, amelyek a tRNS-eken található 3-3 komplementer nukleotidból álló antikodonnal párosodnak.

A transláció első lépéseként az első aminosavat (a lánckezdő metionint) szállító tRNS kapcsolódik a riboszóma P (peptidkötő) helyéhez, a következő aminosavat szállító tRNS pedig az A (aminosavkötő) helyéhez. A P-helyen lévő metionin (majd később a polipeptid) és A-helyre szállított aminosav között ATP-energia felhasználásával és enzimek segítségével peptidkötés alakul ki, ezután a kialakított peptidszakasz továbbtődik a peptidkötőhelyre, a beépült aminosavat szállító tRNS szabadon leválik, a riboszóma továbblép az mRNS-en. A megfelelő kodon felismerése után az aminoacil-tRNS-ek egymás után kapcsolódnak a riboszómához, adják le az aminosavakat és így hosszabbítják a polipeptid láncot. A növekvő polipeptid lánc a riboszóma kis alegységéhez kapcsolódik. A polipeptid lánc szintézisének végét az úgynevezett "stop" kodonok határozzák meg.

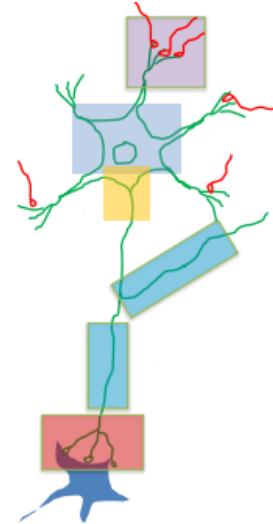
Három lánczáró kodon létezik: UAA, UGA, UAG. A terminációs kodonhoz egy release-faktor kapcsolódik, a peptidil-transzferáz képessé válik a P-helyen lévő utolsó tRNS és aminosav közötti kötés hidrolízisére, ezután a tRNS és a polipeptid távozik, majd megszűnik a riboszóma és az mRNS közötti kapcsolat, végül a riboszóma alegységeire hidrolizál.

3. Idegsejtek jellemzése; sejtalkotórészek és sejtfunkciók, melyek más testi sejtekben nem találhatók meg.

Sejtnyúlványok fajtái, feladatuk (amik csak idegsejtekben vannak)

Az idegsejt felépítése

- Dendrit fa
- Perikaryon (idegsejt test) = soma
- Axon dombocska (axon hillock) = axon iniciális szegmentum
- Axon
- Axon kollaterális (axon collateral)
- Axon végződés (axon terminal)



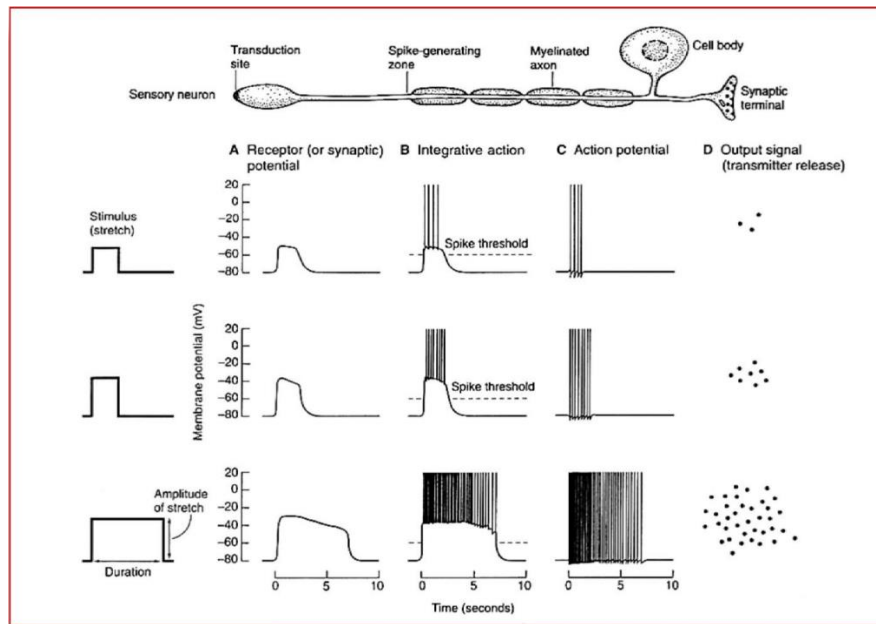
A részek funkciói

- **Dendrit fa:** az idegsejt a dendritjeinek segítségével gyűjt információt a környezetéből. A dendriteken tüskék képződnek. A dendritekre kapcsolódnak az afferens (~input) idegsejtek axon nyúlványai. A piramisidő esetében a dendritfa fő nyúlványát apical dendrite-nek hívjuk (gyakorlatilag ez a fa törzse). A dendritek folytonosak a citoplazmával, valamint kitüremkedéseket (dendrit tőske, dendritic spine) tartalmaznak. Közreműködnek a neuroplaszticitásban és emiatt a neurális hálózatok átfarmálódásában. Legfőbb szerepük a sok ezer axonból érkezett információ integrálása.
- **Perikaryon:** Gyakorlatilag ugyanaz a feladata, mint bármely másik sejtípusnál. Az idegsejtnél a sejtben belüli transzport folyamatokat (pl. axonális transport) is szervezi, amely elég fontos feladat. 10-100 μm széles, és tele van RER-ekkel, amiket itt Nissl testeknek (Nissl body) hívunk. A Nissl testek nagy száma aktív fehérje szintézisre utal.
- **Axon dombocska:** Az axon innen indul ki. Rengeteg feszültségfüggő Na^+ csatorna található itt, az akciós potenciál emiatt is innen ered.
- **Axon:** A sejt efferens (~output) nyúlványa. Az akciós potenciált továbbítja. Transzport folyamatok történnek benne, az axon terminális felé illetve vissza. Hosszuk változó.
- **Axon kollaterális:** Gyakorlatilag még egy axon nyúlvány, ami azonban az „eredeti” axontól függ, csak annak az információit tudja továbbvinni. Szerepe van a hálózatok kiépítésében. Az axon irányához képest tompaszögben válik le az axonról.
- **Axon végződés:** Az axon itt elválnak néhány finom szárra, amelyek más elemekkel kommunikálnak. Az axon végződés mikrotubulusokat, neurofilamentet, mitokondriumokat és szinaptikus vezikulákat tartalmaz, emiatt az axonok legvége meg van naggyobbodva. Ezt a megnagyobbodását bouton-nak hívjuk.

Extrák

- Dendrit fa, dendrit tőske kimutatása
 - Ezüst-impregnációs eljárással.
- Neuron fajták:
 - **Multipoláris neuronok:** A perikarion több pontjáról erednek dendrit fák. Ilyen neuronok a gerincvelő motorneuronjai.
 - **Bipoláris neuronok:** A perikarion egy pontjáról ered dendrit fa, a perikarion áttelens csücskéből ered az axon. Ilyenek az egyensúlyi ganglion szenzoros neuronjai.
 - **Pseudo-unipoláris neuronok:** Az axon és a dendrit ugyanabból a sejtgyúlványból ered. Ilyenek a gerincvelő ganglionok szenzoros neuronjai.

Idegsejt stimulálása:



Anterográd és retrográd anyagtranszport az idegsejten belül

Axonális transzport

- Az idegsejtnak az axon terminálisokat különböző anyagokkal kell ellátnia, többek között fehérjékkel és membránokkal.
- Mivel az axon terminálisokban nincsen meg az ezek előállításához szükséges apparátus, ezért biztos, hogy ezen anyagok transzport folyamatok segítségével jutnak a perikarionból a terminálisokba.
- Ezt a folyamatot hívjuk axonális transzportnak, amely „oda-vissza” irányban történik.

Axonális transzport sebesség alapján

Sebesség alapján elég nagy változatosságot mutatnak a transzport folyamatok:

- A leggyorsabban a vezikulák mozognak, ezek 250 mm/nap sebességgel képesek haladni.
- A leglassabban a citoszkéletális fehérjék mozognak, ezek sebessége 1 mm/nap.

Anterográd transzport:

- Az axonális transzport „oda” irányú folyamata, amely a perikarionból szállít anyagokat az **axon terminális felé**.
- A szállítást **kinein** molekulák végzik, mikrotubulusokra kapcsolódva.
- A szállított anyagok az axon növekedéséhez, illetve a szinaptikus vezikulák **megújításához** szükségesek.

Retrográd transzport:

- Az axonális transzport „vissza” irányú folyamata, amikor anyagok az axon terminálisból a **perikarion felé** szállítódnak.
- A szállítást **dinein** molekulák végzik, ugyancsak mikrotubulusokra kapcsolódva.
- A szállított anyagok főleg „rég”i” membrán darabok, amelyek lizoszómális **lebontásra** vannak ítélve (vírusok is így kerülnek felvételre).

4. Gliasejtek jellemzése; sejtalkotórészek és sejtfunciók, melyek más testi sejtekben nem találhatók meg.

Gliasejtek relatív száma a központi idegrendszerben, fajtái

- A gliasejtek jelentősége megegyezik a neuronokéval az idegrendszer felépítésében.
- A gliasejtek hozzák létre a **véragy gátat**, a **mielin hüvelyeket**, veszik fel az („elhasználódott”) neurotranszmittereket, védik az idegrendszert, stb.

Glia sejtek fajtái:

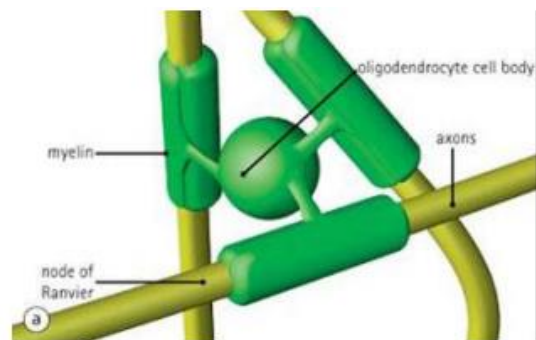
- Asztrocita
- Microglia
- Oligodendrocita
- Schwann sejt (NEM a központi idegrendszer, hanem a perifériás idegrendszer része)
- Ependyma sejt

Asztrociták

- A fehér és szürke állomány rengeteg asztrocitát tartalmaz, amelyeket többek között ezüst-impregnációval lehet kimutatni.
- A nyúlványaik segítségével jön létre a véragy gát, kapillárisok befedése és segítenek szigetelni a szinapszisban résztvevő neurális elemeket, segítik a gap junction-ök működését.
- A GABA és glutamát transzmitterek inaktiválásáért, és bizonyos fokig szintéziséért is felelnek.
- Vezérlik a Ca^{2+} háztartást, feszfüggő csatornák, és ion exchangerek segítségével.
- A CNS-ben az asztrociták száma a legnagyobb.

Oligodendroglia

- Az oligodendrociták kisméretű sejtek, számos elágazó nyúlvánnyal.
- Feladatuk, hogy mielin hüvelyeket hozzanak létre a neuronok axonjai számára (CNS).
- Egy oligodendrocita több tucat axont képes bevonni mielin hüvellyel.
- A mielin hüvely nagyrészt fehérje és lipid membrán, ezért a sejtben rengeteg RER-t és riboszómát találhatunk.



Microglia

- A microgliák nem az agyban keletkeznek, hanem odavándorolnak, és „nyugvó” (resting) microgliaként telepednek meg.
- A microgliák az agy sejtállományának 5-20%-át teszik ki.
- Ezek az agy ügyeletes immunsejtjei. A sérült neuronokat, valamint kóros elemeket képesek fagocitózissal bekebelezni.
- Az asztrocitákkal együtt a központi idegrendszer rendkívül erős védelmi rendszerét alakítják ki.

Amikor valami „gond van”, a microgliák aktiválódnak, és elkezdik feladatuk elvégzését. Az aktív microglia sejtek fenotípusa teljesen más, mint a nyugvóké. Mind a sejttestük, mind a nyúlványaik meghízhatnak. Az aktiválódást kiválthatja az extracelluláris tér K^+ szintjének változása, gyulladás-keltő citokinek és necrosis (elhalási) faktorok. Funkcióik közé tartozik a „szemét” (törmelék) eltakarítása, sejtelemekek fagocitózisa, antigének kiállítása, stb.

Ependyma sejtek

- Az idegszövetek és az agykamra határfelületét az Ependyma sejtek alkotják.
- A kamra felőli oldalukon csillók helyezkednek el, amelyekkel a pl a CSF (cerebrospinal fluid, agyi-gerincci folyadék) áramlását segítik.
- Az ependyma sejtek között szoros, azaz gap junction-ök alakulnak ki.

Tanycyták

A tanycyták speciális ependyma sejtek, amelyek a harmadik agykamra falában vannak jelen. Hosszú nyúlványaik a hypothalamus felületétől az agy ventral (hasi) oldalán található véredényekig terjednek. A CSF-ből szállítanak anyagokat a keringésbe.

Az asztrociták főbb funkciói

Lásd 8. témakör.

5. A neuron doktrína értelmezésének elve

A neuronok az idegszövet domináns alkotói. Több, különböző szempontot szolgáltatnak.

Funkcionális egység:

A gátló és serkentő áramok végigfutnak a neuron egész membránján. Amikor a minden vagy semmi törvényének engedelmeskedő akciós potenciál létrejön, az axon terminális irányába terjed.

- Ha egyszer egy neuron bármely részén terjedő jellegű ingerületi hullám alakul ki, akkor ez feltétlenül végigterjed a neuron sejtthártyáján.
- A terjedő ingerületi hullám "minden vagy semmi" jellegű, azaz nincsenek fokozatai.
- Sebességét, amplitúdóját és lezajlásának módját a neuron méretei és az idegrost hüvelyének jellege határozza meg.
- Terjedési iránya közömbös, azaz keletkezése helyétől minden lehetséges irányban egyformán terjed. Fiziológiai körülmények között ingerületi hullámok az idegelemeknek csak meghatározott helyein, leggyakrabban a neuritnek a sejtből való eredése helyén keletkeznek, és ezért a neuritben rendszerint a sejttesttől távolodó irányban haladnak.
- Az idegnyúlvány végéhez eljutott ingerületi hullám nem feltétlenül terjed át a synapsison keresztül a következő szövetelemre.
- A synapticus ingerület átvitel rendszerint szorosan meghatározott feltételektől függ.
- A synapsis egyben egyenirányító működésű: a kémiai ingerület az idegvégződésről a következő neuronra terjed, de fordítva nem!

Patológiai egység:

A neuronok különböző válaszokat adnak különböző patológiai esetekre.

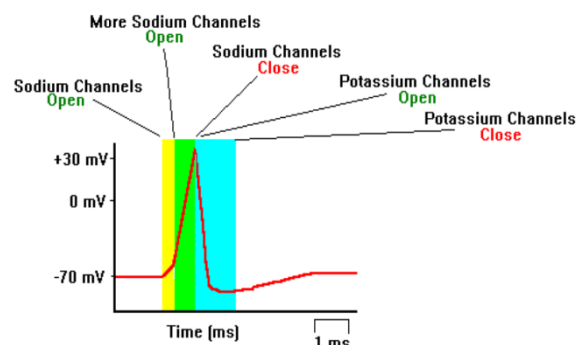
- Kóros körülmények között sokszor észleljük, hogy a központi idegrendszer ugyanazon részének különböző neuronjai közül egyesek megbetegszenek, sőt elpusztulnak, míg mások sértetlennek tűnnek.
- Vannak fertőző betegségek, táplálkozási hiánybetegségek, mérgezések, amelyek egyes neuronfajtákat kiemelten betegítenek meg, jelezve, hogy a neuronok ugyan arra a káros hatásra különbözően érzékenyek.
- Bizonyos öröklődő betegségekben vagy az ivarsejtek érésekor lezajló kromoszomális mechanizmusokban keletkezett zavarkor előálló génkárosodáskor szervezet egy specifikus enzimet nem tud előállítani, és ez néhány neuronféleség működési vagy életképtelenségét vonja maga után.
- A neuronok tehát kémiai felépítés terén erősen specializált egységek.
- Minden neuronfajtának megvan a maga kémiai "individualitása", és ennek lehet a következménye speciális érzékenységek olyan káros behatásokra vagy hiányokra, melyek a szervezet többi szöveteit még nem érintik.
- A különbség az ideg- és egyéb szövetek között nem minőségi, hanem tisztán fokozati.

6. Idegsejtek elektromos tevékenységének jellemzése.

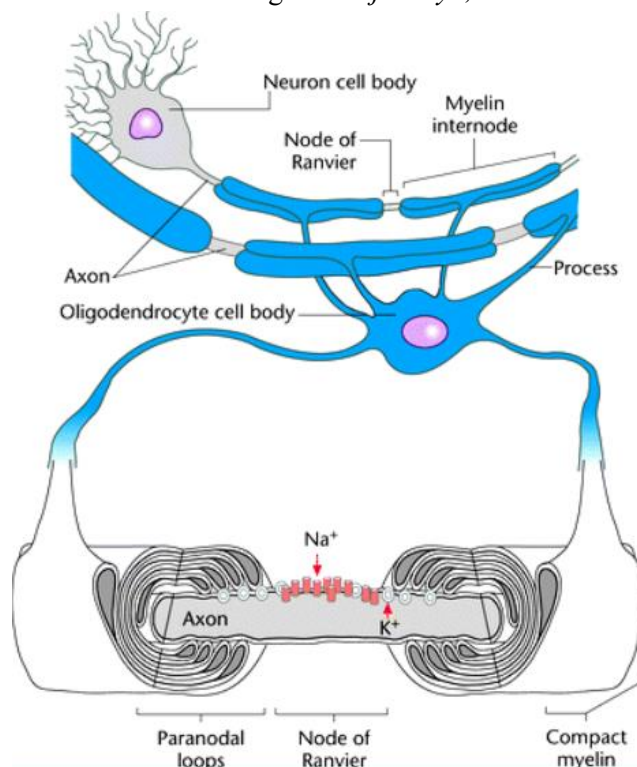
Az akciós potenciál jellemzői

- A jelek átvitele a perikarionból az axon felé az akciós potenciál segítségével történik.
- Az akciós potenciál kialakulása a sejtmembrán két oldalán hirtelen ion koncentráció megváltozásnak köszönhető.
- A stimulált sejt átmenetileg áteresztí membránján a Na^+ ionokat, amelyek az extracelluláris térben vannak túlsúlyban, tehát a sejttest belseje felé fognak áramlani.
- Az akciós potenciálnak jellegzetes függvény görbéje van. Ezen a görbén öt különböző szakaszt figyelhetünk meg:

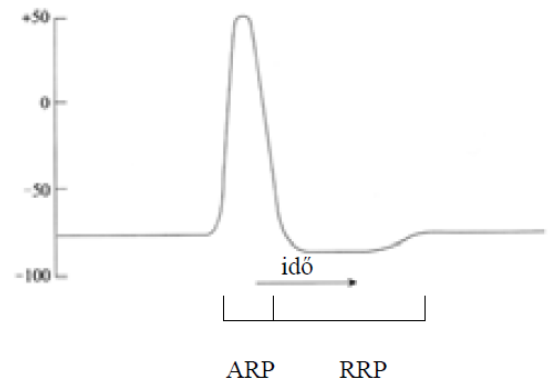
- **Nyugalmi állapot** (nyugalmi potenciál): a sejt nincs ingerelve
- **Depolarizáció**: A sejt nyugalmi potenciálja (kb. -70mV) pozitív értékre változik, a Na^+ ionok beáramlásának eredményeképpen.
- **Csúcs potenciál**: Ekkor van a legnagyobb áramlás.
- **Repolarizáció**: K^+ ionok az sejtől az extracelluláris térbe kezdenek áramlani.
- **Hiperpolarizáció**: A membránpotenciál egy ideig kisebb lesz, mint a nyugalmi potenciál, hogy a sejtet ne lehessen rögtön, ismételt ingerelni.



- **Küszöbinger**: az a legkisebb energiamennyiség, amely hatására már kialakul az akciós potenciál. Az **ingerküszöb** pedig a membránnak az a legkisebb változás (depolarizációja), amelyik kiváltja az akciós potenciált. Az **elektromos-potenciál**, a küszöb alatti kémiai, elektromos, vagy mechanikai inger által közölt áram hatására kiváltott membránreakció, ami az elektromos potenciál meredekebb emelkedését okozza. Ennek során megnő a sejthártya, Na^+ - áteresztő képessége és a sejt belső töltése kevésbé lesz negatív, azaz csökken a feszültség a sejthártya két oldala között. Az erősebb inger a sejt belső töltését jobban megváltoztatja. A hártán átjutó Na^+ - ionokat a Na^+ - K^+ - pumpa juttatja ki a sejtől. Ha az inger olyan erős volt, hogy a sejthártya két oldalán mérhető feszültségkülönbség értéke elér egy a sejtre jellemző, meghatározott értéket, az úgynevezett ingerküszöböt, ami kb. -5mV , akkor a sejthártya, Na^+ - csatornái megnyílnak. (Az izom – és idegsejtekben ugyan is a Na^+ - csatornák működése feszültségfüggő), és kialakul az aktivációs állapot, amit izgalomnak nevezzük. Az elektromos-potenciál áramlási sűrűsége csökken az ingerlési ponttól való távolodással. Teljesen passzív reakció. A küszöbközei ingerek az elektromos potenciálon még egyfajta járulékos depolarizációt okoznak a membrán növekvő Na^+ áteresztőképessége által. Ezt helyi izgalomnak nevezzük.



- **Refrakter periódus:** Az az időtartam, amíg sejt a szokásos ingerléssel ingerületbe nem hozható, akciós potenciál nem keletkezik.
 - **Abszolút refrakter periódus (ARP):** semekkora inger nem hozza a sejtet ingerületbe
 - Okai:
 - A depolarizációs fázisban nem tud több Na csatorna aktiválódni.
 - A repolarizációs fázisban a Na csatornák inaktívvá válnak, a feszültség szenzornak idő kell az újbóli nyugalmi állapot elérésére, ez alatt az idő alatt nem nyitja a csatornát.
 - **Relatív refrakter periódus (RRP):** csak erős inger kelt akciós potenciált.
 - Okai:
 - Nem egyszerre tér vissza az összes Na csatorna az inaktivációból, nagyobb inger kell, hogy a kevesebb számú nyugalmi állapotban lévő csatornából az inger elegendő számút aktiváljon az akciós potenciál kiváltásához.
 - Mivel a K csatorna még nyitva van, a sejt hiperpolarizált, így nagyobb inger kell a Na csatorna küszöb eléréséhez.



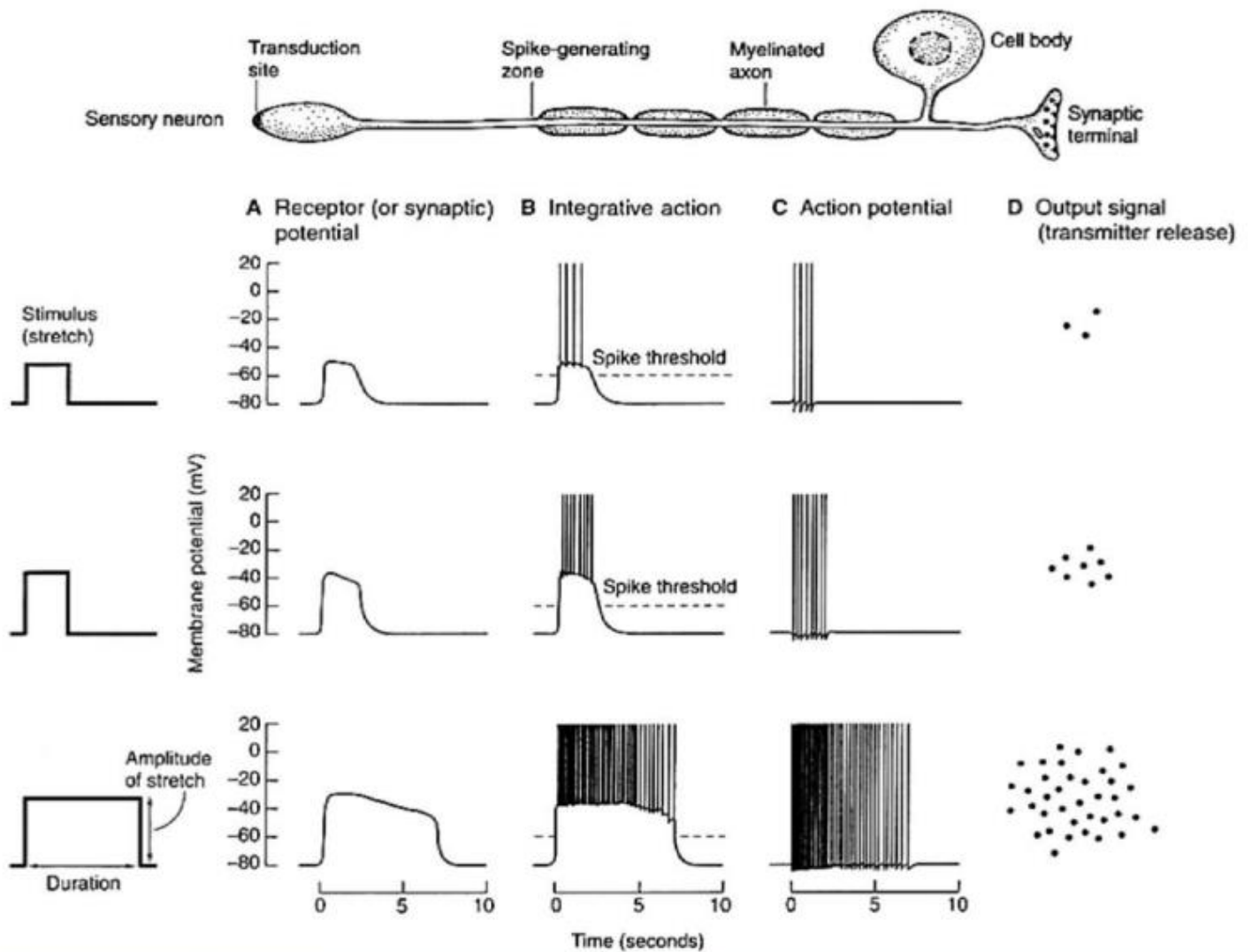
Az akciós potenciál terjedése attól függ, hogy milyen típusú axonon történik:

- az axonon nincs mielin hüvely, az akciós potenciál lassan (kb 0,5 m/s) terjed,
- az axonon van mielin hüvely, akkor nagy sebességgel, a Ranvier befűződések között „ugrál”.

Minden vagy semmi törvénye

- Ha az ingerlés következtében a sejt membránpotenciálja nem éri el a küszöbértéket, akkor semmilyen hatás nem váltódik ki.
- Ha eléri, akkor az akciós potenciál létrejön, függetlenül attól, hogy az ingerlés mértéke mekkora volt.
- Az akciós potenciál amplitúdója ugyanakkora minden esetben.
- Akciós potenciál: digitális, membrán potenciál: analóg természetű. Az akciós potenciálok nem adódnak össze, a membránpotenciálok (EPSP, IPSP) viszont igen.

- Az inger növelésével nő a tüzelési frekvencia. Az ingerlés növelésével nő a tüzelési idő is.



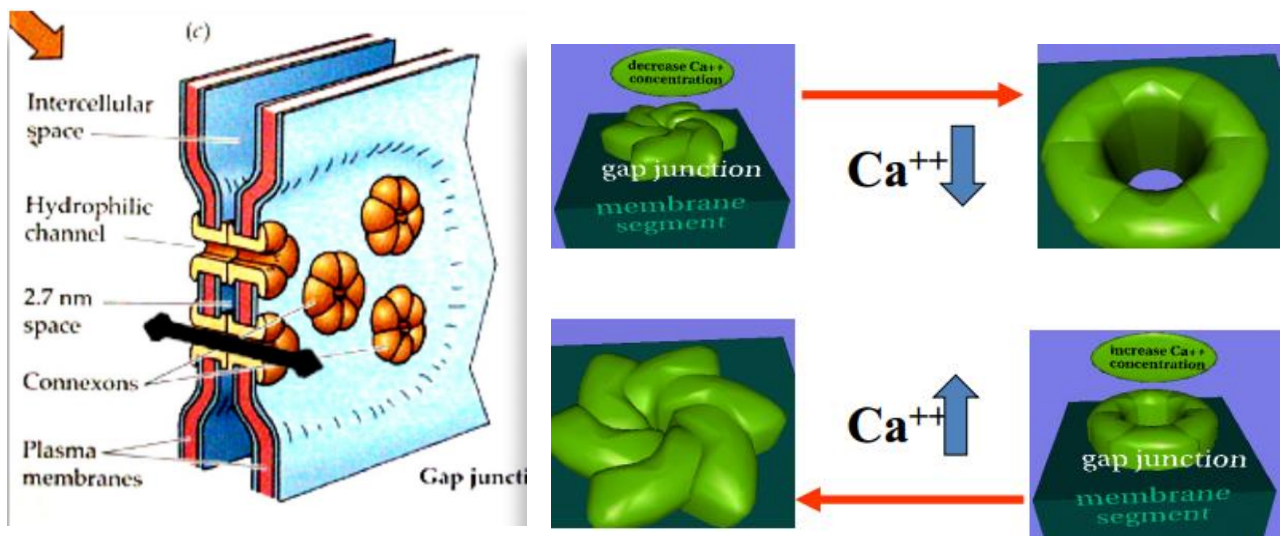
7. “Idegsejt-idegsejt kapcsolat” morfológiai és funkcionális jellemzése.

Szinaptikus kommunikációról általában

- Az idegi jelek az egyes idegsejtekről szinapszisokon keresztül jutnak más idegsejtekre.
- A szinapszisban résztvevő idegi elemek szomszédosak.
- A szinapszisoknak két fajtája van:
 - az elektromos
 - a kémiai szinapszis.

Az elektromos szinapszis jellemzői

- Az **elektromos szinapszisok** úgy jönnek létre, hogy a kb 20nm széles sejtközi tér összeszűkül és a résztvevők membránjait **gap junction**-ök „kötik össze”, amelyeket connexon fehérjék alakítanak ki.
- Ezeken a pontokon a két elem citoplazmája folytonos, habár az összekötő pórusok zárhatóak.
- A pórusok állapota a sejtben lévő Ca^{++} ionok szintjétől függ: ha a szint túl **magas**, akkor a connexonok **bezáródnak**.
- Az elektromos szinapszis képes kétirányú kommunikációt lebonyolítani, gyakorlatilag (szinaptikus) **késleltetés nélkül**.



A kémiai szinapszis jellemzői

Alaphelyzetben a **kémiai szinapszisok** esetében az információ a preszinaptikus elemről terjed a posztzinaptikus felő (azonban az információ áramlás fordítva is történhet → retrográd transzmisszió).

A vezetés főbb jellemzői:

- A preszinaptikus elem axon terminálisában klasszikus (amin típusú) neurotranszmitter gyártás folyhat (ha a preszinaptikus elem „megfelelő” típusú).
- A klasszikus és peptid típusú neurotranszmittereket szinaptikus vezikulák és granulumok tartalmazzák.

- A preszinaptikus elem aktivációjakor a tárolt neurotranszmitterek egyrésze a szinaptikus részbe „ömlik”
- A posztzinaptikus elemen lévő receptorok felismerik a neurotranszmittereket.
- A neurotranszmitterek inaktiválódnak.

Az átadás sejszintű eseményei:

- A preszinaptikus dendrit fára és a sejt sejttestére tapadó axon megnagyobbodások mindegyike serkentő vagy gátló jeleket hordoz.
- Amennyiben az ezek összesítése alapján a membránpotenciál eléri a küszöbértéket, akciós potenciál keletkezik a preszinaptikus sejtben, amely „végigszalad” annak axon terminálisa felé.
- Az axon terminálisba – ennek hatására – Ca^{++} beáramlás történik, amelyek következtében a szinaptikus vezikulák tartalma a szinaptikus részbe ömlik.
- A neurotranszmittereket felismerik a posztzinaptikus elem receptorjai, és hatásukra csatornákat szabályoznak, illetve beindul a sejtben az üzenet kaszkád.
- Ezután a neurotranszmitterek inaktiválódnak. A peptid típusúak főleg lebomlanak (gliasejtek segítségével!), az amin típusúak főleg újjrahasznosulnak.

Kémiai szinapszisok fajtái:

- Axo-dendritic: alapeset, az axon a másik sejt dendritjéhez kapcsolódik.
- Axo-spinous: az axon a másik sejt dendritjén lévő tüskéhez kapcsolódik.
- Axo-somatic: az axon a másik sejt testéhez kapcsolódik.
- Axo-axonic: az axon egy másik sejt axonjához inniciális szegmentumához vagy terminálisához kapcsolódik
- Dendro-dendritic: az egyik sejt dendritje a másik sejt dendritjével kommunikál pl.: bulbus olfactoriusban a mitrális sejt a szemcse sejtrel

Serkentő és gátló szinapszisok

- lásd 13. tételt

A kémiai szinapszis „különlegességei”

- A kémiai szinapszisok **késleltetése kb. 0,5 ms**, a szinaptikus részben lezajló események időszükséglete miatt.
- Az átvitel erőssége a posztzinaptikus receptorok aktiválódása által kiváltott membránpotenciál változás nagyságától függ.
- Egy serkentő szinapszis gyorsütemű túlingerlése a posztzinaptikus neuron fokozatos „elérzékeltelenedésével” jár.
- Egy ismétlődő ingerlés utáni nyugalmi periódusban a szinapszis érzékenyebbé válhat a további ingerlésekre, mint általában. Ezen az elven működik a rövidtávú memória.

8. “Idegsejt-gliasejt kapcsolat” morfológiai és funkcionális jellemzése.

Gliasejtek szerepe a szinaptikus jelátvitelben

Asztrociták izolálják a szinaptikus végződéseket, megszabott extracelluláris teret hagyva a szinapszisok körül. Emiatt / ezen keresztül szabályozni is tudja az ott folyó műveleteket.

A glia sejtek felelősek a K^+ **homeosztázis**ért. Az extracelluláris tér K^+ szintjének szabályozása létfontosságú az idegrendszer működése szempontjából. Többek között a K^+ ionok koncentrációja határozza meg a felszabadított neurotranszmitterek szintjét. Az ilyen jellegű szabályozást végző glia sejtek főleg az asztrociták.

Gliasejtek (tehát asztrociták is) szerepet játszanak a pH és H^+ ionok koncentrációjának beállításában. Ez fontos, mert a pH szint változás is neurális aktivitáshoz köthető.

Ca^{++} homeosztázis szabályozása is gliasejtek által történik. A Ca^{++} szintje a K^+ homeosztázist irányíthatja, mivel a K^+ csatornák egy része Ca^{++} függők! A Na^+/Ca^{++} exchangerek a pH beállításában játszanak szerepet, az Na^+ koncentrációjának változtatásával. Bizonyos glia sejteken neurotranszmitter receptorok is vannak, tehát egy kommunikációs ciklus lezajlása után a transzmitter jelenléte miatt kezdődhet meg a takarítás.

Kimutatták, hogy a gliasejtek modulálni tudják a neurális aktivitásokat. A modulálást pont a neurális aktivitás váltja ki.

Ezek nem az anyaghoz kapcsolódnak, csak érdekesség:

Általánosan elfogadott, hogy a glia sejtek legalább egy receptort tartalmaznak minden receptor családból. Illetve minden receptor megtalálható néhány glia sejten.

Felfedeztek olyat is, hogy ugyanazon asztrocitán az egyik nyúlványán glutamát receptorok vannak, mivel glutamáttal működő szinapszis zár közre, illetve a másik nyúlványán GABA receptorok vannak, mivel az GABA-val működő szinapszist zár közre. Ebből arra lehet következtetni, hogy a glutamaterg és GABAerg rendszerek működése nem „zavarja” egymást, illetve, hogy az asztrociták funkcionálisan polarizáltak.

Gliasejtek (főleg asztrociták) képesek a metabolitok és neurotranszmitterek felvételére, és elirányítására a keringésbe. Pl. a glutamát felvétel legfőképp az asztrocitákhoz köthető. Ez alapján feltételezhető, hogy az asztrociták irányíthatják a neurális plaszticitás (átrendeződés) jelenségét, valamint a neuronok védelmét (mivel glutamát felesleg esetén mérgezési tüneteket produkálnak).

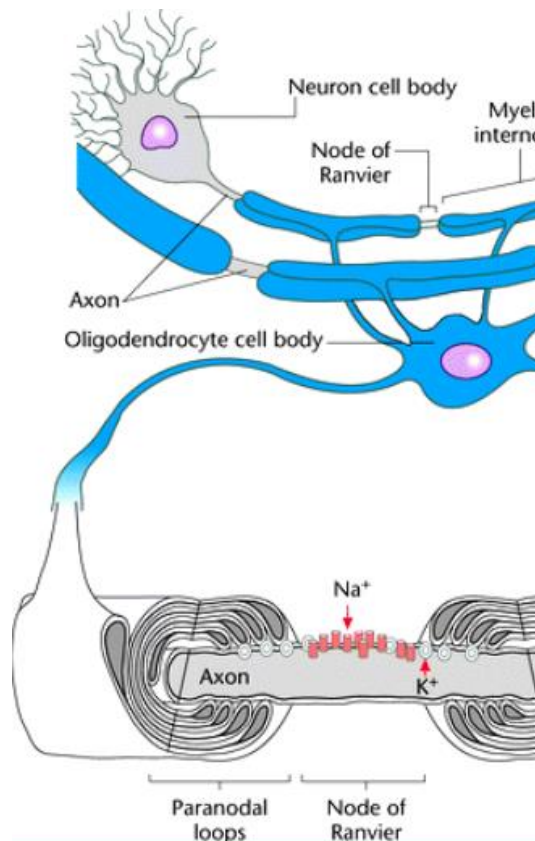
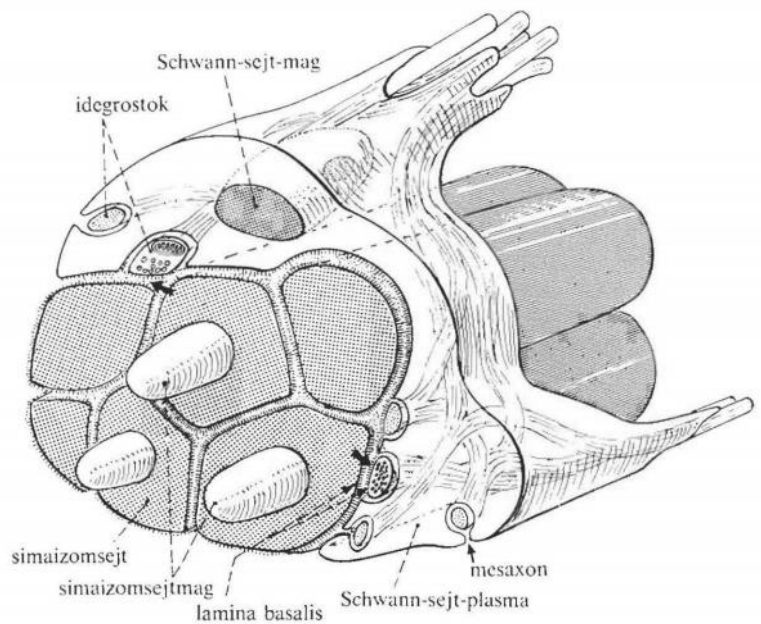
Gliasejtek szerepe az ingerület tovaterjedésében

- Az oligodendrociták (a CNS-ben) és a Schwann sejtek (a PNS-ben) mielin hüvellyel vonják be az idegsejtek axon darabjait.

- Ezeken a részek az axon és környezete között megszűnik (vagy legalábbis minimalizálódik) az anyagcsere lehetősége, a mielin hüvely „szigetel”.
- A mielinnel körülvont részek között Ranvier befűződések (Ranvier nodes) helyezkednek el.
- Ezen részek nyílik lehetőség K^+ , Na^+ ionok cserélésére.

A mielin hüvely fő célja, hogy gyorsítsa a jelátvitelt a perikarion és egy nyúlvány között. A vezetési sebesség mielin hüvellyel (max 120 m/s, kb. 30m/s jellemző) pár nagyságrenddel nagyobb, mint mielin hüvely nélkül (0,5 m/s).

Schwann sejt körülövi az izomsejtekhez érkező idegrostokat. Egy Schwann sejt több idegrostot is „magába foglal”



Az oligodendrocita is körülölel jónéhány axont, mielin hüvelyt és Ranvier befűződések létrehozva

TYPE	ASSOCIATION, FUNCTION	DIAMETER (μm)	CONDUCTING VELOCITY (m/s)	PEAK POTENTIAL (ms)	ABSOLUTE REFRACTORY PERIOD (ms)
A α	EXTRAFUSAL MUSCLE FIBER PRIMARY MUSCLE SPINDLE FIBER	12-20	70-120	0,4-0,5	0,4-1
A β	CUTANEOUS MECHANORECEPTORS SECONDARY MUSCLE SPINDLE FIBER	5-12	30-70		
A γ	INTRAFUSAL MUSCLE FIBER	3-6	15-30		
Ad	PAIN, COLD, TOUCH, PRESSURE	2-5	12-30		
B	PREGANGLIONIC	< 3	3-15	1,2	1,2
C	POSTGANGLIONIC	0,4-1,2	0,5-2	2	2

1. ábra - A különböző idegrostok vezetési paramétereit. Minél kisebb a rost átmérője (tehát minél kevesebb a neuron nyúlványon a mielin réteg), annál kedvezőtlenebbek a vezetési paraméterek.

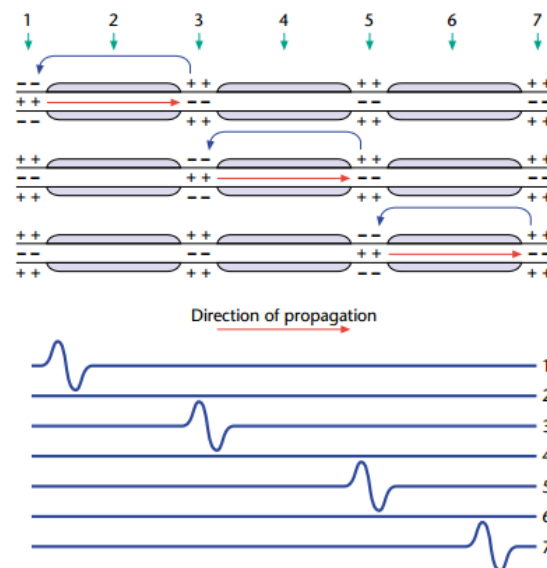


Figure 3 Saltatory conduction in myelinated axons. Transmembrane currents appear to jump from node to node, as each depolarizing action potential causes the next node to be excited (top). (+, -) show the relative charges at each point along the axon during action potential propagation. Further, were transmembrane currents to be recorded at each of the sites indicated by the green arrows, they would be detected only at nodes of Ranvier (bottom).

9. Idegrostok típusai, ingerületvezetés

Idegrostok a központi idegrendszerben

A központi idegrendszerben alapvetően két fajta idegrost jellemző

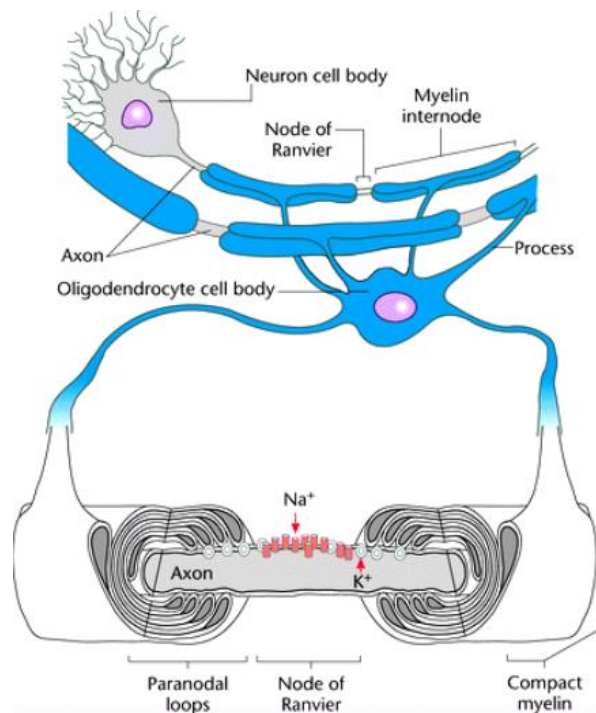
Csupasz axonok (neurit)

A csupasz axonok az idegrendszer legvékonyabb axonjai (0,1-0,3 μm). Nincsen rajtuk semmilyen szigetelő réteg (a kezdő és terminális részen sem), emiatt axolemmájuk közvetlen kapcsolatban van az extracelluláris térrel, és folyadékkal. A CNS-ben axon kötegekben fordul elő, vezetési képessége alacsony, nagyjából 1 m/s.

Oligodendrociták által mielinnel körülvett axonok

Az oligodendrociták (a CNS-ben) több (nagyjából 50) axon köré képesek nyúlványaikkal mielin hüvelyt létesíteni. Az oligodendrociták által létrehozott mielin csomók nem érnek teljesen össze, közöttük Ranvier befűződések (nodes of Ranvier) találhatók. A mielinnel körülvett axonokon az akciós potenciál „ugrásszerűen” terjed, egyik Ranvier befűződéstől a másikig.

A szigetelő mielin réteg hiánya súlyos betegségekhez vezethet, mint pl. a Sclerosis Multiplex.

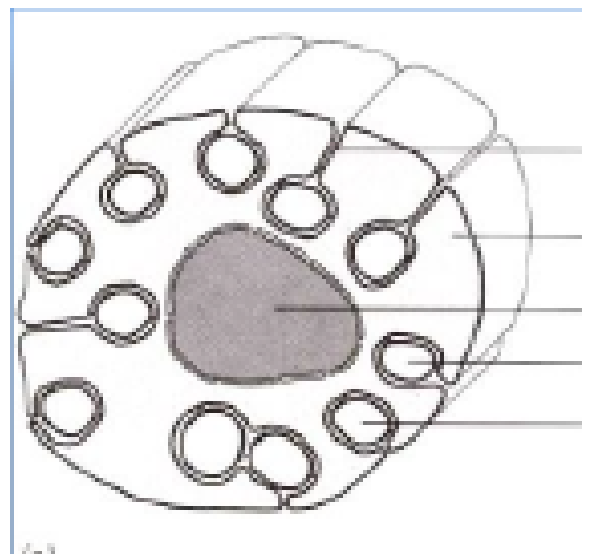


Idegrostok a perifériás idegrendszerben

A perifériás idegrendszerben alapvetően két idegrost jellemző

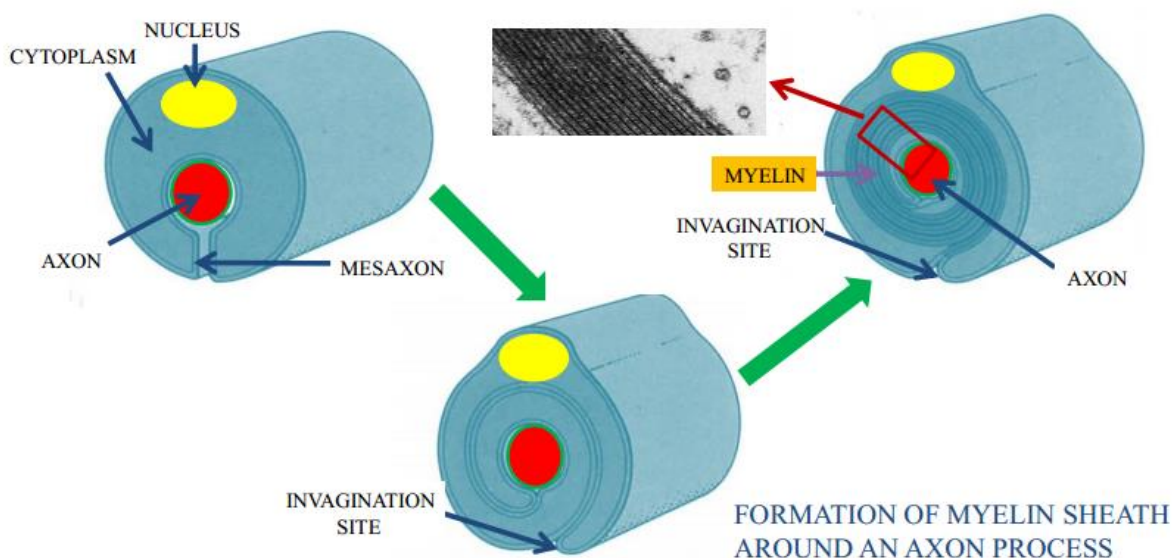
Nem mielinnel körülzárt axonok

A nem mielinnel körülzárt axonok fejlődésük közben közeli kapcsolatba kerülnek a perifériás idegrendszer jellemző glia sejtjeivel, a Schwann sejtekkel. A Schwann sejtek az axon egész pályája alatt előfordulnak. Az axonok fokozatosan beékelődnek a Schwann sejtekbe, amiknek a membránja betokozza az axon egy-egy darabját. Ilyenkor az axont a mesaxon, a Schwann sejt membránjának kettőse rögzíti a sejtben. Egy Schwann sejt 150-200 μm -es darabokat tud magába zárni egy axonból, egy sejt néhány axonnal „foglalkozik”. Az ide tartozó rostok az autonóm (vegetatív idegrendszer) postganglionic rostjai, valamint a durva érintés, hő és fájdalom szenzorok rostjai. A nem mielinizált rostokat szokás Remak rostoknak is nevezni.



Schwann sejtek által mielinnel körülzárt axonok

Az axon növekedése során a Schwann sejt többször körbefordul az axon körül. Eközben a mesaxon mozgása nyomás koncentrikus, réteges membrán struktúra alakul ki az axon nyúlvány körül, amelyet mielinnak nevezünk. A mielin 80%-a lipid, a maradék 20%-a fehérje molekulákból áll. Az axonok köré vont mielin réteg ebben az esetben sem folytonos. A mielin mentes, csupasz régiókat Ranvier befűződéseknek hívjuk (még mindig). A ranvier befűződéseknél az axolemma közvetlen kapcsolatban van az extracelluláris folyadékkal. Ezeken a pontokon van lehetősége az axonnak ioncserére a környezettel.



10. Receptorok és effektorok

Receptor

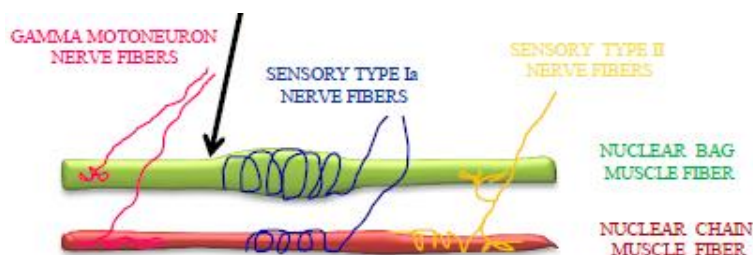
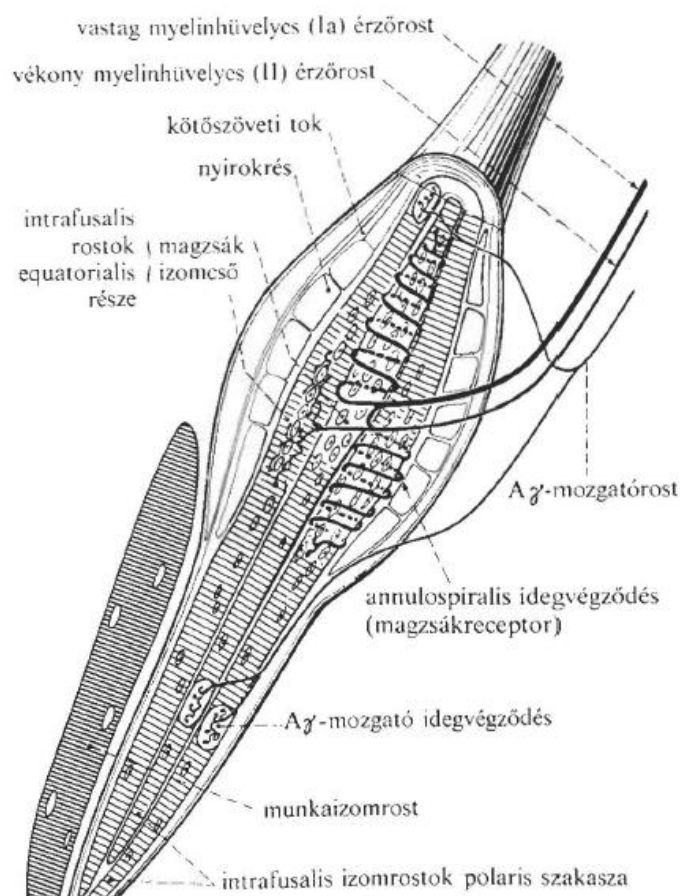
- ektodermális eredetű, módosult idegsejtek, a reflexív első tagjai.
- olyan idegvégződés, mely külső (pl. fény-, hang-, hő-) vagy belső ingert más, a többi sejt számára érzékelhető jellé (általában feszültséggé) alakít.
- Az ingernek elég erősnek kell lennie, hogy a receptor nyugalmi feszültségét átalakítsa működési feszültséggé (akciós potenciállá). Ezt vagy egy nagy inger teszi, vagy sok kicsi egymás után.
- Ha a receptor érzékeli az ingert, akkor az inger elérte az ingerküszöböt.
- **Minden vagy semmi törvénye:** ha az inger nem éri el az ingerküszöböt, akkor a receptor nem reagál az ingerre. Az ingernek megfelelő erősségűnek, gyorsnak és hosszúnak kell lennie, hogy a receptor reagáljon az ingerre.
- pl. a kutya szaglása kisebb ingerküszöbű, mint az emberé.
 1. foto-,
 2. kemo-,
 3. mechano-,
 4. termo-,
 5. fájdalom receptorok vannak.

Effektor

- a reflexív utolsó tagja.
 1. Harántcsíkolt izmok
 2. sima izmok,
 3. belső elválasztású mirigyek

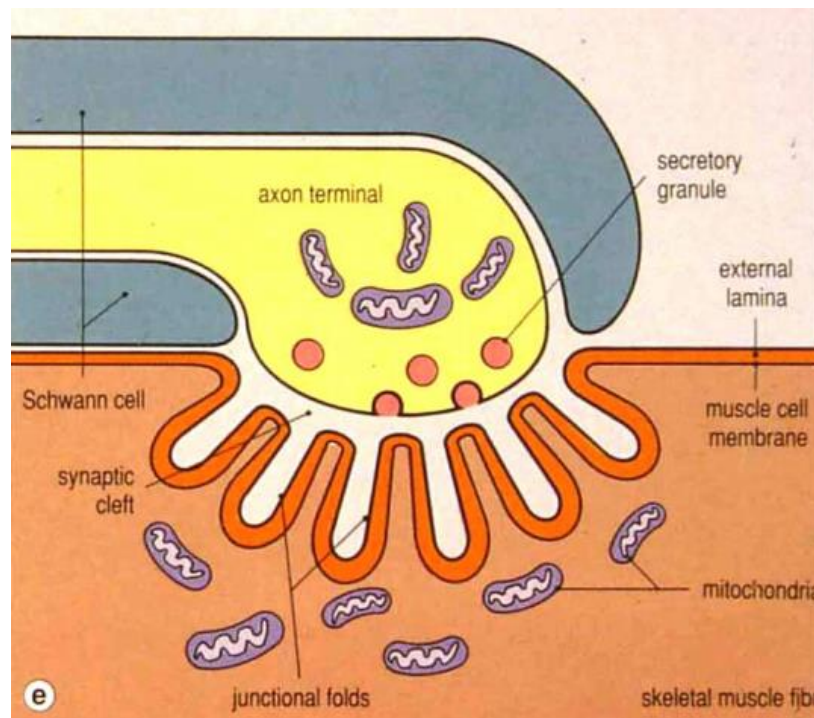
Az izomorsó felépítése és szerepe

- **receptor** (de, effektor komponens is van benne!!)
- a munkaizomrostoknál vékonyabb izomrostok
- kötőszövetes tok választja el a környezetétől
- a rostok a végeiken harántcsíkoltak, középen **kidudorodnak** – itt összpontosulnak a sejtmagok.
 - a kiszélesedett izomrostok körül tekeredik egy vastag, myelinhüvelyes érzőidegrost vége
- a sejtmagok, ha egymást követően **sorban** vannak, ahhoz virágcsokor módra elágazó vékony, myelinhüvelyes idegrost kapcsolódik
- az orsót körülvevő izomrostok megnyúlása aktiválja a receptorokat → beindul a reflex ív → összehúzódik az izom



A motoros véglemez (motor end-plate) felépítése és szerepe

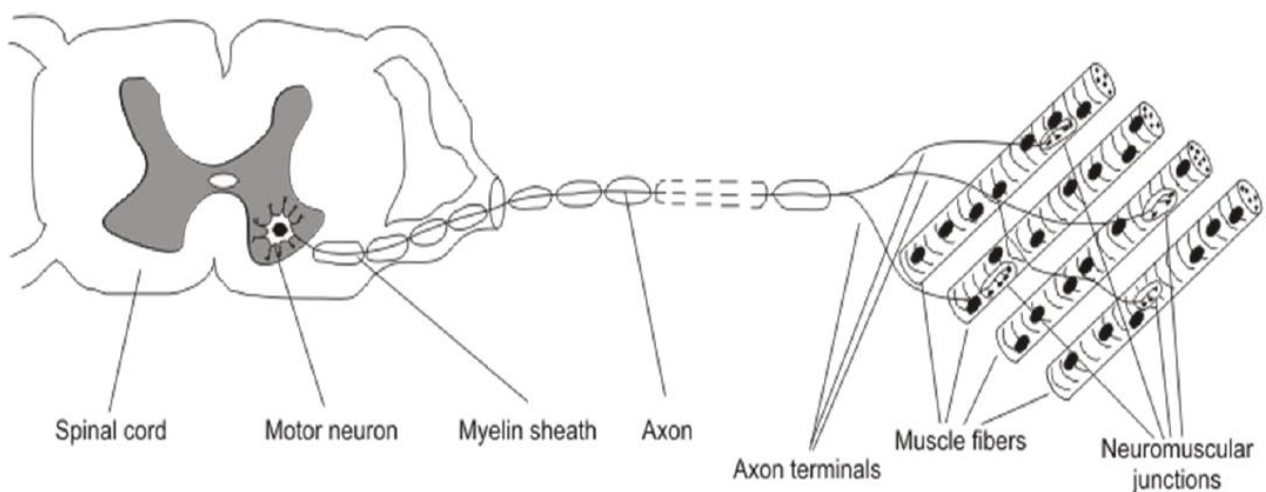
- **effektor a harántcsíkolt izmokban**
- a CNS-ből (brain stem) indulnak ki a vastag mielinhüvelyes rostok, amik a harántcsíkolt motoros (mozgató) beidegzését végzik.
- minden izomrosthoz tartozik egy motoros véglemez az izomrost dombszerű kiemelkedésénél.
- a motoneuron a végén elveszti myelin burkát, hozzátapad az izomsejtek sejthártyájához (szarkolemma)
- az axon terminális acetilkolin transzmittert bocsájt ki a vezikulákból az izom membránba → kaszkád → összehúzódó izom
- (AcC → elektromos impulzus az izomsejt membránján → Ca^{2+} szekréció → összehúzódó izom)



Motoros egység

Motoros egység: egy adott α -motoneuron által beidegzett izomrostok összessége:

Motoros egység: első szarvi motoneuron, ennek az axonja és az általa beidegzett izomrostok.



11. Szinaptikus információátadás; szinapszisok formái

Az idegi jelek két neuron közt szinapszison keresztül közvetítődnek.

Az egymás melletti neurális struktúrák bizonyos pontokon közeli kapcsolatot létesítenek egymással: a sejtmembránjaik összekapcsolódnak

Szinapszisok felépítése és fajtái

- elektromos szinapszis:
 - o kicsi rés → gap junctions
 - o ioncsatornák
- kémiai szinapszis:
 - o CNS-ben
 - o neurotranszmitterek
 - o szinaptikus rés
 - o lassabb
 - o

A szinapszisok felépítései:

- Az interneuronális synapsisban van egy **presynapticus** és egy **postsynapticus** komponens. A kettőt a **synapticus** rés választja el.
- A presynapticus komponens általában egy-egy axonvégződés, bár lehet sejttest és dendrit is
- A postsynapticus komponens lehet:
 - o perikaryon - sejttest (axo-somaticus synapsis),
 - o dendrit (axo-dendriticus synapsis): dendritörzs vagy dendritkúszós tölcsér
 - o egy másik axon (axo-axonicus synapsis), ami lehet az axon eredő része (axondomb) vagy az axon bunkószerű végződése.

1. Végtagos synapsis:

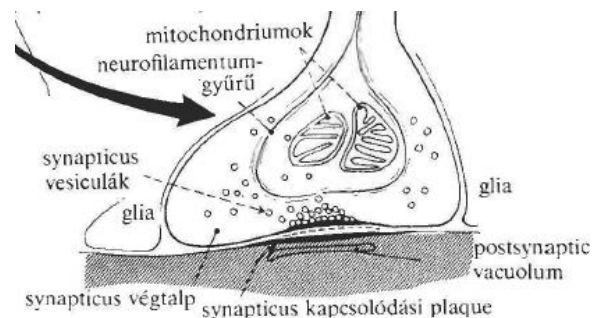
- gerincvelő+alsó agytörzs

2. Kehely- vagy ecetszerű synapsisok:

- a kapcsolódás egészen speciális formái, mert míg egy neuronon több száz, sőt ezer, nagyrészt különböző eredetű végtag helyezkedik el, addig a "kehely" egyetlen vagy – ecset esetében - néhány odavezető idegrost kapcsolata a következő neuron idegtestével.
- axosomaticus.
- **kehely**
 - o a végződő idegrost virágkehelyszerűen szétnyílik, és magába foglalja az ilyenkor majdnem mindig közel gömb alakú és dendrit nélküli sejttestet.
 - o pl a hallópálya központi részében (nucl. cochlearis dorsalis; nucl. corporis trapezoides)
- **ecset**
 - o nem egy, hanem több, esetleg 10-50 odavezető rost elágazódása képez egy közös "ecsetet", amelybe a sejttest mintegy beágyazódik.
 - o pl a kisagy Purkinje sejtek (kisagy kéreg) kosársynapsisai.

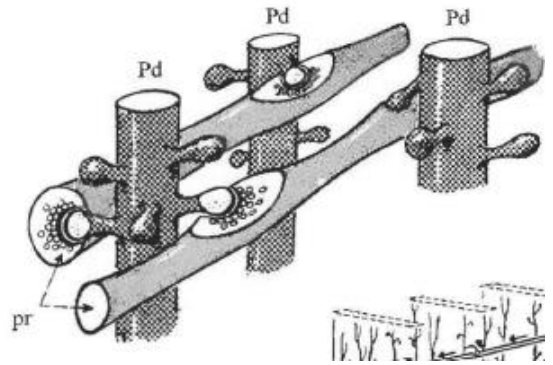
3. Paralel kontaktus.

- axonvégágak folyondárnövényszerűen fel- vagy lekúsznak a következő neuron dendritjein.
- pl a kisagykéreg ún. kúszórostjai.



4. Kereszteződési synapsisok

- a magasabb integratív központokban (agykéreg, kisagykéreg, ikertelepek, hypothalamus, corpus striatum)
- az axonvégág, amely egy dendritet akár 1/2-2 mikrométer távolságban keresztez, mégis kapcsolatot létesíthet vele a dendrittővis révén
- egy nagyobb agykérgi neuronnak 105 tüskéje lévén, a vele kereszteződő ugyanennyi axonággal lehet kapcsolódása.
- Pl. kisagy Purkinje sejtjei és szemcse sejtek párhuzamos axonjai között.



5. Glomerularis synapsis.

- az axonok és dendritok szűk területen való, fogaskerékműhöz hasonló összekapaszkodásából eredő összetett synapticus egység.
- kisagykéregben, az érzőpályákban, a thalamusban.
- sokszor több odavezető axon és több elvezető dendrit összeilleszkedése alkot nagyon bonyolult, egyberótt közös egységet.
- Pl. kisagy kéregben, moharostok axonjai, szemcsesejtek dendritjei és Golgi sejtek axonjainak kapcsolata

Retrográd jelátvitel

A beidegzett idegsejt visszajelez az ingerlő neuronra: A jelátvitel mellett a posztzinaptikus idegsejt szabályozni képes a rá érkező preszinaptikus eredetű neurotranszmitter felszabadulás erősségét, azaz a preszinaptikus neuron ingerületképzési aktivitását.

12. Szinaptikus információátadás; kémiai hírvivőanyagok fajtái, ezek szintézise, felhasználása és lebontása

Transzmitterekről általában

- A neurotranszmitterek olyan endogén, bioaktív anyagok, amelyeket neuronok állítanak elő, kommunikáció céljából.
- A szinaptikus résbe kiengedve őket hozzákötődnek a posztzinaptikus sejt receptorjaihoz, elektromos vagy metabotrop válasz váltódik ki a célsejtben.
- Három nagy csoportba oszthatóak neurotranszmitterek:
 1. Amin transzmitterek (elsősorban **glutaminsav**, **GABA**, **aszparaginsav** és **glicin**)
 2. Monoamin transzmitterek (**norepinephrine (noradrenalin)**, **dopamine**, **serotonin** és)
 3. Peptid transzmitterek (**vasopressin**, **somatostatin**, **neurotensin**, stb.)
- Az agy legfőbb neurotranszmitterei a **glutaminsav (=glutamát)** és a **GABA**. Bár sok neurotranszmitter van a központi idegrendszerben, a perifériás idegrendszerben csak kettő van: **acetyl-kolin** és a **noradrenalin**.
- Ennek oka, hogy neurotranszmitterek funkciói nem egységesek az egyes területeken agyban. Egyesek (pl. **glutamát**) **serkentők**, míg mások (pl. **GABA**) elsősorban **gátló**. Azonban sok esetben (pl.: **dopamin**) maga **receptor határozza meg**, hogy serkentő vagy gátló a transzmitter. Sőt receptorok azt is meghatározzák, hogy egy transzmitter az ioncsatorán **közvetlenül gyorsan** hasson (pl.: **nikotinos acetyl-kolin receptorok**), vagy **lassan, egy másodlagos hírvivő rendszeren keresztül**, amely lehetővé teszi a szinaptikus plaszticitást (pl.: **muszkarinos acetyl-kolin-receptorok**).
- Az agy egyes kémiai környezeteiben valószínűleg a „költség-hatékonyság” tényező is fontos szerepet játszik a különböző neurotranszmitterek szintetizálása, szállítása és újrahasznosítása során.

A neurotranszmitterek „kritériumai”:

- Preszinaptikus sejtben szintetizálódnak
- A szintetizált transzmitterek (vagy legalább prekursoraik) a sejt kibocsátási részében vannak, amely többnyire az axon véget jelent.
- A preszinaptikus sejt ingerlésekor a neurotranszmitterek a szinaptikus résbe „ömlenek”.
- A transzmitterek a posztzinaptikus sejteken ionotrop vagy metabotrop receptorokhoz kapcsolódnak.

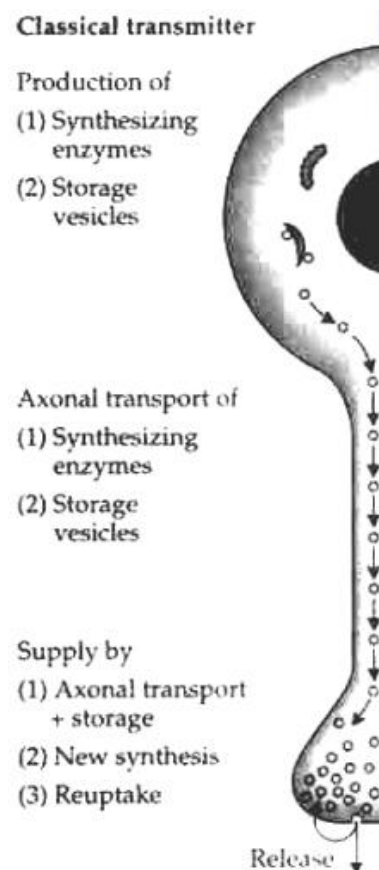
A kommunikáló sejtek egyszerre többféle neurotranszmittert is előállíthatnak.

Amin és monoamin transzmitterek

(avagy klasszikus transzmitterek)

A klasszikus transzmitterek előállítása

- A sejttestben az aminok szintéziséhez szükséges **enzimek**, és tároló **vezikulák** szintetizálódnak.
- Az axonális transzport folyamán ezen alkotók külön-külön **szállítódnak** az axon **terminálisba**.
- Az **axon terminálisban** folyik ezen **transzmitterek szintézise**. Az axon terminális 3 helyről nyeri a kommunikációhoz szükséges „alapanyagokat”:
 - a sejttestből,



- a szintetizálásból
- újrahasznosításból.
- pl: **Acetilkolin, Glutamát, Glicin, GABA, Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin, Octopamin, Serotonin, Histamin**
- A posztzinaptikus sejt membránpotenciáljától, aktivitásától, intracelluláris ionösszetételétől nagyban függ a hatásuk – serkentő/gátló.
 - pl: az embrionális fejlődés során vannak olyan sejtek, amikben magas a klorid koncentráció, a GABA a GABA-A receptoron keresztül ezekben a sejtekben depolarizációt kelt

Az amin típusú molekulák azért az axon terminálisokban gyártódnak, mert nem igényelnek különleges „gyártósort” a neuropeptidekkel ellentétben. Innentől legkézenfekvőbb, hogy legfőképp a felhasználás helyszínén, tehát az axon terminálisokban állítódjanak elő.

A legfontosabb amin transzmitterek néhány tulajdonsága.

Glicin

- **Gátló** transzmitter (de az NMDA receptornál fokozza az NMDA választ)
- **Iontrop receptorok**
- Glicinerg sejtek legfőképpen a **gerincvelőben (spinal cord)** és az **agytörzsben** fordulnak elő → csak gerincesekben fordul elő
- Legfőbb szerepe a **serkentő műveletek egyensúlyozása**

Aszpartát

- **Serkentő** transzmitter, azaz növeli valószínűségét a posztzinaptikus membrán depolarizációjának
- **Iontrop receptor**
- Az aszpartát és glicin (serkentő / gátló) párt alkotnak a **ventrális gerincvelőben**, csak úgy, mint a GABA és glutamát (serkentő/gátló) az agyban

Glutamát

- **Serkentő** transzmitter
- **Iontrop és metabotrop receptorai is léteznek**
- Előfordul az **egész agyban, második leggyakoribb az agyban**
- Szerepet játszik a **tanulásban**, a **plaszticitásban**, illetve a **tartós potenciálban (LTP)**
- Az **legismertebb károsodás a higanymérgezés**, amittől az asztrociták megduzzadnak, mely eredményeként a nem tudják magukba „szívni” a glutamátot, így károsodnak a sejtek

GABA

- **Gátló** transzmitter
- Leggyakoribb transzmitter az agyban (30-40%-ban fordul elő)
- Legnagyobb koncentrációban **substantia nigra**-ban és törzsdúcok (basal ganglia) **globus pallidus** sejtmagjaiban található meg, majd a **hipotalamuszban**, **periaqueductális szürkeállományban**, valamint a **hippocampusban**.
- Előfordul az agy neuroaxisaiban elszórt sejcsoportjaiban.
- A GABA koncentrációja az agyban 200-1000 szer nagyobb, mint az acetyl-kolinnak vagy más monoaminnak
- **Iontrop és metabotrop** receptorok egyaránt
- **Szorongás** a leggyakrabban diagnosztizált pszichiátriai rendellenesség
- Szerepe van a **serkentő műveletek ellensúlyozásában**, valamint az **epilepsziához** is köze van

- A kábítószer megvonása okozhat GABA receptor hipoaktivitás termelő tünetek, ami viszont súlyosabb tüneteket eredményez, mint ami a fogyasztás előtt volt. A receptor alkalmazkodás és a kábítószer-függőség jelensége a legtöbb drognál megfigyelhető, beleértve azokat, amelyek serkentőek vagy hatásfokozóak, illetve gátlást kikapcsolásnak.

Acetilkinolin

- **Általában serkentő** transzmitter (de nem mindig)
- **Ionotrop** és **metabotrop** receptorai is léteznek
- Előfordul az agytörzsben (brain stem) és az előagyban, és a perifériás idegrendszerben
- Acetilkinolint **acetil-CoA** állítja elő az agyban a glükóz metabolizmusából és a kolinból, amely a vér-agy gáton keresztül aktívan szállítódik
- Az elsődleges helyszín acetilkinolin-szintézisben az agyban a **nucleus interpeduncularis** (közelében található a **substantia nigra**-ban a középagy). A **striatum**-ban (nucleus caudatus és a putamen) minden interneuron kolinerg
- A septum biztosítja a kolinerg rostokat a septális-hippokampuszhoz. Az elsődleges kolinerg bemenete az agykéreghez a **basalis Meynert magokból** származik
- A kolinerg bemenet a bazális magoktól agykéregig az ébrenléti állapotban és a REM alvásban aktív, azonban non-REM alvás az ez az aktivitás lecsökken
- Szerepet játszik a **tanulásban**, köze van a **memóriához** és a **figyelemhez**
- Az Alzheimer-kór betegeknél nagymértékben csökken a Meynert mag neuronjai, ebből arra lehet következtetni, hogy kolinerg veszteség fontos tényező lehet a memóriazavaroknál. Azonban ez nem teljesen igazolt még, hiszen Alzheimer betegeknél vannak „neurofibrilláris gubancok”, NMDA-receptorok hiányoznak és a kevesebb a noradrenerg és szerotonerg neuronok száma, ami mind okai lehetnek a memória zavarnak. Néhány Alzheimer-betegnek pedig kimutatták, hogy normális a kolinerg sejtek száma a Meynert magjában.
- Szerepet játszik az **izomzat** valamint a **vegetatív idegrendszer sima izmainak** (szív, gyomor, stb..) működtetésében (PNS)
- Egyes kígyóméreg olyan mérgeket tartalmaznak, amelyek megakadályozzák nikotin receptorokat működését (acetilkinolin egyik receptora), ezzel megbénítva az áldozatukat
- A dohányból származó nikotin és a Bételdió (India törzsek rágják) egyik fő forrása euforikus függőségnek, ugyanis ezzel stimulálódnak az egyes nikotin receptorok.

Dopamin (DihydroxyPhenylAlanine)

- **Serkentő/gátló** transzmitter
- **G-fehérje kapcsolt** receptorok
- Az **agytörzs magjaiban** és a **hipotalamuszban**, illetve **mezolimbikus**, **mezokortikális**, **nigrostriális**, **tuberoinfundibuláris** dopaminerg rendszerben
- Szerepet játszik az **észlelésnél**, **figyelemlnél**, **emlékezetnél**, **problémamegoldásnál**, **jutalom érzetnél**, **hangulat érzetnél**, **prolaktin termelésben**, **Parkinson kór**nál, a **szizofréniánál**, **öregedésében**
- Két fő dopamin-receptor-típusok: **D1 (serkentő)** és **D2 (gátló)**, mindkettő G-fehérje kapcsot.
 - D2 receptorok gyakran fordulnak elő a dopaminerg neuronokon, részben negatív visszacsatolás miatt. Ezek az úgynevezett autoreceptorok a dopamint termelését és felszabadulását gátolják.
 - A dopaminkötődést D1 receptorokhoz az adenilil-cikláz (AC) aktivitása stimulálja, amelyeket ATP alakít át ciklikus AMP-tá (cAMP), ez egy másodlagos „hírvívő molekula”, amely a Protein Kináz A-hoz (PKA) kötődik. Majd különböző fehérjék a PKA aktivitását modulálják egy foszfátcsoport hozzáadásával.

Noradrenalin

- **Gátló** transzmitter
- **G-fehérje kapcsolt** receptorok
- Fontos neurotranszmitter a **PNS-ben**,

- Az adrenalin szintje csak 10%-a CNS-ben csak a noradrenalin szintjének
- Az agytörzs hátsó részének sejtsortjaiban nagyobb mértékben fordul elő
- A legjelentősebb noradrenerg (pl. noradrenalin-tartalmú) mag a **hídban lévő a locus ceruleus**, amely patkány agyában több mint 40%-a noradrenerg neuront tartalmaz. A többi noradrenerg neuronok egy-egy régióban csoportosulnak, mint például az **oldalsó tegmentális területen**. Az **agykéreg**, a **hippocampus** és a **kisagy noradrenerg stimulációt kizárólag a locus ceruleus kap**. A legtöbb dopaminerg beidegzése hypothalamus oldalsó tegmentális magjaiból származik.
- Szerepe van a **figyelemlnél, ébrenlétnél, stressznél, evés szabályzásánál, antidepresszáns gyógyszerfejlesztésben**

Serotonin

- **Gátló transzmitter**
- **Ligand vezérelt ioncsatornák (5-HT₃), G-fehérje kapcsolt receptorok (5-HT₁₋₂, 5-HT₃₋₇)**
- A legnagyobb koncentrációban a szerotonin a tobozmirigy testben található meg a szervezetben, bár ez a mirigy nem használ, mint egy szerotonin neurotranszmitter. Ugyanis a szerotonin metilezése szükséges a melatonin szintéziséhez.
- A szerotonin neurotranszmitter neuronok az **agytörzs Raphe magjában** találhatóak
- Lizergsav-dietil-amin (LSD) hat leginkább a 2-es típusú szerotonin receptorokra, de némi hatása a noradrenalin receptorokra is van
- Magas a szénhidrátot, elágazó-láncú aminosavakat és a triptofánt tartalmazó ételek fogyasztásának komoly hatása van, mert az ezekből származó glükóz fokozza az inzulintermelést. Az inzulin elősegíti az elágazó láncú aminosavak szállítását izom sejtekben, ezáltal lecsökken a triptofán mennyisége, ami nagy neutrális aminosav transzporteréhez szükséges, ami pedig a vér-agy gáton keresztül történik. Így **gyakori hatása a nagy szénhidráttartalmú étkezéseknek, hogy álomosságot eredményeznek**.
- Szerepe van az **agresszióban, rögeszmés-kényszeres viselkedésben, elhízásnál, evés szabályzásánál, antidepresszáns gyógyszerfejlesztésben**

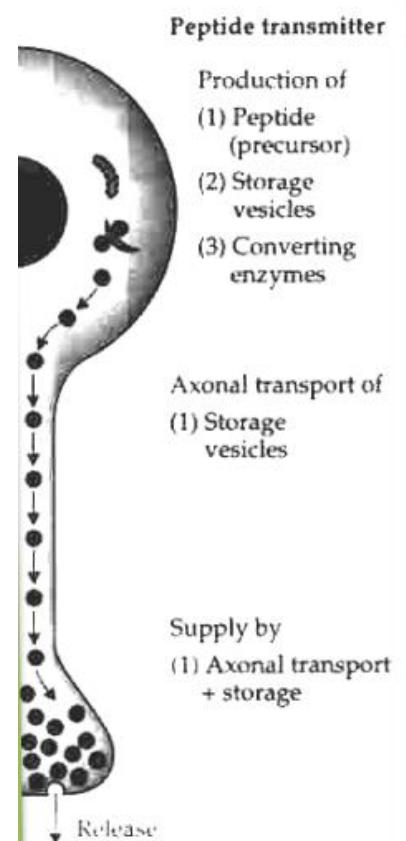
Peptid transzmitterek

(avagy neuropeptidek)

A neuropeptidek transzmitterek előállítása

- A sejttestben a fehérjék prekursora, az átalakításhoz szükséges enzim, valamint a szinaptikus vezikulák keletkeznek.
- Az vezikula becsomagolva tartalmazza az enzimet és a fehérjét.
- Az axon terminális csak a sejttestből nyeri a kommunikációhoz szükséges „alapanyagokat”. A neuropeptidek nem hasznosulnak újra, mindig lebomlanak.
- pl:
 - Enkephalin, Dymorphin, **Vasopressin**, **Somatostatin**, Cholecystokinin, **Oxitocin**
- funkciócsoportok, általánosságban neuromodulátorok
- hipotalamo-hipofízialis rendszer-ben van jelentős szerepük
- Főbb funkciójuk: táplálék felvétel, stressz, reprodukció, fájdalom

A neuropeptidek a sejttestben termelődnek, mert előállításukhoz a RER és Golgi komplex együttese szükséges.



Az axon terminális túl kicsi ahhoz, hogy egy ilyen struktúrát tartalmazhasson, valamint az mRNS-ek is elbomlanának, amíg odaérnek.

Ezért a neuropeptidek (pontosabban prekursorjaik) csak a perikarionban szintetizálódhatnak, és transzport útján juthatnak az axon terminálishoz.

A fehérje prekursorokkal a transzport folyamán változások történhetnek. Például a konvertáló enzimek több darabba vághatják, stb.. A neuropeptideket tartalmazó vezikulák átmérője 80-200 nm, ami relatív nagy szám (szembe a transzmittereket tartalmazó vezikulával, ami 20-40 nm).

Vazopresszin (ADH – Anti Diuretikus Hormon)

- A hipotalamuszhoz tartozó **nucleus supraopticus** nevű idegsejtcsoport által termelődik az agyban
- A kész hormon az agyalapi mirigy (hipofízis) nyelében az idegsejtek axonjaiban az agyalapi mirigy hátsó lebenyébe szállítódik, és ott raktározódik. Szükség esetén innen szabadul fel a véráramba
- Feladata, hogy a **vesében fokozza a vízviisszatartást**, és így segítsen a szervezetnek a megfelelő mennyiségű víz megtartásában
- Hatására kevesebb víz választódik ki a vizelettel, azaz a vizelet koncentráldódik, a fajsúlya megnő
- **Alkohol gátolja az ADH termelését.** Emiatt kell nagyobb mennyiségű alkohol fogyasztása után gyakrabban WC-re menni. Az így kialakult **dehidráció** fejfájást és az alkoholfogyasztás utáni szomjúságérzést okozza, és közrejátszik a másnaposság kialakulásában. Hasonló – ADH kiválasztást gátló – hatásúak a szteroidok és a koffein is, mely a kávé- vagy teaivás utáni megnövekedett vizeletkiválasztásért felelős.
- **Nikotin az alkohollal ellentétben serkenti az ADH felszabadulását.** A hormon kiválasztását fokozhatják még például fájdalom, izommunka, alacsony vércukorszint, vagy bizonyos (például asztma-ellenes) gyógyszerek is.
- **ADH hiánya esetén a víz nem szívódik vissza a véráramba**, vízvesztés alakul ki. A betegek nagy mennyiségű vizeletet ürítenek (napi 20 literig) és ennek következtében rengeteget isznak.

Cholecisztokinin (CCK)

- **Emésztést serkentő hormon**
- Az **epehólyag kiürülését idézi elő**, chemo-, osmoreceptorokon, valamint idegi és humorális úton szabályozza a gyomor savválasztását. A szabályozásnak a célja az, hogy a vékonybélbe haladó táplálék az emésztőnedvekkel egyenletesen keveredjen, vegyhatása 7 körüli (semleges) legyen és izotóniás.
- A kolecisztokinin egy bizonyos fajta receptorhoz kötődve váltja ki **pánikkeltő hatását**. Bizonyos szorongáscsökkentők (pl. **Xanax**) és az antidepresszánsok is a kolecisztokinin hatását kivédik.

Oxitocin

- Az **agyalapi mirigy hátulsó lebenyében** tárolódó, a **hipotalamuszból** érkező hormon.
- Szabályozza a **simaizmok működését**, fontos szerepe van a szülés megindításában.
- A vazopresszin hatásához hasonlóan **csökkenti a vizeletkiválasztást**. Embereknél nagy mennyiségű oxitocin adása ödémát okoz.
- Az agyban termelődő oxitocin csökkenti a fájdalomérzetet, elsősorban az agyban hatva

13. Szinaptikus információátadás; ingerület-átvitel formái, a poszt-szinaptikus membrán feszültségének változásai

Az érkező akciós potenciál depolarizálja a preszinaptikus axonvéget. → a feszültség-vezérelt Ca^{2+} ioncsatornák kinyitnak → a külső, nagy Ca koncentrációjú térből a Ca az axonba áramlik → a megnövekvő intracelluláris kalcium koncentráció beindítja a membránhoz belülről dokkolt szinaptikus vezikulák fúzióját a membránnal → a neurotranszmitterek a szinaptikus részbe ürülnek.

A szinaptikus részben a neurotranszmitter átvándorol a receptorokhoz:

Ionotropic receptor:

- ligand gated ion channel: köt a ligandum, nyit a csatorna: az ion a gradiens irányába megy
- gyors
- Ioncsatornák:

Serkentő: ligand, receptor, csatorna

- Acetilcolin (Nikotin típusú receptor): Na^+/K^+
 - **funkcionális szerepe:** mozgások végrehajtása és autonóm funkciók, a központi idegrendszer hálózatainak modulálása a pre- és poszt-szinaptikus szabályzáson keresztül
 - **betegségek:** súlyos izomgyengeség, veleszületett izomgyengeség, dohányfüggőség
- Glutamát (NMDA típusú receptor): Na^+/K^+
 - **funkcionális szerepe:** tartós potenciál (LTP), szinaptikus plaszticitás
 - **betegségek:** "excitotoxicity" (azaz izgalomba hozott toxikusság)
- Glutamát (nem NMDA receptor receptor): $\text{Na}^+/\text{K}^+, \text{Ca}^{2+}$
 - AMPA receptor
 - **funkcionális szerepe:** szinaptikus transzmisszió, szinaptikus plaszticitás
 - **betegségek:** motoneuron betegség (amiotrófiás laterális sclerosis)
 - Kainát receptor
 - **funkcionális szerepe:** funkció-függő szinaptikus plaszticitás
 - **betegségek:** epilepszia
- Serotonin (5HT_3 típusú receptor): Na^+/K^+
 - **funkcionális szerepe:** szerepe van függőségben, szorongásban, felelős GI mozgékonyágáért, hányingerért

Gátló: ligand, receptor, csatorna

- GABA (GABA_A típusú receptor): Cl^-
 - **funkcionális szerepe:** az antagonistái szorongás gátlás felthetnekki, görcsoldó, nyugtató, hipnotikus és izomlazító hatások
 - **betegségek:** epilepszia, szorongás
- Glicin ((Nikotin típusú receptor): Cl^-
 - **funkcionális szerepe:** domináns gátló neurotranszmitter a gerincvelőben és az agytörzsben
 - **betegségek:** hyperekplexia, merevség

Metabotropic receptor:

- nem ioncsatorna, nem változtatja meg direkt a membránpotenciált
- sejten belüli kaszkádon keresztül vált ki választ a neuronban
- a receptor aktivációja sejten belüli folyamatokat indít be, mint cAMP szintézis
- ezek a másodlagos hírvivők nyitják ki az ioncsatornákat
- vagy a sejten belüli folyamatokat katalizálják, indítják be/állítják le.
- a több lépcsőfok miatt lassú
- peptid neurotranszmitterek csak ilyenekhez kötnek!

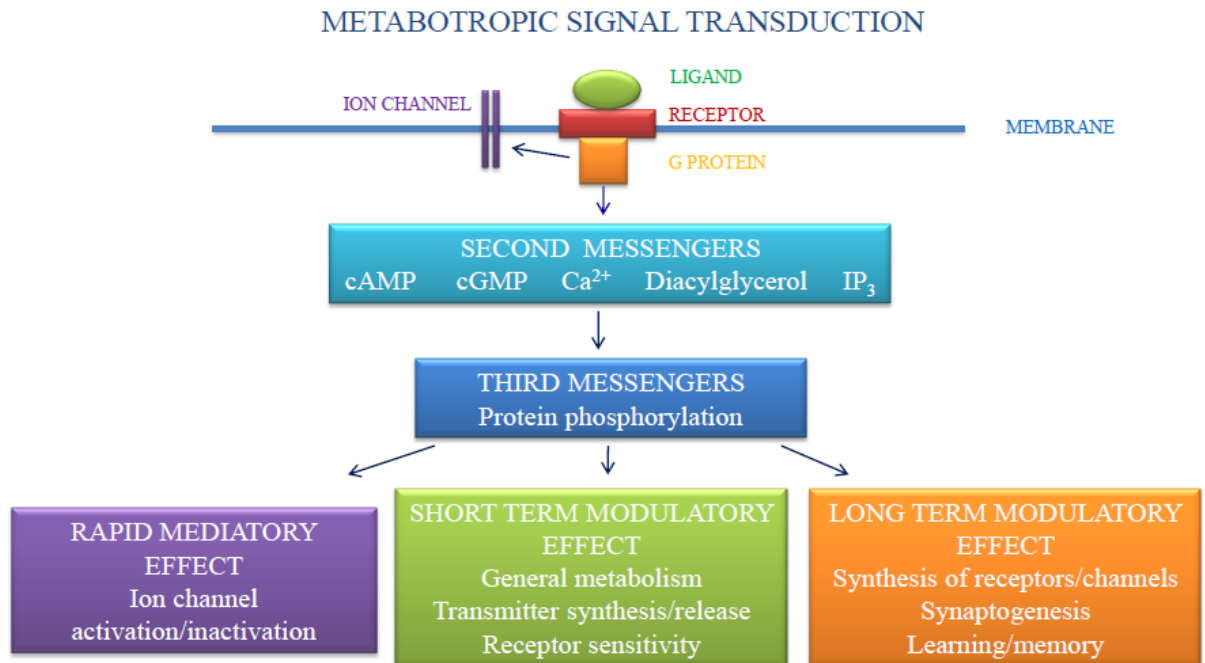
Amin transzmitterek (klasszikus neurotranszmitterek):

- **Acetilcolin (muszkarin receptor)**
 - **funkcionális szerepe:** KIR (CNS) és autonóm idegrendszer szabályozása
 - **betegségek:** Alzheimer-kórban kongnitív legyengülés miatt csökken az acetilcolin
- **Dopamin (Dopamin receptor)**
 - **funkcionális szerepe:** KIR (CNS) szabályozása, Mozgások, hangulat és függőségek kontrolálása
 - **betegségek:** parkinson kór, a skizofrénia, a figyelemhiányos hiperaktivitás zavar
- **GABA (GABA_B típusú receptor)**
 - **funkcionális szerepe:** KIR (CNS) szabályozása
 - **betegségek:** fájdalom epilepszia
- **Glutamát (Metabotrop glutamátreceptor)**
 - **funkcionális szerepe:** KIR (CNS) szabályozása
 - **betegségek:** mGluR₁ részt vesz a szinaptikus plaszticitásban, LTP-ben és LTD-ben
- **Adrenalin, Noradrenalin (Adrenerg receptor)**
 - **funkcionális szerepe:** KIR (CNS) és PIR (PNS) szabályozása
 - **betegségek:** szorongás, poszttraumás stressz zavar
- **Serotonin (5HT₁, 5HT₂, 5HT₄ receptor)**
 - **funkcionális szerepe:** KIR (CNS) szabályozása
 - **betegségek:** szorongás, agresszió, függőség, rosszkedv, memória és alvás zavorok
- Epinephrine, Norepinephrine
- Histamin
- Adenosin
- ATP

Peptid transzmitterek (neuropeptidek):

- ACTH
- Bradykinin
- Cholecystokinin
- Endothelin
- Gastrin
- LHRH
- Oxitocin

- TRH
- Vasopressin
- Opioidok (pl.: β -endorphin)
- Tachykininek (pl.: substance P)
- VIP



EPSP

- excitatory post synaptic potential
- az excitatory transzmitterek hatására a Na^+ csatornák (és a + töltésű ionokat átengedők) megnyílnak $\rightarrow$ Na^+ ionok áramlanak a posztsznapikus neuronba $\rightarrow$ a membrán depolarizálódik, $\rightarrow$ a membrán potenciál a nyugalmi potenciálhoz képest emelkedik $\rightarrow$ nagyobb valószínűséggel keletkezik akciós potenciál
- pl: glutamát, acetilkolin

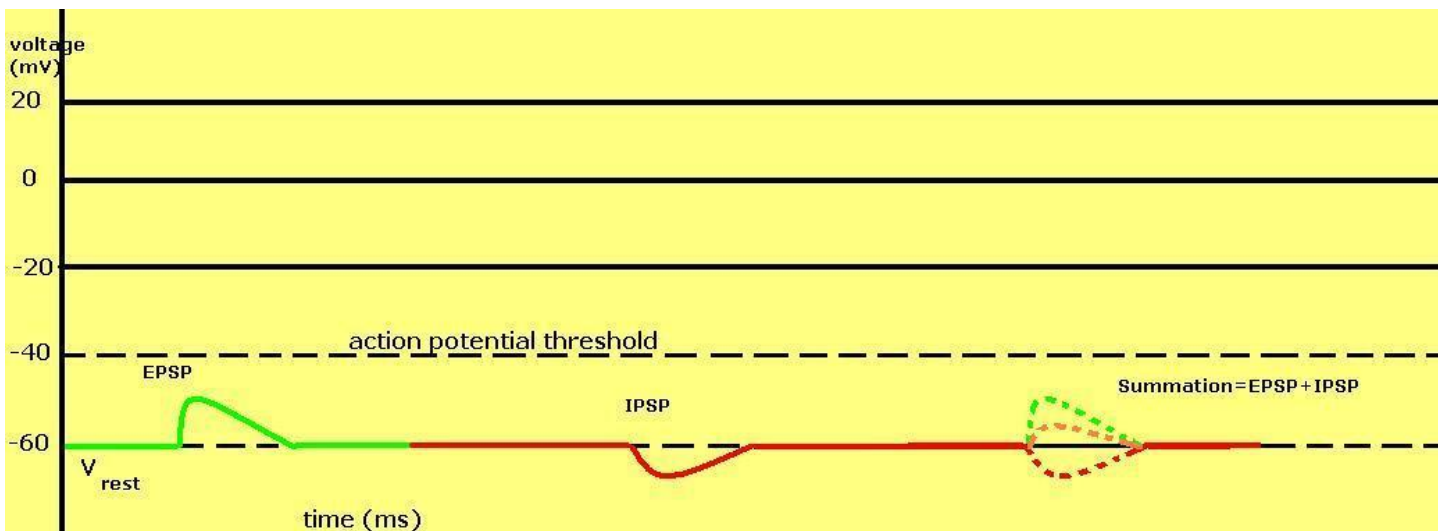
IPSP

- inhibitory post synaptic potential
- az inhibitory transzmitterek hatására a Cl^- és K^+ csatornák megnyílnak $\rightarrow$ Cl^- ionok áramlanak a posztsznapikus neuronba és K^+ ionok áramlanak a szinaptikus részbe $\rightarrow$ a membrán hiperpolarizálódik, $\rightarrow$ azaz nyugalmi potenciálhoz képest csökken $\rightarrow$ kisebb valószínűséggel keletkezik akciós potenciál.
- pl: GABA, glicin

Akciós potenciál

- Az ingerléssel kiváltott depolarizáció megközelíti a küszöbértéket. (-50 - -40 mV) A feszültségfüggő Na^+ csatornák egy része megnyílik.
- Ha nincs további depolarizáció akkor az ingerület elhal.

- Amint a depolarizáció eléri az aktivációs küszöböt (~ -40 mV), a Na^+ csatornák tömegesen nyílnak meg, ami további depolarizációhoz és a még inaktív csatornák nyitásához vezet. A folyamat pozitív visszacsatolás révén önfenntartóvá válik.
- csúcs potenciál – az áramlás mértéke a legnagyobb;
- Az aktiválódott Na^+ csatornák gyorsan inaktiválódnak
- A feszültségfüggő K^+ csatornák 0,2-0,3 ms késéssel nyílnak.
- Utópotenciálok: különbözik a K^+ csatornák aktiválódása alakítja ki.
- repolarizáció – visszatér a membránpotenciál a nyugalmi állapotba
- hiperpolarizáció – a membrán belső fele egy rövidebb ideig negatívabb lesz, mint a nyugalmi potenciálkor. Ez azért van, hogy az ideg ne legyen rögtön ingerelhető (refrakter állapot).



14. Idegszövet sérülése, pusztulása és regeneráció

A komplex szerkezete, az összetett hálózata miatt és a regenerálódási képesség hiánya miatt az agy nagyon sérülékeny.

Okai:

- genetikai mutációk: bázishármas ismétlődési rendellenesség: **Huntington kór**
- traumatikus agysérülés: vérzések
- fertőzés: baktérium vagy vírus okozta agyvelőgyulladás
- oxidatív hatás: szuperoxid gyök vagy hidrogén-peroxid
- kémiai sérülés: alkohol, gyógyszer túladagolás
- vérrellátás csökkenése (iszkémia): érelmeszesedés
- hypoxia: oxigénhiány
- öregedés: strukturális és kémiai tulajdonságok változása

Nekrotikus degeneráció

- elsötétül a sejtplazma és a sejtmag, megdagad a sejt
- a sejtplazma nagy vakuólumokat tartalmaz (sejtnedvüreg)
- dagadt mitokondrium
- megnövekedett asztrocita és mikroglia aktivitás a közelben
- a neuronok darabokra hullanak és fagocitálódnak

Apoptotikus degeneráció

- sejt zsugorodása és lekerekedése a sejtváz pusztulása miatt – caspase enzim túltengése miatt (?)
- összehúzódik a sejtplazma, a kromatin feldarabolódik, majd a sejt feldarabolódik, részekre szakad és makrofágok lebontják a maradékot

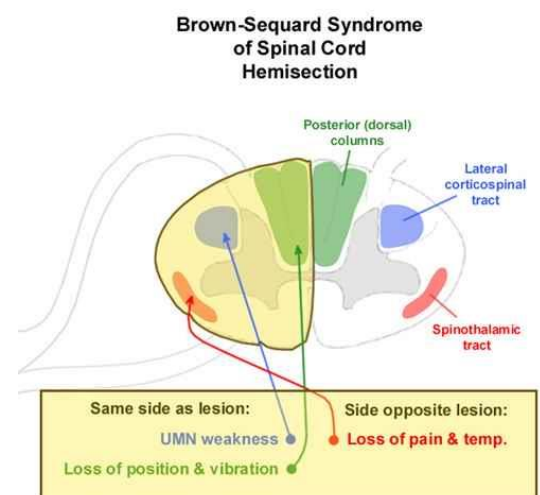
Atropikus degeneráció

- kihasználatlanság miatt csökken az izom mérete
- öregedés miatt csökken a sejtek vérrellátása, elhalnak

Gerincvelő féloldali sérülésének következményei - Brown-Sequard-szindróma

A gerincvelő hfélig történő átvágásának a következménye, mely áthatoló sérülések következménye (pl. késszúrás, lövési sérülés). A **sérülés szintje alatti végtagok paralizise jellemzi a sérülés oldalán, a hő-, fájdalomérzés kiesése az ellenoldalon**. A hátsó köteg azonos oldalon sérül, de mivel néhány rost kereszteződik, **jelentős kiesés a mélyérzésben nem szokott bekövetkezni**.

- a sérülés oldalán a dermatomára kiterjedő érzészavar;
- a sérülés oldalán a sérülés caudalisan a nem keresztezett hátsó kötegi rostok kiesése miatt az összetett, differenciállo értékű tapintás zavara jelentkezik;
- a sérüléssel átelles oldalán caudal felé romlik az elemi tapintás-, hő- és fájdalomérzékelés a már keresztezett tr.



spinothalamikus sérülése miatt.

d) késpenge javarészt egy helyen metsz be, míg egy zúzódás több csigolyánál sértheti a gerincvelőt, a kilépő idegeket.

e) pl:

- Lumbar (ágyéki) 1-es csigolya alatti vágásnál
 - csak a motoneuronnak az axonja sérül, azonos oldal bénul le.
- Thoracic (mellkasi) 5-ös csigolyánál
 - ha a jobb oldal sérül: leszálló mozgató pályánál az átkeresztezés miatt a bal alsó végtag bénul
 - egyúttal az azonos oldali bordaizom is lebénul, amelynek a motorneuronjai itt lépnek ki a gerincvelőből.
 - A felszálló pályák a közvetített ingertől függően bénulnak:
 - hő, fájdalomIdegsejt-sérülés a periférián és a központi idegrendszerben

Az idegsejt sérülése a periférián és a központi idegrendszerben

PNS

Wallerian elpusztulása a neuronoknak – az axon elvágása

- excentrikus lesz a sejtmag
- megnövő sejtestest (perikarion)
- **kromatolízis:** Nissl body-k feloldódnak (ER + riboszómák)
- a levágott axonrész elhal
- a myelin hüvely lebomlik
- mikrogliia felszívódás

Az axon regenerálódása

- Az vágást követően az sejtestesthez közeli axon-fél (proximális rész) megpróbál regenerálódni, elkezd nőni
- A lebomló disztális axondarab helyére ha megtalál az újra növekvő axon, akkor van esély arra, hogy újra beidegezze azt a célterületet, mint a vágás előtt.
- Viszont, ha lassan illesztjük össze a vágás két oldalán a myelin hüvelyt, akkor az is lebomlik, így a növekvő proximális axonnak nem lesz hova benőnie, így „céltalanul” bolyong.
- a regenerálódott axon vezetési tulajdonságai maximum 80%-a az eredetinek.
- kevésbé precíz vezérlést tesz lehetővé pl az izmoknál

CNS

degenerálódás

- belevágás az agyba: a vágás megtelik vérrel és kollagén kötőszöveti rostokkal
- asztrociták több, hosszabb nyúlványt növesztenek a vágásban
- fagocitózis: megeszik az elpusztult sejteket: PNS-hez képest lassabban
- a sérülés nyomán maradó myelin hüvelyek sokáig láthatóak maradnak.

regenerálódás

- a levágott sejtestestek 2 hétig próbálnak csírákat növesztetni, ha nincs siker, vége.
- de a hipotalamusz alatt (pituitary stalk) és a monoamint tartalmazó rostok hatékonyan regenerálódnak

plaszticitás

- sokszor létezik azonban funkcionális regenerálódás, amikor az elhalt régió feladatait átveszi más, érintetlen terület.

Alzheimer kór

- kognitív funkciók elvesztése az eredménye
- oka a neuronok funkciójának vesztese
- a neuronok eltűnése
- acetilkolin

15. A proprioceptív, nociceptív és vegetatív reflexív felépítése és funkciója

A reflexív általános felépítése

1. az ingert felvevő készülékből vagy **receptor**ból, amely a környezet felől ható vagy a szervezet belsejében keletkezett ingereket felfogja, azokat ingerületté alakítja át
2. a perifériáról a **központ felé haladó (afferens)** idegpályából, amely az ingerületet a központi idegrendszer meghatározott területére vezeti
3. az afferens rostok közvetlen vagy közvetett **átkapcsolódása** az efferens neuronokra a reflexközpontban (**központi kapcsoló készülékben**)
4. ingerületet a központi kapcsoló készülékből reflexközpontból a **végrehajtó szervekhez vezető (efferens)** idegpályából
5. **végkészülékből**, amelyen keresztül az idegingerület kiváltja a végrehajtó szerv megfelelő működését

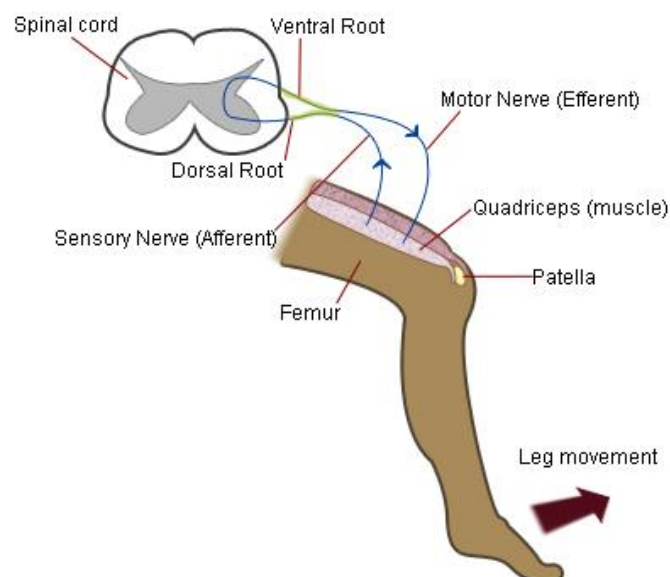
A hajlító és a feszítő izmok reflexes működése

Az extensor(proprioceptív) reflex

1. Az izom megnyújtása az izomorsókban található speciális rostok, meghosszabbodásával jár, ami ingerli a receptorokon végződő érző idegeket.
2. Az idegi ingerület az afferens (az ingerületet a központi idegrendszer felé vezető) neuronokon keresztül eléri a gerincvelőt.
3. Az afferens rostok a gerincvelőben szinapszist képeznek a nagy alfa motoros sejtekkel, amelyek a gerincvelő szürke állományának elülső szarvában helyezkednek el.
4. Az idegi ingerület most az efferens (az ingerületet a központi idegrendszertől a környéki testrészek felé vezető) motoros rostokon terjed tovább.
5. A motoros véglemeznél ingerli a munkaizomrostokat, mire az izom összehúzódik – a láb felemelkedik.

Ez az egyszerű nyújtási reflex kétneuronos, egy afferens és egy efferens neuronból álló ívet alkot. (monosznaptikus)

Meg kell említeni, hogy az izomorsó afferens ingerületei gátolják az antagonista (ellentétes irányba feszítő) izmokat ellátó alfa motoros neuronokat. → reciprok

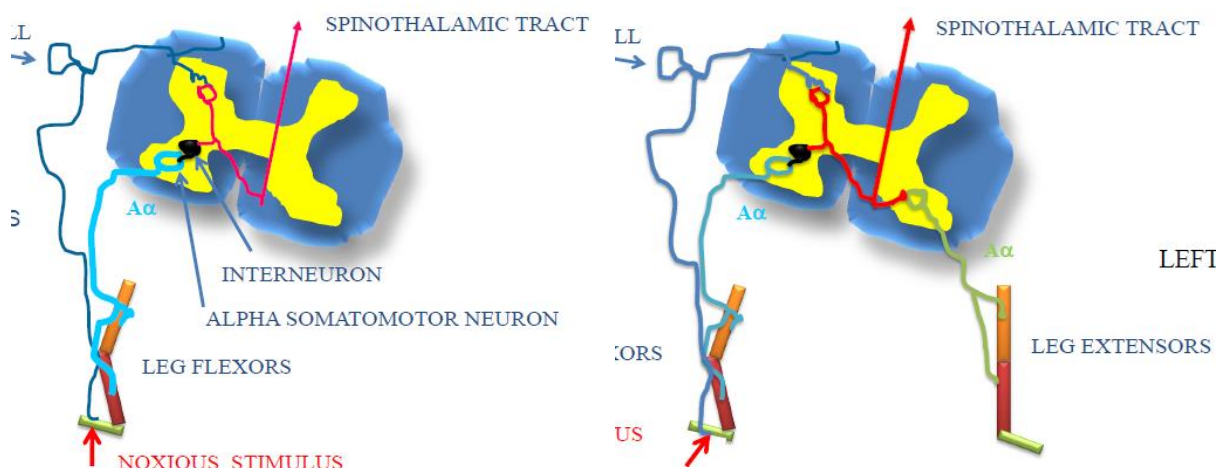


A flexor (nociceptív) reflex

Általános: Fájdalom érzékelése. Hatására a **végtagban flexió**, ellen **oldalon extenzió**
 Szinonima.: Végtagrövidítő reflexív

1. **Receptor:** Bőrben, fáj. és hő érzékelő rec.
2. **Afferens szár:** A(delta)- vékony myelin hüvelye vagy myelin hüvely nélküli rostok. Végződés helye: gerincvelő szürke áll. – marginalis zona, centralis szürkeállomány
3. **Központi kapcsoló készülék:** gerincvelői interneuronok, funicularis neuronok. Végződésük: gerincvelő mozgató motoneuronjain az elülső szarvban. (azonos oldali flexor, ellen oldali extensor)
4. **Efferens szár:** flexorokat beidegző motoneuron A(alfa) axonja (+ ellenoldali extensor motoneuron A(alfa) axonja)
5. **Effector:** Beidegzett izom

A flexor és cross reflex



A vegetatív reflex ívek:

A vegetatív reflexívek közös tulajdonsága hogy a neuronlánc efferens elemei sympathicus vagy parasympathicus pre- és postganglionaris neuronok. A reflexív afferens komponense lehet bőrérző vagy zsigeri érzőneuron.

1. **Receptorok:** A bőrben elhelyezkedők és a zsigerekben található különböző interoceptorok.
2. **Afferens szár:** közepesen vastag és vékony myelinhüvelyes, valamint hüvely nélküli érzőrostokkal rendelkező neuronok. Az érzőrostok és azok collatrelis ágai a hátsó szarvban végződnek.
3. **Központi kapcsolókészülék:** Az afferens és efferens neuron között mindig van egy vagy több interneuron. Sok gerincvelői vegetatív reflexívre az agytörzsben záródó összetett reflexkapcsolatok is épülnek.
4. **Efferens szár:** két neuronból áll: a gerincvelőben elhelyezkedő preganglionaris és a peripheriás ganglionban lévő posztganglionaris neuronból.
5. **Effektor:** A postganglionaris neuronok által beidegzett simaizmok és mirigysejtek.

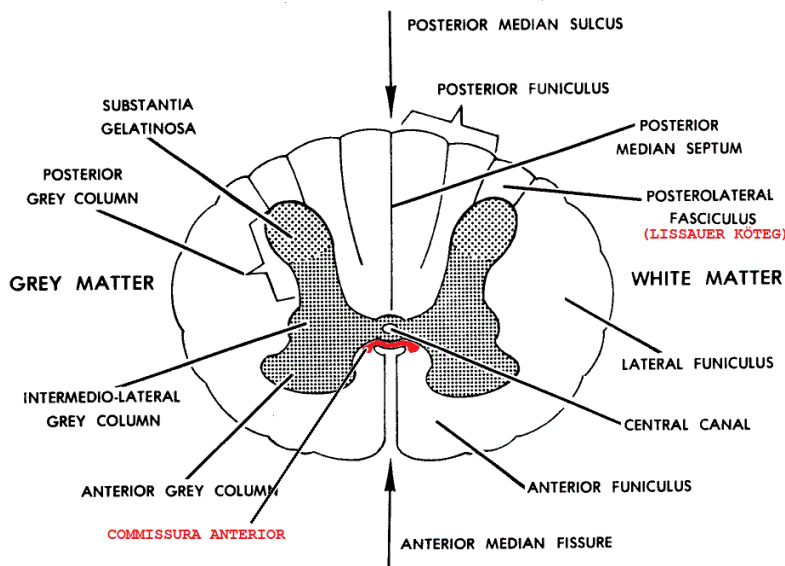
16. A gerincvelő szürke- és fehérállományának szerveződése

Szürkeállomány

- A szürkeállomány a gerincvelőben 3 szarvat alkot. Ezek a hátsó (dorsal horn), oldalsó (lateral horn) és első (ventral horn) szarvak.
- A szürkeállomány közepén helyezkedik el a central canalis, amely a 4. agyi üreggel folytonos, és emiatt CSF (cerebrospinal fluid) folyik benne.
- A hátsó szarv szerepe a szenzoros információk feldolgozása, amelyek a hátsó gyökéren keresztül érkeznek.
- Az oldalsó szarv csak bizonyos szegmentumokban jellemző (ahol kilépnek a pályák a kéznél a lábnál) tehát valahol kevésbé található meg). A szimpatikus és paraszimpatikus átvitelekért felel, így tele van vegetatív preganglionáris sejtekkel !!!!!.
- A első szarv nagy, szomatikus motorneuronokból és interneuronokból áll. A motorneuronok az első gyökéren (és később a gerinci idegen keresztül idegzi be az izmokat) használják.
- A szürkeállományt citoarchitektúrája és topografikus elhelyezkedése alapján 10 részre lehet osztani.

Fehérállomány

- A fehérállomány alapvetően 3 kötegre oszlik, a hátsó (dorsal funiculus), oldalsó (lateral funiculus) és első (ventral funiculus) kötegekre.
- A kötegek fel- és leszálló pályákat tartalmaznak.
- Ezen kívül említésre méltó még a Lissauer köteg, valamint a Commissura anterior.
- A Lissauer köteg a hátsó szarvak „felszínét” fedi be, és a tapintás, fájdalom és hő érzések felszálló pályáját alkotja.
- A commissura anterior a gerincvelő esetében is az a rész, ahol az idegrostok átkereszteződhetnek az átellenes oldalra.



A gerincvelő szürkeállományában található idegsejtek főbb működése

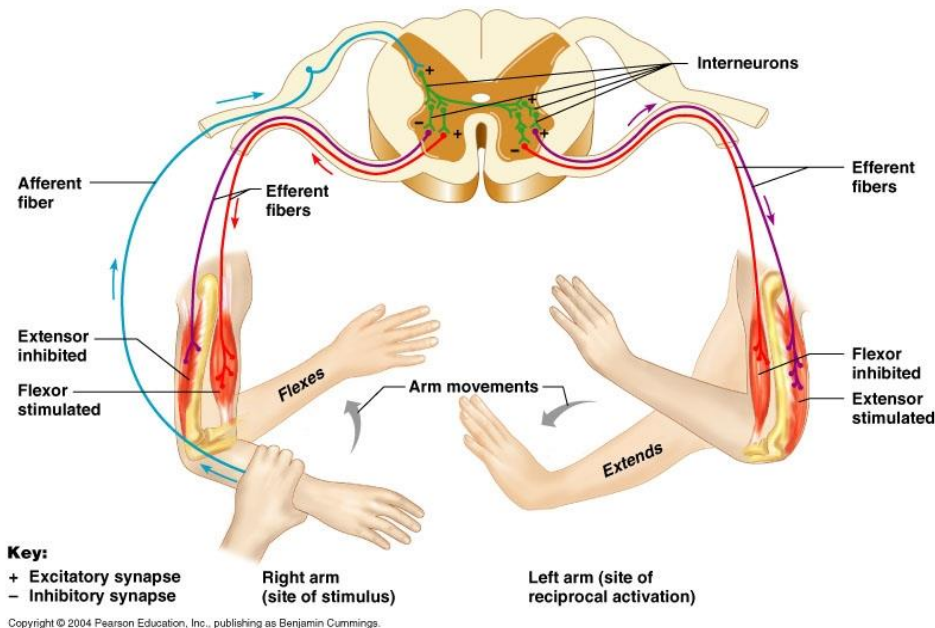
A gerincvelő szürkeállományában alapvetően két neuronfajta dominál, ezek pedig az interneuronok, illetve az alfa motoros neuronok. A következőkben ezek tulajdonságait nézzük meg, röviden.

Interneuronok

- Legfőbb szerepük információ központi feldolgozása, a részvétel reflexívek kialakításával, habár nem minden reflexív használ interneuronokat (pl.: monoszinaptikus).
- Az interneuronok a hátoldali szarvban helyezkednek el, fogadják a hátoldali ganglionokban elhelyezkedő szenzoros neuronok afferens axonjait.
- Szerepük ezen jelek modulálása (bizonyos reflexek pl. cross-extensor reflex esetében) és megfelelő motorneuronhoz juttatása, akár átkeresztezések árán is.

Motorneuronok

- A gerincvelő első szarvában elhelyezkedő alfa motorneuronokat alsó motorneuronoknak hívjuk.
- A leszálló pályákról és a hátsó szarvából (receptoros információk, reflexíveknél) is folyamatosan kapják az információkat.
- Axonjaik ezen információk közös, végső útvonalát képzik a cél izom felé.



A gerincvelő szürkeállományát 10 zónára (Rexed-féle laminák) osztják a sejtek mérete, száma, dendritfája alapján:

A szürkeállomálynak nagyon fontos a funkcionális felépítettsége. Az **elülső szarvban** a **motoros**, **középen** a **vegetatív**, **hátsó** pedig a **szenzoros** magok találhatók.

- substantia gelatinosa Rolandi (gélszerű, opálos)
- nucleus proprius (**szenzoros** infó szempontjából fontos)
- nucleus dorsalis
- nucleus intermediolateralis (**vegetatív** magvak)
- nucleus motorius (mellső szarv **motoros** magvai)
- nucleus commissuralis → idegsejt tömörülések



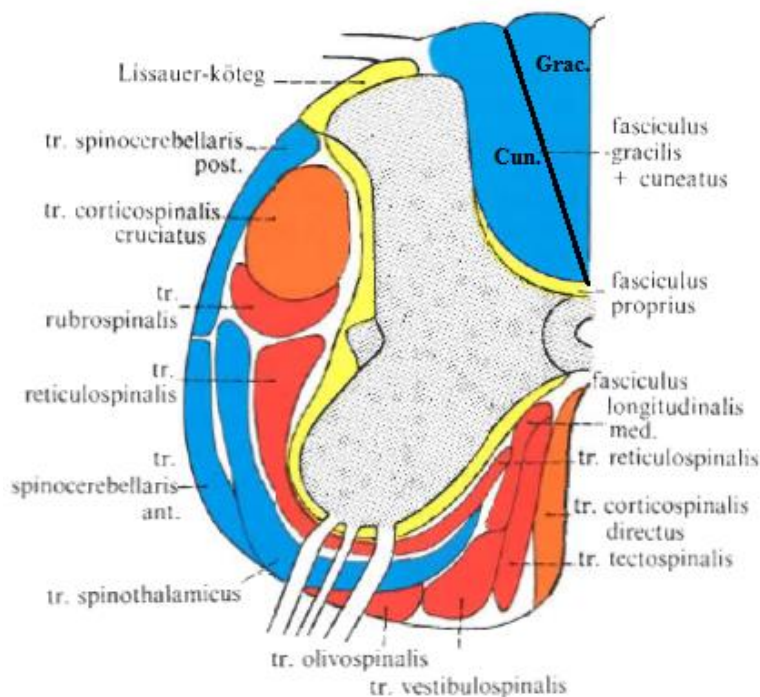
Motoros és érzőpályák elhelyezkedése a fehérállományban

- tractus fundamentalis: szürkeállományt körülvevő fehérállomány köteg, szomszédos szegmentumokat összekapcsoló rövidpályák futnak benne
- Lissauer köteg: szürkeállomány felszínén található, érző infókat tartalmazó fel- és leszálló pályarendszer

Felszálló pályák (afferens, kék-sensory):

A felszálló pályák két csoportba oszthatók

1. Talamikus magvakba szállító pályák: szenzoros ingerek:
 - **Fasciculus gracialis** (medialis):
A bőr **mechanoreceptoraival** való kapcsolat a belépő rostokon keresztül **alsó thoracalis, lumbaris, sacralis** és **coccygealis** szelvényeknél
 - **Fasciculus cuneatus** (lateralisan):
A bőr **mechanoreceptoraival** való kapcsolat a belépő rostokon keresztül **felső thoracalis** és **cervicalis** szelvényeknél.
 - **Tr. spinothalamicus**:
A bőr **hőérzékelő** receptoraival való kapcsolat



2. Kisagyba szállító pályák: A harántcsíktolt izmok speciális receptorival való kapcsolat, **mozgás koordinációért** felelős
 - **Tr. spinocerebellaris ant.**
 - **Tr. spinocerebellaris post.** → Főként hátul (dorsalisan)

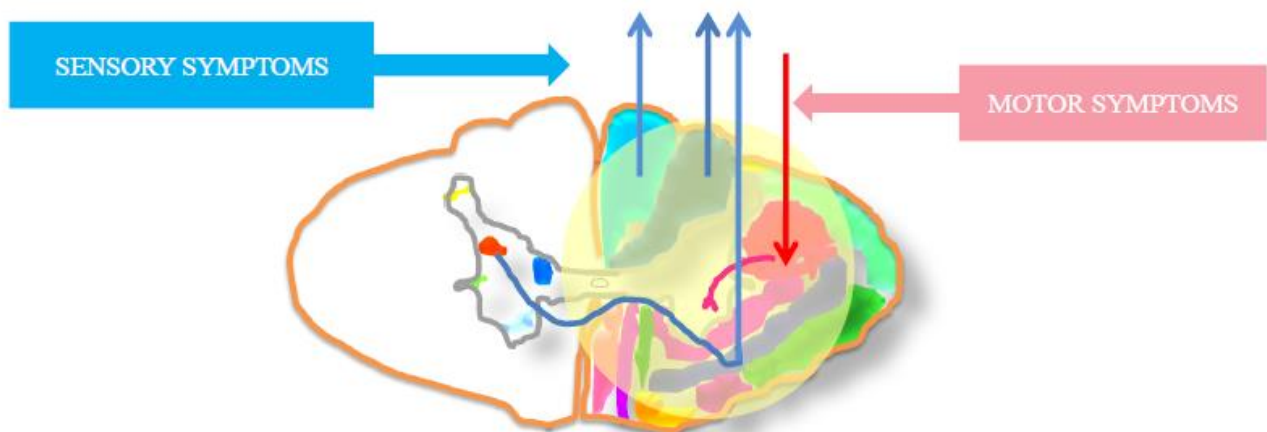
Leszálló pályák (efferens, piros-motor):

A leszálló pályákat négy nagy csoportba osztjuk, attól függően, hogy a rostok milyen gerincvelői neuroncsoportokhoz kapcsolódnak.

1. Az előlő szarv motroneuronjai, centrális szürkeállomány és a hátsó szarv neuronjain egyaránt végződő rostok egyaránt alkotják a **tr. corticospinalist**. Az agykéreg mozgató és részben az érzőmezejéből a gerincvelőbe közvetlenül leszálló pálya.
 - **Tr. corticospinalis cruciatus**: nyúltvelőben nagyrészt **keresztvezető** pálya
 - **Tr. corticospinalis directus**: a piramispálya **nem keresztvezető** rostjai (kb 15-20 %), főleg **törzsizmok** és **végtagok** izmainak ellátásában szerepelnek.
A piramispálya tehát nagyrészt nem közvetlenül avatkozik be a mozgató neuronokon, hanem a gerincvelői szelvény reflexes apparátusát befolyásolja.
2. A centrális szürkeállomány sejtjein végződő rostok több pályát alkotnak az eredő sejtek agytörzsi elhelyezkedése alapján.
 - **Tr. rubrospinalis**: A középagy nucleus ruberjából leszálló pálya, a piramispálya előtti területen halad. Ősi pályarendszer, amelynek **alacsonyabb rendű gerincekben** van szerepe.
 - **Tr. reticulospinalis**: Az agytörzsi formatio reticularisának mediális magjaiból kiinduló pálya. A **hídból eredő rostok nem keresztvezetettek**, és a gerincvelő első kötegében haladnak. A **nyúltvelőből eredő rostok részben keresztvezetettek**, részben azonos oldaliak, a gerincvelő

oldalsó kötegében szállnak le. A pálya rostjai a **szürkeállományban interneuronon végződnek**.

- **Tr. vestibulospinalis:** Az **egyensúlyszervek** központi készüléke nagysejtes lateralis magjából leszálló pálya. Az előlső köteg ventralis fekvésű, s az elülső szerv medialis részében és **kismértékben mozgató** sejben mozgató idegsejt végződő idegsejteken végződik. Nem az érzésszervekből aránylag közvetlenül beérkező, hanem a **központi készülék által már erősen feldolgozott impulzusokat visz a gerincvelőbe**.
 - **Tr. olivospinalis:** Ventralis fekvésű pálya a nyúltvelő **olajkamagvából** a gerincvelő felső szakaszában.
 - **Tr. tectospinalis:** A középagy felső ikertelepéből leszálló, mindjárt eredetnél keresztezett pálya sz. előlső köteg dorsalis részében száll lefelé, majd végrostjai a közti szürkeállomány medialis részében a hátsó szarv tövében végződnek. Emberben a pálya alárendelt jelentőségű. (nagyobb szerepe van az **erős látási orienteltságú** kételtőekben, madarakban, hüllőkben → rovarok alkapásához precíz és bonyolult tectalis reflex)
 - **Fasciculus longitudinalis med.:** Bonyolult összetételű alsó agytörzsi köteg, melyben részben másodlagos **vestibularis** neuronok leszálló ágai és a középagy legelején lévő, ún. commissura posterior magvaiból a gerincvelőbe leszálló rostok foglalnak helyet. → **Főként elől (ventrálisan)**
3. A **thoracalis** és **sacralis** szelvények **vegetatív preganglionaris neuronjaihoz** kapcsolódó idegrostok együttesen alkotják a **leszálló vegetatív pályákat**. A rostok egy része az oldalsó kötegben, a pyramis pályától ventelisan fut. A rostok eredő sejtjei az agytörzs különböző magjaiban, nagyrészt a **formatio reticularisban** találhatók. A leszálló pályák **vegetatív központok utasításait** közvetítik a preganglionaris neuronok felé, és résztvesznek a szuprasegmentalis vegetatív reflexív alkotásában.
4. Az agytörzs középvonalában elhelyezkedő **raphemagokból** induló leszálló idegrostok (tr. raphe-spinalis) ingerlése csökkenti a **fájdalomérzést**. A nyúltvelőből raphemagjából induló rostok részben a centralis szürkeállományban lévő neuronokhoz kapcsolódnak. Úgy tűnik, hogy a pálya gátló hatása mind a végtagrövidítő, mind a tr. spinothalamicus neuronjain érvényesül.



17. A gerincvelői szelvény fogalma és a gerincvelői ideg

A gerincvelői szelvény fogalma

Szelvény a gerincvelő azon szakasza, amelynek ki-és belépő rostjai a két oldalon 1-1 gerincvelői ideg gyökereit képezik. 1-3 cm vastagok.

31 gerincvelői szelvény:

- 8 cervical, - nyaki
- 12 thoracic, - mellkasi
- 5 lumbar, - ágyéki
- 5 sacral - keresztcsonti
- 1 coccygeal – farkcsigolya

→ A *szelvény sorszáma* megfelel annak a csigolyának, *ami alatt az idegük kilép, kivéve a nyaki szakaszon, ahol a csigolya feletti* ideget tekintjük a neki megfelelőnek

→ Mivel a *gerincvelő rövidebb*, mint a gerinccsatorna, az alsóbb szelvények gyökereinek le kell szállniuk, ezek a gyökerek alkotják a végfonállal a „lófarkat” (*cauda equina*).

dorsal root: sensory

ventral root: motor

A gerincvelői ideg létrejötte és eloszlása

Az elülső ágak a nyaki, lumbáris és sacrális fonatokat (plexus) képeznek, a háti szakaszon megmarad szegmentálisnak (borda közti idegek).

A gerincvelő átmetszetének és a gerincvelői idegek sémás ábrája. ((1) **Érző részek kékkel**, (2) **mozgató részek pirossal** jelölve);

3. Canalis centralis;

4. Fehérállomány (hátsó köteg);

5. Szürkeállomány;

6. Elülső gyökér (*radix anterior*), csak mozgató;

7. Hátsó gyökér (*radix posterior*), csak érző;

8. Spinális (érző) idegdúc;

9. Gerincvelői ideg (*nervus spinalis*), hátsó, érző része;

10. Gerincvelői ideg hátsó ága (*ramus posterior*), kevert;

11. Gerincvelői ideg elülső ága (*ramus anterior*), kevert;

12. Rami communicantes;

13. Ramus communicans albus;

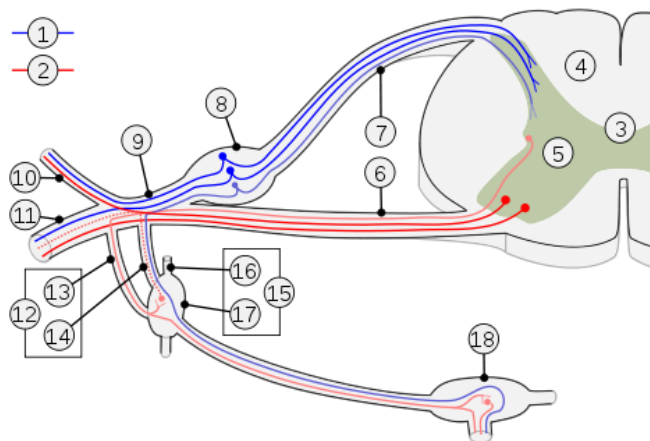
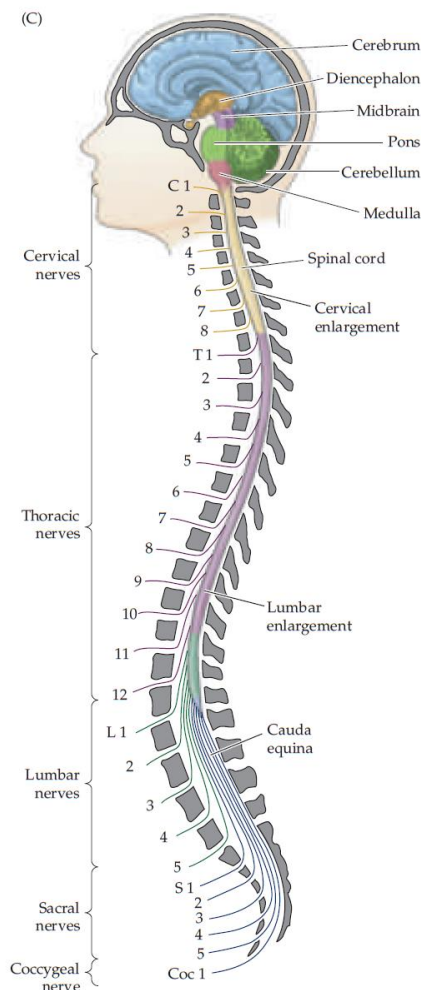
14. Ramus communicans griseus;

15. Paravertebrális autonóm idegdúc;

16. A felette lévő dúchoz vezető ága;

17. Idegsejteket tartalmazó rész;

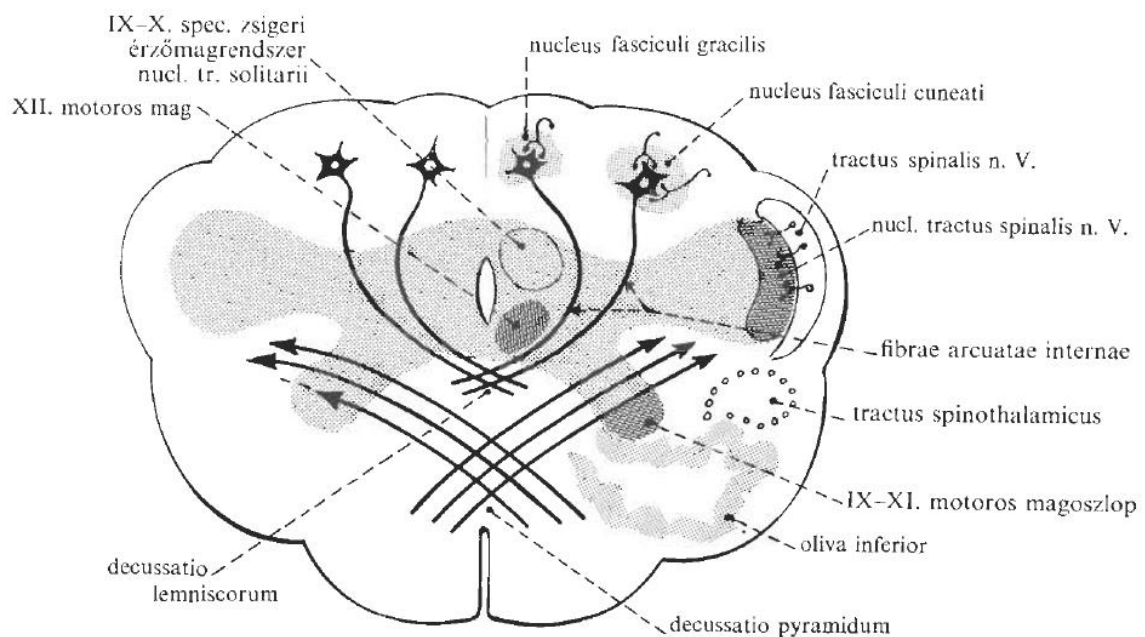
18. Prevertebrális autonóm idegdúc.



18. Az agytörzs fő részei, jelentősebb magok és pályák

Az agytörzs a nyúltvelőből, a hídból, és a középagyból áll. Jellemzője a *formatio reticularis*, azaz az agytörzsi hálózatos állomány. Itt ugyanis nem különül el a fehér,- és a szürkeállomány. Ez a képlet felel az ébrenlét, az izomtónus kialakításáért.

Az agytörzs jelentősebb magjai



8/22. ábra. A nyúltvelő caudalis részének keresztmetszete. A gerincvelő eredeti szürkeállománya még jól felismerhető (vö. a 8/23. ábrával)

Nyúltvelő magjai:

Elsődleges érzőneuronok felszálló neuritágai, a hátsó kötegek helyét elfoglaló hátsókötegmagvakban végződnek (*n. grac.*, *n. cun.*). A hátsókötegmagvakból egy másodlagos érzőpálya, *lemniscus medialis* indul ki.

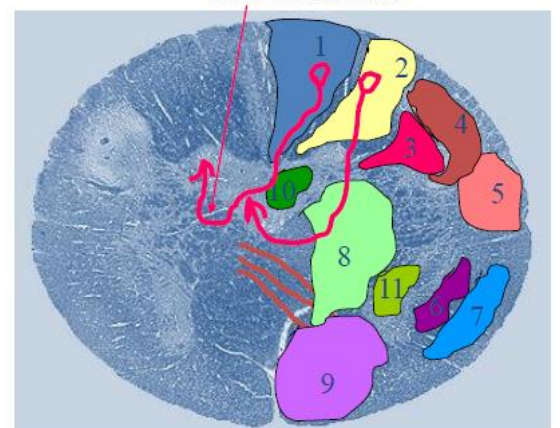
1. Nucleus gracilis
2. Nucleus cuneatus

A gerincvelő ventral felé tekintő homorulatú *substantia gelatinosa* így medial felé tekintő homorulatú, félhold alakú tömör szürkeállommánnyá válik, melynek neve *n. tr. spinalis nervi trigemini*. Ez a mag az V. agyideg leszálló gyökérrostjainak végződési helye. Az arc fő érzőidegének (V. agyideg) fájdalom- és hőérző, valamint az egyszerű tapintás biztosító rostjai ebben a *tr. spinalis nervi trigeminiben* a felső nyaki szelvényekig haladnak, egybeolvadva a gerincvelő *Lissauer-féle kötegével*. Lugikus tehát, hogy a *substantia gelatinosa* a nyúltvelő folytatása a *n. tr. spinalis n. trigemini*.

3. N. spinalis n.V
4. Tr. spinocerebellaris d.
5. Tr. spinothalamicus
6. Tr. spinocerebellaris v.



Lemniscus medialis



Főbb mozgató pálya: A nyúlt velő alsó részében a piramispályák kereszteződése folytán fölfelé haladva mind kevesebb piramisrost van az oldalsó kötegekben, mind több a nyúltvelő elülső kötegében.

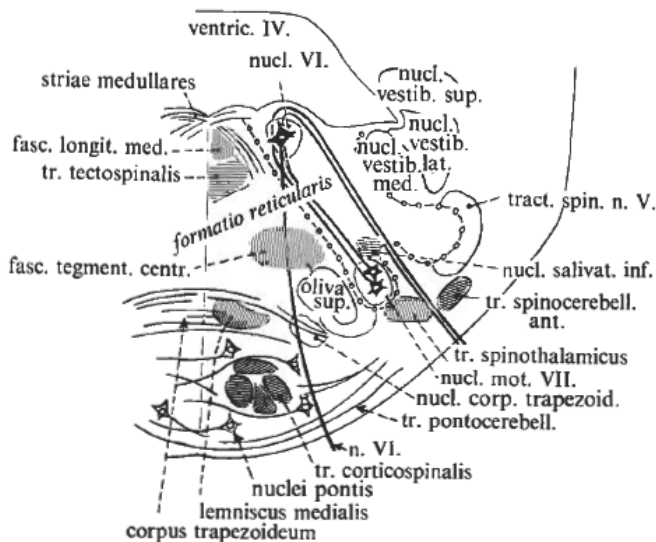
7. Decussatio pyramidum

8. Pyramid

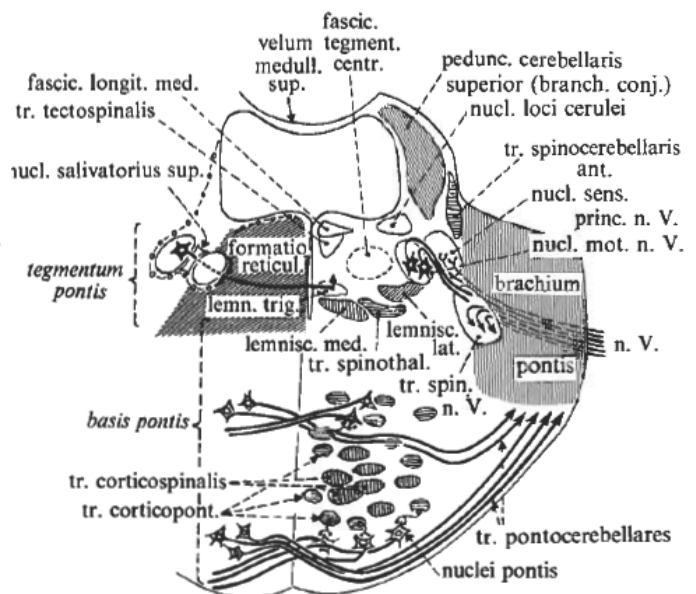
Az elülső szarv szétvágásával annak mozgató magvaival is két különálló magoszlopra válnak szét. A *dorsomedialis magoszlop* az egymással analóg XII., VI. és III. agyidag (az utóbbi kettő már a középagyban található) mozgató magvai t tartalmazza. A leválasztott *ventrolateralis motoros sejtoszlop* megszakításokkal szintén követhető a híd felső részéig, és a XI., X, IX., VII. és V. agyideg mozgató magvait tartalmazza. A hátsó szarv elválasztásával az inább, de nem kizárólagosan, testfelületi hő-, fájdalom- és egyszerű tapintásérzés magvai kikerülnek a laterális részbe.

9. Nucleus n. XII

10. Nucleus ambiguus. N. motorius IX, X, XI



8/26. ábra. Nyúltvelő-híd átmenet átmetszete (vö. a 8/28. ábrával)



8/27. ábra. A híd átmetszete (vö. a 8/29. ábrával)

Híd magjai:

V, VI, VII, VIII agyidegek magjai (idegek neve alapján)

Középgagy magjai:

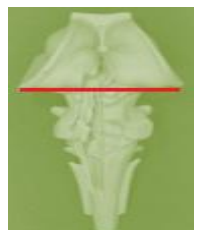
Az alsó ikertelepek nem annyira rétegzett szerkezetet, hanem egy nagyobb magot (*n. colliculus inferioris*) tartalmaznak. Ez a hallórendszerhez tartozik.

1. Colliculus Superior

A *formatio reticularis* ventralisabb részében található a tegmentum (az agykéreg dorsalis része) nagy magva, a *nucleus ruber*. Kissejtes elülső részéből ered a *fasciculus tagmental centralis* egy része. A *nucleus tuber* nagysejtes részből ered a tegmentum ventralis részében kereszteződő *tr. rubospinalis*, amely a gerincvelő oldalkötegében száll lefelé.

2. Nucleus Ruber

A *substantia grisea centralis* kártyaszív alakú, apróbb idegsejteket tartalmazó szürkeállomány. Az állomány ventelisi élén a *dorsomesialis magoszlop* legfelső két tagja, a *n.*



n. oculomotorii (III.) és ennek caudalis (hátsó) folytatásaként a *n. n. trochlearis (IV.)* található. A III. agyideg magját az itt V-alakú keresztmetszetet utató *fasciculus longitudinalis medialis* vályúja fogja be. A magból kiinduló neuritek átfúróják a *fasciculus longitudinalis medialis*; majd kettős ívben a *sulcus n. oculomotorii* felé haladnak. A szem harántcsíkt izmai közül ötöt idegeznek be. A mag elülső harmadában a motoros sejtszomszédok fölé egy vegetatív sejtszomszédok illeszkedik. Ez az Edinger-Westphal-féle mag, amelyből a *n. oculomotorius* *preganglionari parasympathicus* rostok csatlakoznak.

3. Nucleus N. III.

4. Lemniscus Medialis+ Edinger–Westphal nucleus

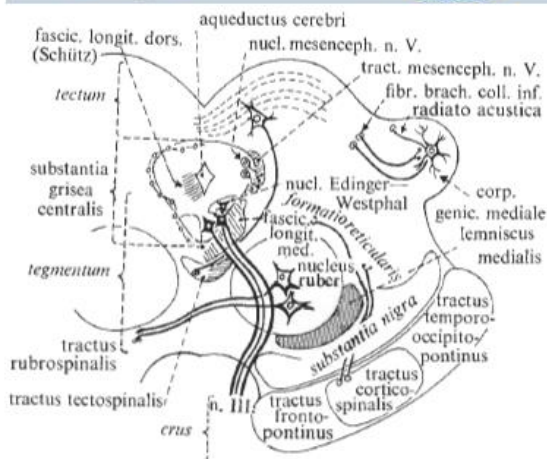
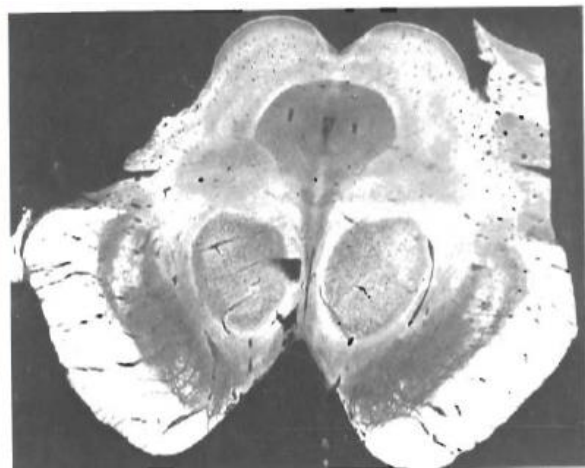
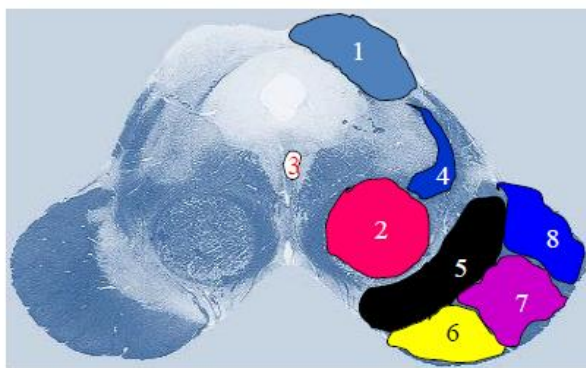
A közép agy átmetszetének legalsó részét a *crus cerebri* foglalja el. Zömében leszálló renserből áll. Középen találjuk a *tr. corticospinalist*, amelynek motoros agyideghez haladó része (*tr. corticomesencephalicus* és *corticobulbaris*) a középagy kezdetétől kezdve fokozatosan válik le az egységes köteg medialis oldaláról. A rostok átfúróják a *substantia nigrát* és *formatio reticularisban* végződnek. Innen még egy közbeiktatott neuron kell a motoros agyidegmagvakig. A *crus cerebri* medialis és lateralis részét a híd basis magvaihoz haladó *tr. fronto-*, ill. *occipito-* és *temporopontinus* rostjai foglalják el.

5. Substantia Nigra

6. Tr. Frontopontinus

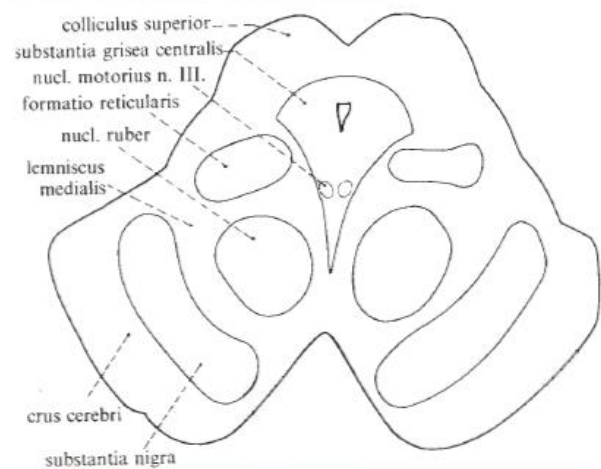
7. Tr. Corticobulbaris Et Spinalis

8. Tr. Occipito-Temporopontinus



8/30. ábra. A középagy átmetszete (vö. a 8/31. ábrával)

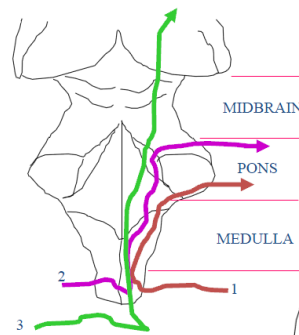
8/31. ábra. A középagy orális részének keresztmetszete (a magok szürke, a pályák és a rostkötegek fehér színben)



Az agytörzsön áthúzó pályák

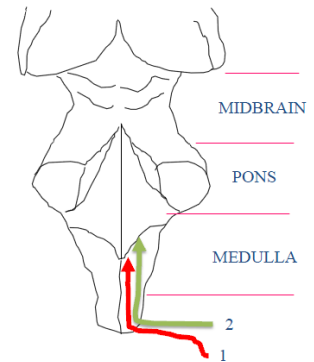
Az agytörzsön áthaladó felszálló pályák:

1. Tr. spinocerebellaris dorsalis
2. Tr. spinocerebellaris ventralis
3. Tr. spinothalamicus



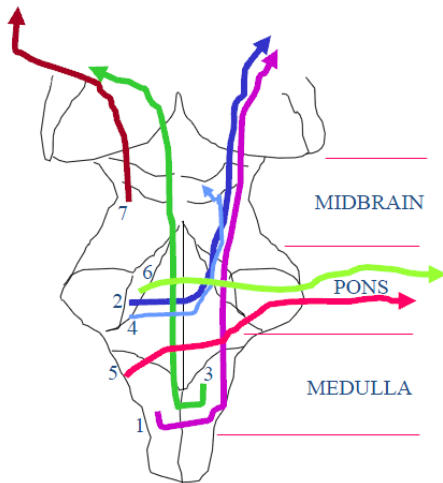
Az agytörzsben végződő felszálló pályák

1. Fasciculus gracilis
2. Fasciculus cuneatus



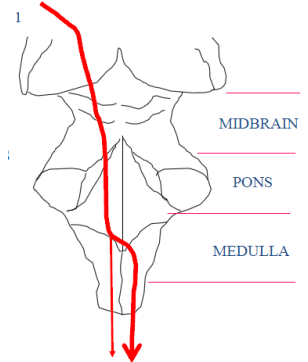
Az agytörzsből induló felszálló pályák:

1. Lemniscus trigeminalis
2. Lemniscus trigeminalis dorsalis
3. Lemniscus medialis
4. Lemniscus lateralis
5. Tr. Pontocerebellaris
6. Tr. Olivocerebellaris
7. Nigrostriatal pathway



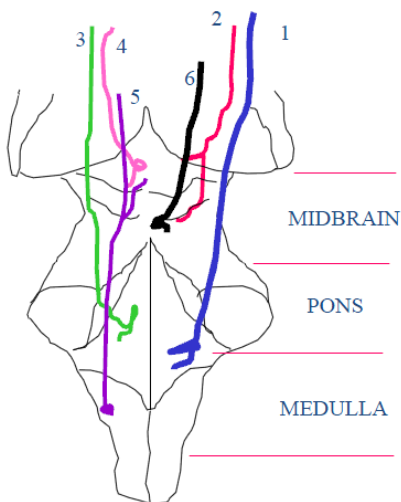
Az agytörzsön áthaladó leszálló pályák:

1. Piramispálya



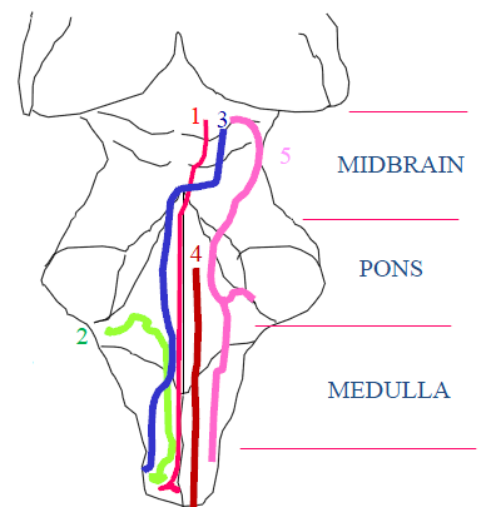
Az agytörzsben végződő leszálló pályák:

1. Tr. corticobulbaris
2. Tr. corticomesencephalicus
3. Tr. corticopontis
4. Tr. corticorubralis
5. Fasciculus tegmentalis centralis
6. Fasciculus longitudinalis dorsalis



Az agytörzsből induló leszálló pályák:

1. Tr. tectospinalis
2. Tr. vestibulospinalis
3. Tr. rubrospinalis
4. Tr. reticulospinalis
5. Fasciculus longitudinalis medialis



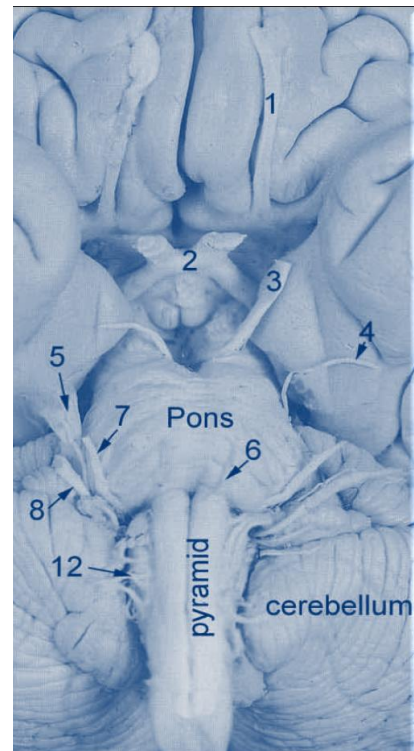
19. Agyidegek agytörzsi eredése, és funkcionális összetevői

Az agyidegek

1. OLFACTORY NERVE
2. OPTIC NERVE
3. OCULOMOTOR NERVE
4. TROCHLEAR NERVE
5. TRIGEMINAL NERVE
6. ABDUCENT NERVE
7. FACIAL NERVE
8. VESTIBULOCOCHLEAR NERVE
9. GLOSSOPHARYNGEAL NERVE
10. VAGUS NERVE
11. ACCESSORY NERVE
12. HYPOGLOSSAL NERVE

The Cranial Nerves song:

https://www.youtube.com/watch?v=IBuPzn_8UTc



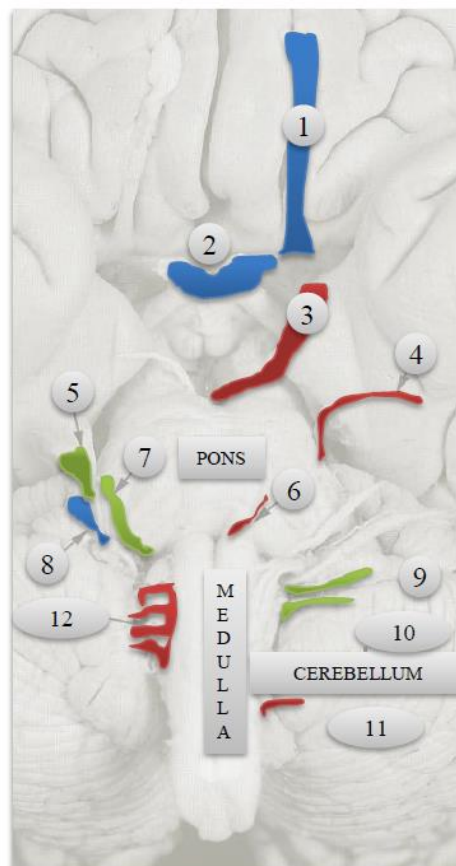
FUNCTIONAL CLASSIFICATION OF CRANIAL NERVES

SENSORY

1. Olfactory
2. Optic
8. Vestibulocochlear

MOTOR

3. Oculomotor
4. Trochlear
6. Abducens
11. Accessory
12. Hypoglossal



MIXED SENSORY AND MOTOR

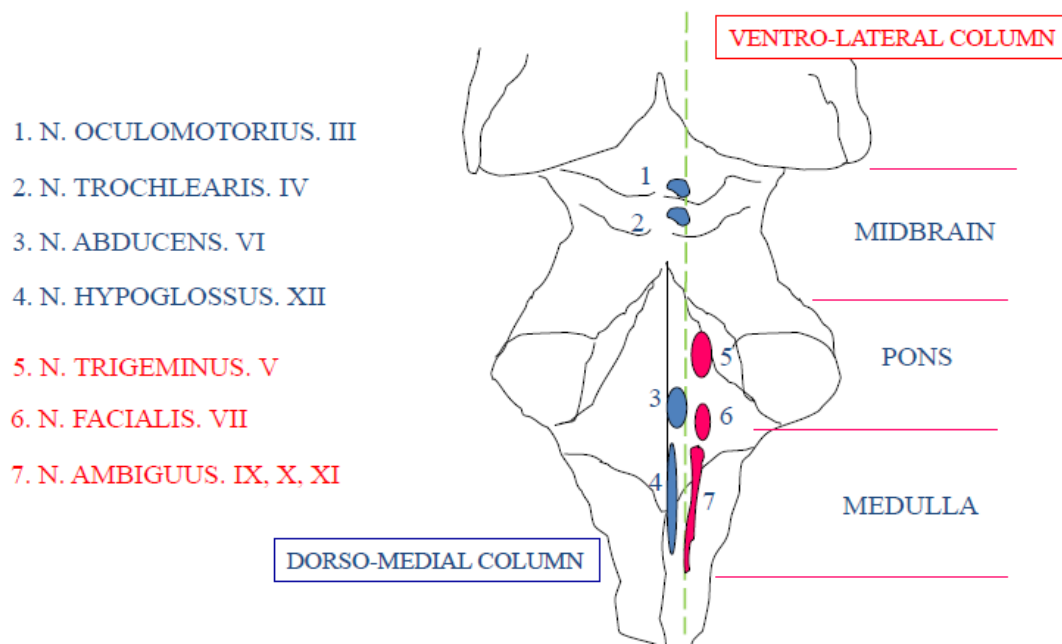
5. Trigeminal
7. Facial
9. Glossopharyngeal
10. Vagus

PARASYMPATHETIC

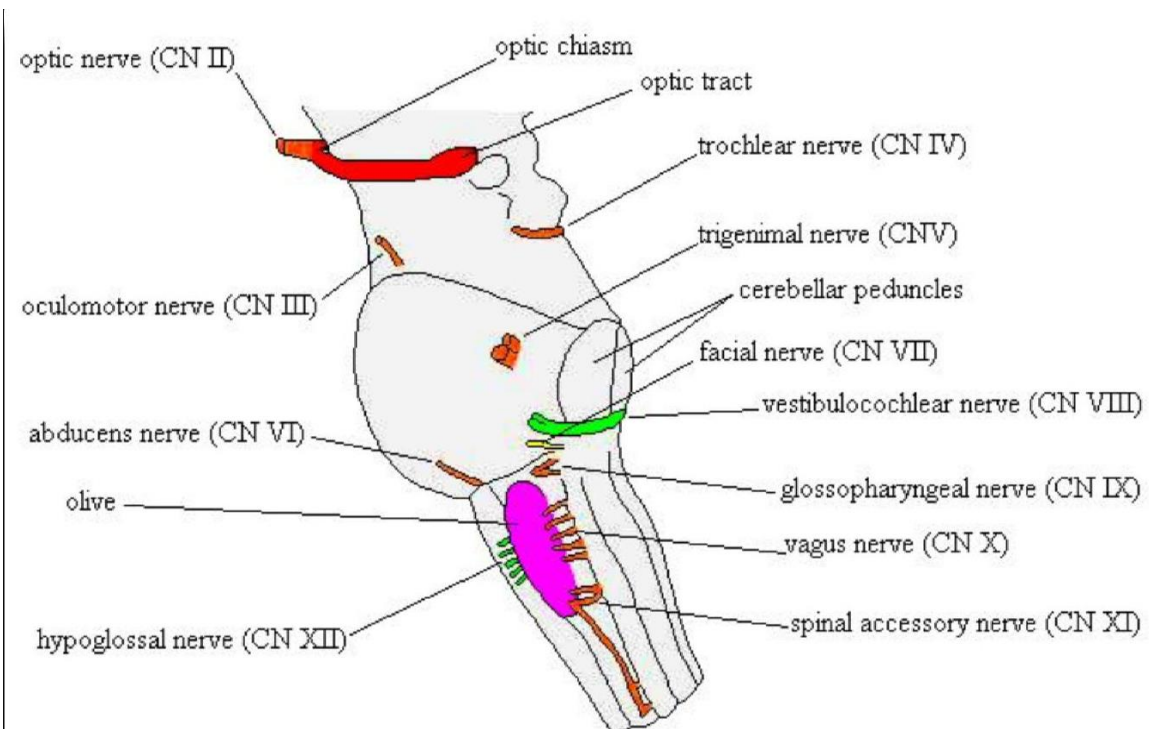
3. Oculomotor
7. Facial
9. Glossopharyngeal
10. Vagus

CRANIAL NERVE	FUNCTION	TESTING
I	olfaction	with an odorous substance
II	vision	vision chart
III	most eye muscles	"follow the moving finger"
IV	superior oblique	look down at the nose
V	facial sensation	touch the face
	muscles of mastication	clench the teeth
VI	lateral rectus	look to the side
VII	facial expression	smile, raise the eyebrows
	taste	sugar or salt
VIII	hearing	a tuning fork
	balance	look for vertigo
IX	pharynx sensation	gag reflex
X	muscles of larynx and pharynx, parasymp.	check for hoarseness, open wide and say "AH"
XI	trapezius and sternocleidomastoid	test shoulder raise or turning the head
XII	tongue muscles	stick out the tongue

SOMATOMOTOR CRANIAL NERVE NUCLEI



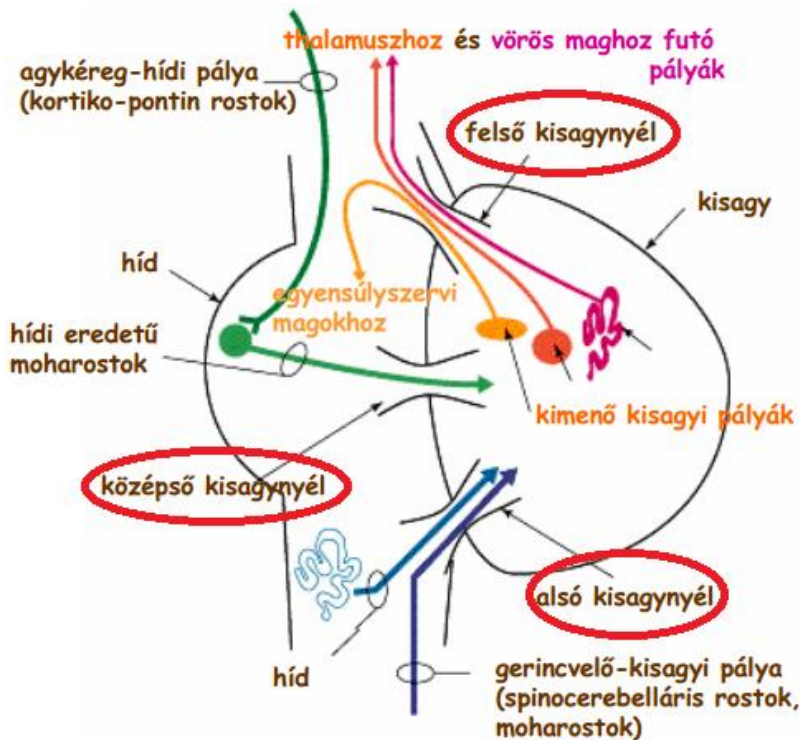
A dorzomediális magcsoporthoz tartozó agyidegek	A ventrolaterális magcsoporthoz tartozó agyidegek
N. Oculomotorius III.	N. Trigeminus V.
N. Trochlearis IV.	N. Fasciculus VII.
N. Abducens VI.	N. Ambiguus IX., X., XI.
N. Hypoglossus XII.	



20. Kisagy fő részei és összeköttetései

Kisagykarok agytörzsi kapcsolatai

A kisagyat számos efferens és afferens rost köti össze a központi idegrendszer egyéb részeivel. Ezek a rostok mindkét oldalon három vastag kötegbe, a **kisagykarokba** (*pedunculus cerebellaris*) csoportosulnak. A **felső** kisagykar (*superior penducle*) a kisagyat a **középaggyal** kötik össze, a **középső** kisagykar (*middle penducle*) a kisagyat a **híddal** kötik össze, végül az **alsó** kisagykar (*inferior penducle*) a kisagy és a **nyúltvelő** között teremtenek kapcsolatot. Bár a kisagyba rengeteg szenzoros információ fut be, azok nem itt tudatosulnak.

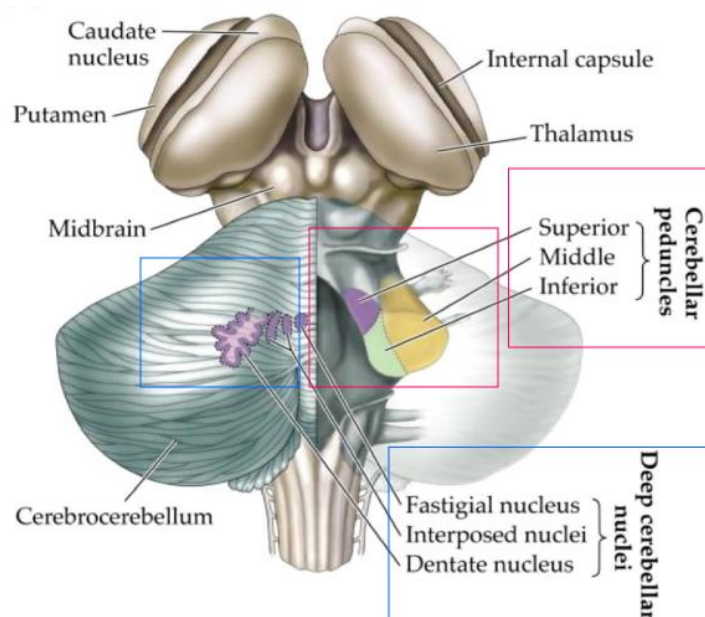


Afferens rostok (bemenet)

- Az afferens rostok többnyire a gerincvelőből, valamint a hídból érkeznek, sorrendben a kis- illetve középső agykaron keresztül.
- Gerincvelői információk (bőr, izom, ín, ízület) a nyúltvelőn keresztül; spinocerebelláris és moharostokon jutnak a kisagyba.
- Az agykéreg információi, a hídon keresztül; moharostokon jutnak a kisagyba.

Efferens rostok (kimenet)

- Az efferens rostok leginkább a felső kisagykaron (*superior penducle*) keresztülhaladják el a kisagyat. Efferens rostok mennek
- A thalamusba
- A vörösmagba
- Az egyensúlyi magokhoz



Kúszórostok és moharostok

A kisagykéregbe az információ többnyire két féle rost típuson keresztül érkezik.

Kúszórost

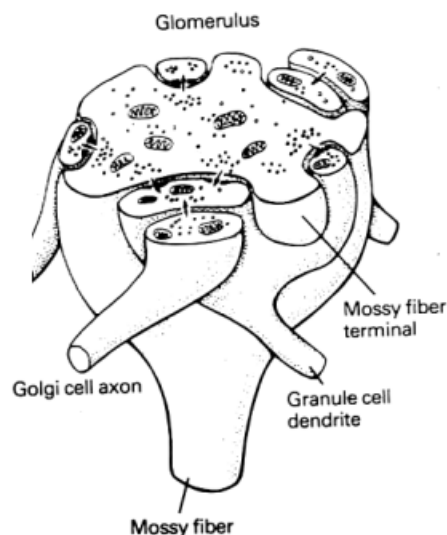
Elágazás nélkül lép be a kisagykéregbe, és ott egyetlen Purkinje-sejt dendritfán kúszónövény módjára halad fel, ismételt synapsisokat alkalmazva a dendritfa valamennyi ágával. A kúszórostok a nyúltvelő *inferior olive* részéből erednek. (Ez a felső ábrákon nem látszik)

Moharost

A kisagy fehérállományában bőségesen elágazódik, úgyhogy ugyanaz a rost több, nem is szorosan szomszédos, foliumhoz (kisagy tekervény) is ad ágat.

Egyik foliumon belül is bőven ágazik el, és stratum granulosumban (szemcsés réteg) számos, vaskos, göröngyös felszínű idegvégződésben ér véget. Ezek az ún. *mohavégződések* több *szemcsesejt* rövid, karomszerű dendritjével, valamint (gátló) Golgi sejtek axonjaival (+1 dendrit) együttesen alkotnak fogaskerekek egybeilleszkedésére emlékeztető synapsisokat, ezek a *kisagyi glomerulusok*.

Moharostok a hídon (az agykéregből), illetve a nyúltvelőn (a gerincvelőből) keresztül érkezik.



Mindkét afferens rostféleség excitatorikus hatású a vele érintkező neuronokra.

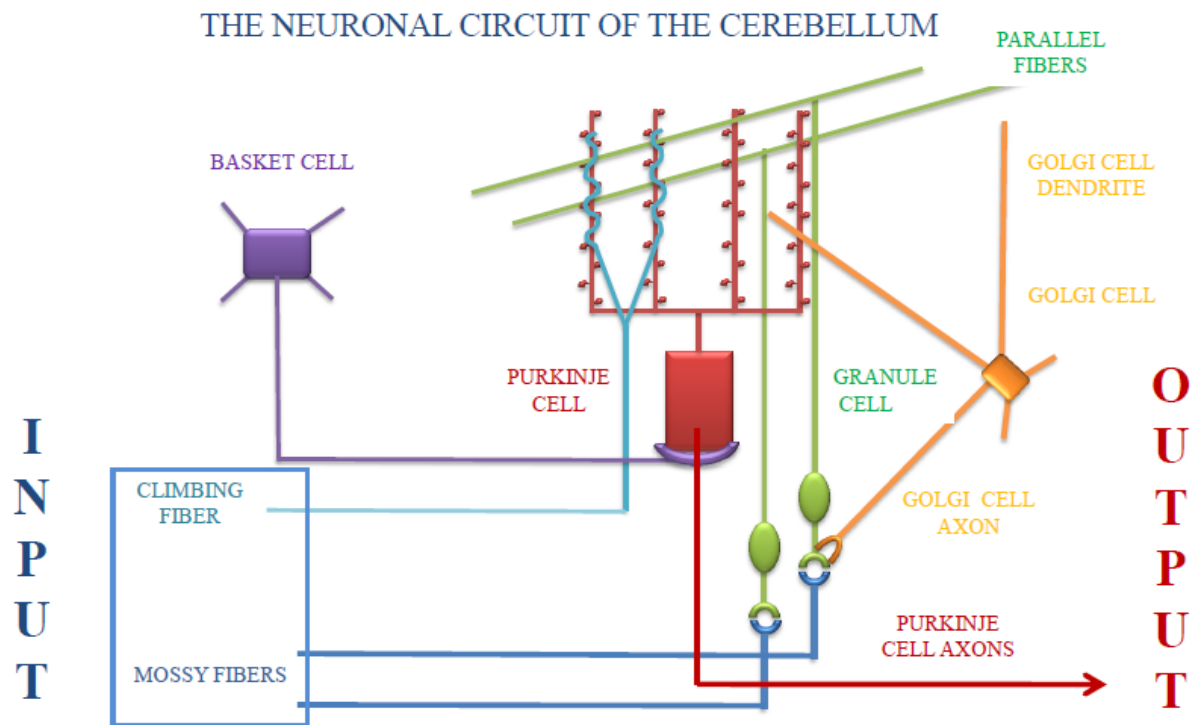
Különbség közöttük:

- **kúszórost egyetlen** Purkinje-sejtet képes ingerületbe hozni, mégpedig gyakorlatilag 100%-os biztonsággal
- a moharost ingerülete **csak a szemcsesejt közvetítésével** juthat be a kisagyi neuron hálózatba.

21.1. Kisagykéreg idegi kapcsolatrendszere

Purkinje sejtekhez befutó információk

A kisagykéreg kapcsolatrendszere



Purkinje sejtek

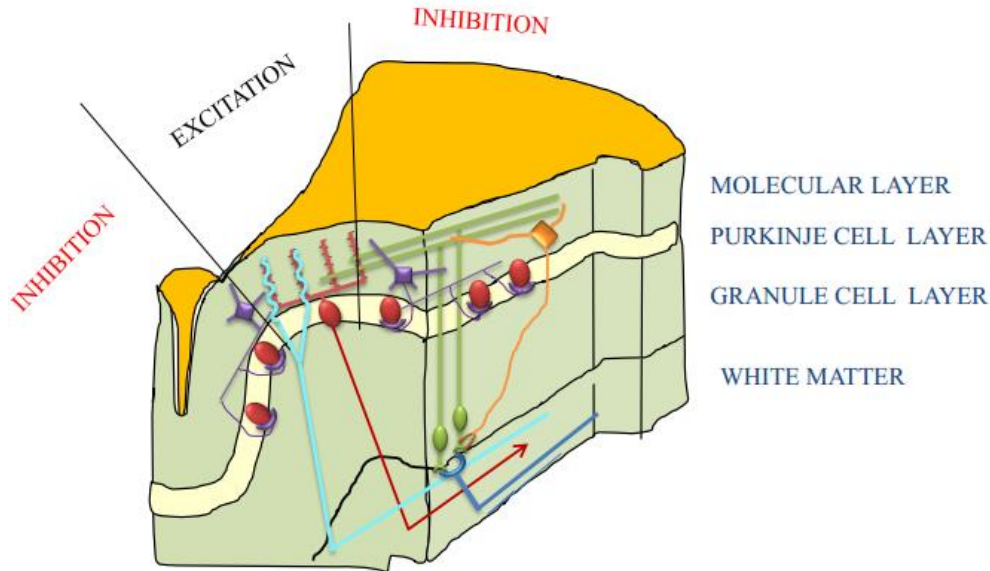
- A Purkinje sejtek a kisagykéreg Purkinje rétegében helyezkednek el, a kisagy principal neuronjai. Dendrit fája a molekuláris rétegben helyezkedik el, ott kapja a neki címzett információkat.
- A kisagykéregbe érkező információk előbb-utóbb áthaladnak egy-egy Purkinje sejten. A Purkinje sejt közvetlenül a kúszó-, és közvetve a moharostoktól kapnak információt. (a rostokról bővebben lásd a 20. témakört)
- Egy-egy kúszórost parallel kapcsolatot alkot egyetlen Purkinje sejt dendritjeivel.
- Egy-egy moharost több szemcsesejt dendritjének adja át a serkentő információt. A szemcsesejtek axonjai „kimásznak” a molekuláris rétegbe, és ott T-alakban kb. 1,5 mm szélességben szétterülnek, ezáltal egy sor Purkinje sejtet stimulálva.
- A Purkinje sejtek axonjai (outputjuk) a szemcsés rétegen keresztül (tehát a kisagykéreg elhagyásával) a mély kisagyi magvakba mennek, és gátló jellegűek. Erre azért van szükség, mert a kisagyat informáló pályarendszerek kollaterálisai révén „folyamatosan” serkentik a magvakat.

A kisagykéreg főbb sejtípusai

A kisagykéreg főbb sejtípusai a fenti ábrán láthatóak. A következőkben néhány tulajdonságuk, funkciójuk lesz megemlítve.

Kosár sejtek

- A kosársejtek a molekuláris rétegben helyezkednek el.
- Egy kosársejt több Purkinje sejttel létesít kosárszerű szinapszist.
- A kosársejtek fő feladata a szomszédos Purkinje sejtek gátlása, azaz annak elérése, hogy egy aktív Purkinje sejt szomszédjai biztosan inaktívak maradjanak.



Golgi sejtek

- A Golgi sejtek a molekuláris rétegben helyezkednek el.
- Egy Golgi sejt dendrit fája több párhuzamos rosttal (ez a fenti ábrán nem látszik), illetve axonja révén (közvetve) egy szemcsesejttel van kapcsolatban. A Golgi sejtek is részt vesznek a kisagyi glomerulusok kialakításában. (Bővebben lásd a 20. témakör idetartozó részét)
- A Golgi sejtek fő feladata ezen szemcsesejtek gátlása.

Purkinje sejtek

- Lásd feljebb

Szemcsesejtek

- A szemcsesejtek a szemcsés rétegben helyezkednek el.
- A szemcsesejtek axonjai „kimásznak” a molekuláris rétegbe, és ott T-alakban kb. 1,5 mm szélességben szétterülnek, ezáltal egy sor Purkinje sejtet elérve. Az axonok a Purkinje sejtek dendritjeivel számos helyen hoznak létre cross-over (keresztelő) szinapszisokat.
- A szemcsesejtek fő feladata a moharostokon érkezett „külső” (mármint a kisagyhoz képest) információ átkapcsolása, és eljuttatása a Purkinje sejtekhez.

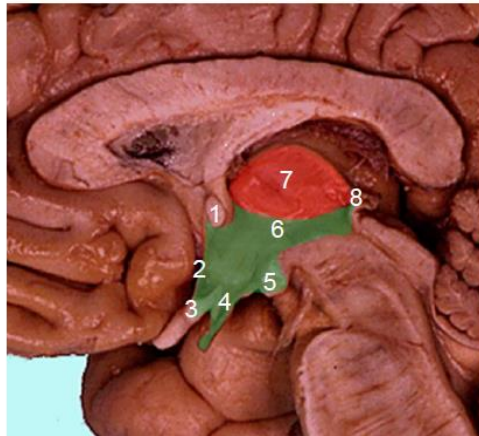
21.2. Köztiagy fő részei és összeköttetései

Diencephalon:

- Thalamus,
- Hypothalamus (alatt)
- Epithalamus (fölötte)
- Metathalamus (mellette)
- Subthalamus

Oldalról:

1. commissura anterior

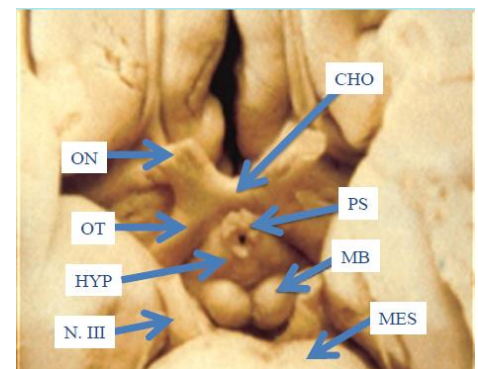


1. COMMISSURA ANTERIOR
2. LAMINA TERMINALIS
3. CHIASMA OPTICUM
4. INFUNDIBULUM
5. CORPUS MAMILLARE
6. SULCUS HYPOTHALAMICUS
7. THALAMUS
8. EPITHALAMUS

2. **lamina terminalis**: commissura anteriortól előre, vékony rész, eredeti prosencephalon képviseli, ennek a legeleje → oldalra+előre kitüremkedő prosencephalon előtt van
3. **chiasma opticum**: látóideg kereszteződés
4. **infundibulum**: tölcsér alakú (agyalapi mirigy nincs ott, benne marad a koponyában)
5. **corpus mamillare**
6. **sulcus hypothalamicus**: thalamust és hypothalamust választja el, ennek a medre az aqueductus cerebriig vezet
7. **thalamus**
8. **epithalamus**

Ventrális nézet:

- nervus opticus (ON)
- chiasma opticum (CHO)
- tractus opticus (OT)
- infundibulum (PS-pituitary stalk)
- corpus mamillare (+egy lyuk: innen van leszakítva az agyalapi mirigy → 3. agykamrába vezet) (MB- mammillary body).

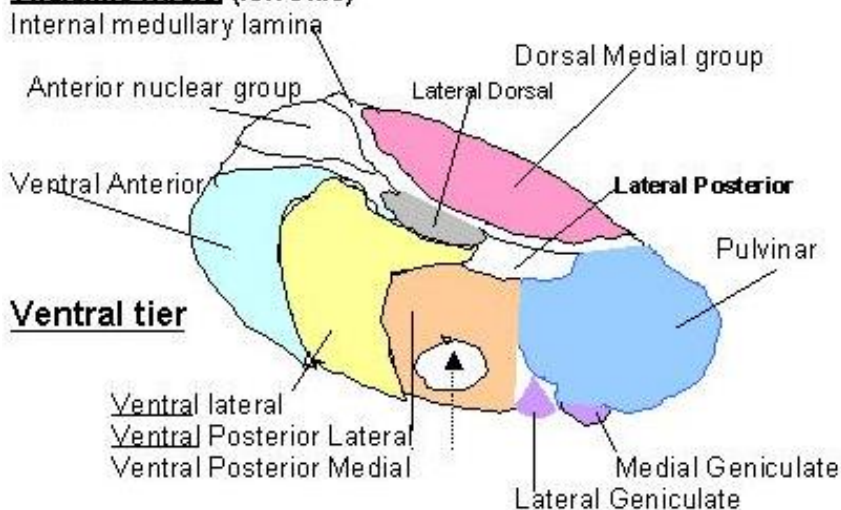


Thalamus főbb magvai és kapcsolódásuk más agyi struktúrákhoz

- elülső része kisebb, mint a hátsó, medialis része lecsapott.
- szürkeállomány, amiben Y-alakú fehérállomány köteg van, ez osztja részekre:
- elülső, mediális, oldalsó magcsoport → ezek még tovább bonthatók részekre.
- sok bemenet van a felületén (+kimenő pályák is) → tokszerű!

- **retikularis magvak:** laza szerkezetű magvak a fehérállomány kötegben, folyamatos kapcsolat az agykéreggel
- **intralaminaris magcsoportok:** fehérállományon belül
- **ventralis anterior (elülső) mag:** agykéreggel + kisaggyal kommunikál
- **ventralis laterális (oldalsó) mag:** érzőrésszel kommunikál
- **térdes (geniculate) testek** (ezen belül is almagvak).

Thalamic Nuclei (left side)

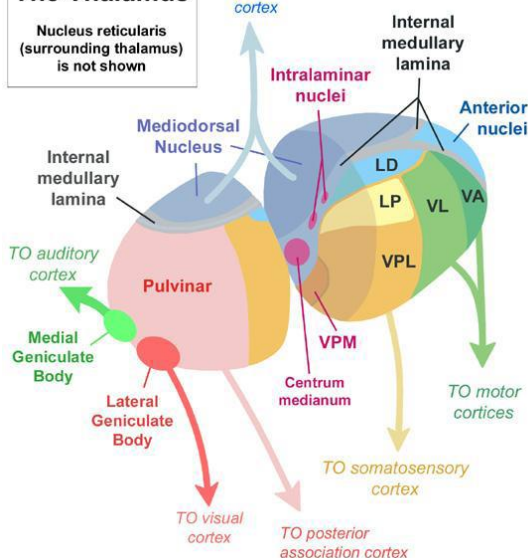


Kimenetek: belső+ külső velő burkot alkot:

- **ventralis anterior+laterális:** (kisagyból kap infót) motoros kéreghez halad
- **corpus geniculatum mediale:** halló kéreghez vetül
- **corpus geniculatum laterale:** látó kéreghez
- **pulvinar:** hátsó azonos oldali asszociatív kéreghez
- **nucl. ventralis posterolateralis:** tractus spinothalamicus+lemniscus medialis végződik itt → felszálló érzőrészek károsodnak, ha ez kiesik (→ elsődleges neuron: spinalis ganglion, másodlagos: nucl. gracilis/cuneatus, harmadlagos: thalamusban) → specifikus thalamikus magvak: jól definiált bemenetei, és jól definiált felsőbb kapcsolatai vannak

Magok	Bemenet	Kimenet
MEDIODORSAL	ENTORHINAL CORTEX, SPINOTHALAMIC TRACT	PREFRONTAL CORTEX
ANTERIOR	MAMILLARY BODY	CINGULATE CORTEX
VA, VL	DENTATE NUCLEUS	PRECENTRAL GYRUS
VPL, VPM	GLOBUS PALLIDUS	PREMOTOR AREA
VPL, VPM	SENSORY SYSTEMS (SPINAL, TRIGEMINAL)	PARIETAL LOBE, POSTCENTRAL GYRUS
CM	RETICULAR FORMATION	PARIETAL LOBE, POSTCENTRAL GYRUS
LATERAL GENICULATE	RETICULAR FORMATION	FRONTAL AND PARIETAL LOBES OF CEREBRAL CORTEX
MEDIAL GENICULATE	SUPERIOR COLLICULUS	VISUAL CORTEX IN OCCIPITAL LOBE
MEDIAL GENICULATE	INFERIOR COLLICULUS	AUDITORY CORTEX IN TEMPORAL LOBE

The Thalamus



Hypothalamus neuroendokrin sejtjei

- határai: lamina terminalis, chiasma opticum, 3. agykamra, agyalapi mirigy...
- limbikus agyon belül integrálódik → mellékvese, szaporodás irányítása köthető az itteni magokhoz, de ezeket a limbikus rész irányítja
- olyan idegsejtek, amik **hormontermelésre** képesek, hormont erekbe ürítik.
- 2 neurosecretorios rész:

Nagysejtes hypothalamo-neurohypophysealis neurosecretiós rendszer:

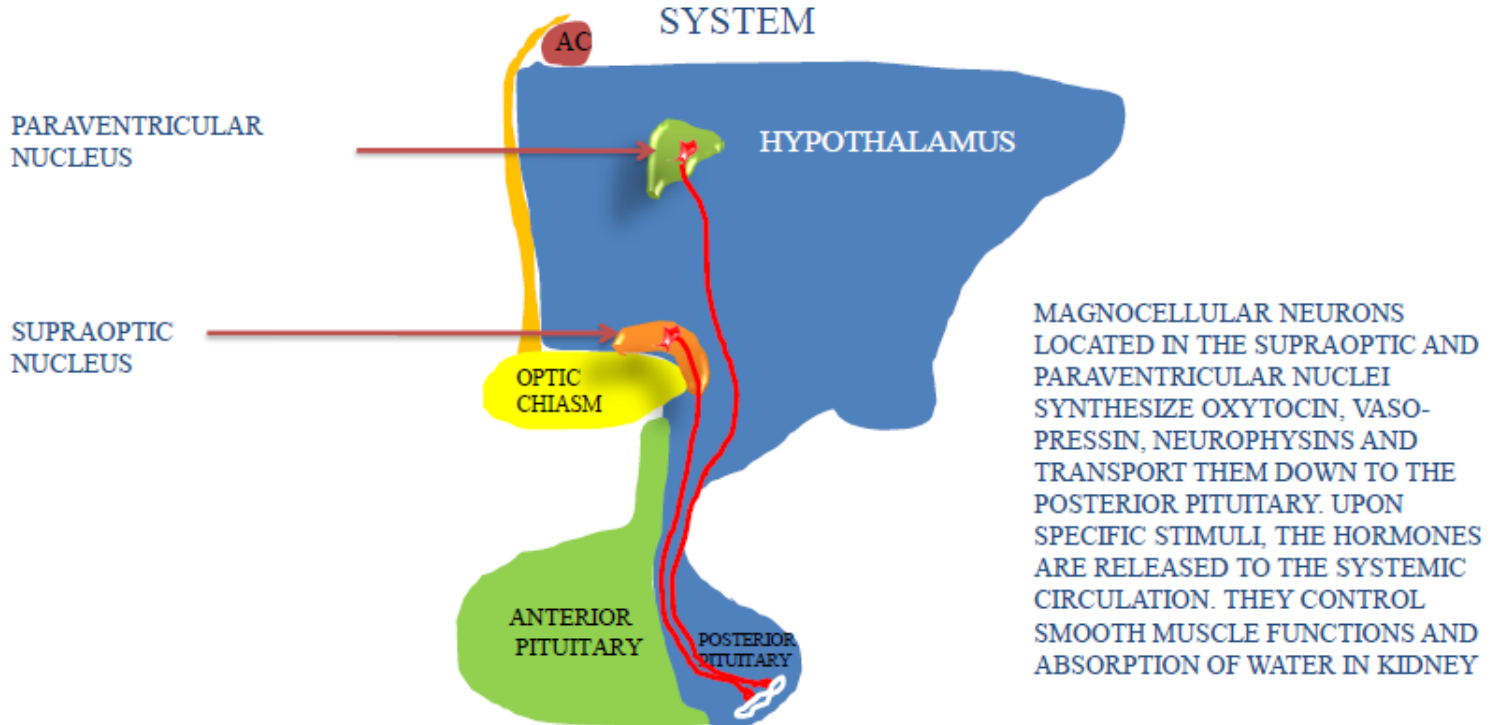
- **paraventricularis, supraopticus mag** → Tr. supraoptico-hypophysealis alkotják.
- nem maga a hormon, hanem a csupán hírvivőanyag termelődik itt
- a neurosecretiós (endokrin) terméke a **pálya axonjainban áramlik le neurohypophysisbe** /pituitary (ahol csupán tárolódik), majd itt ürül

- a) paraventricularis mag
- b) supraopticus mag

Oxitocint (simaizom összehúzás), **vazopressint (ADH)** (vérnyomást szabályoz) termelnek.

A hypophysis hátsó lebenyének valószínűleg nincs saját hormontermelése.

DEMONSTRATION OF THE MAGNOCELLULAR NEUROSECRETORY SYSTEM

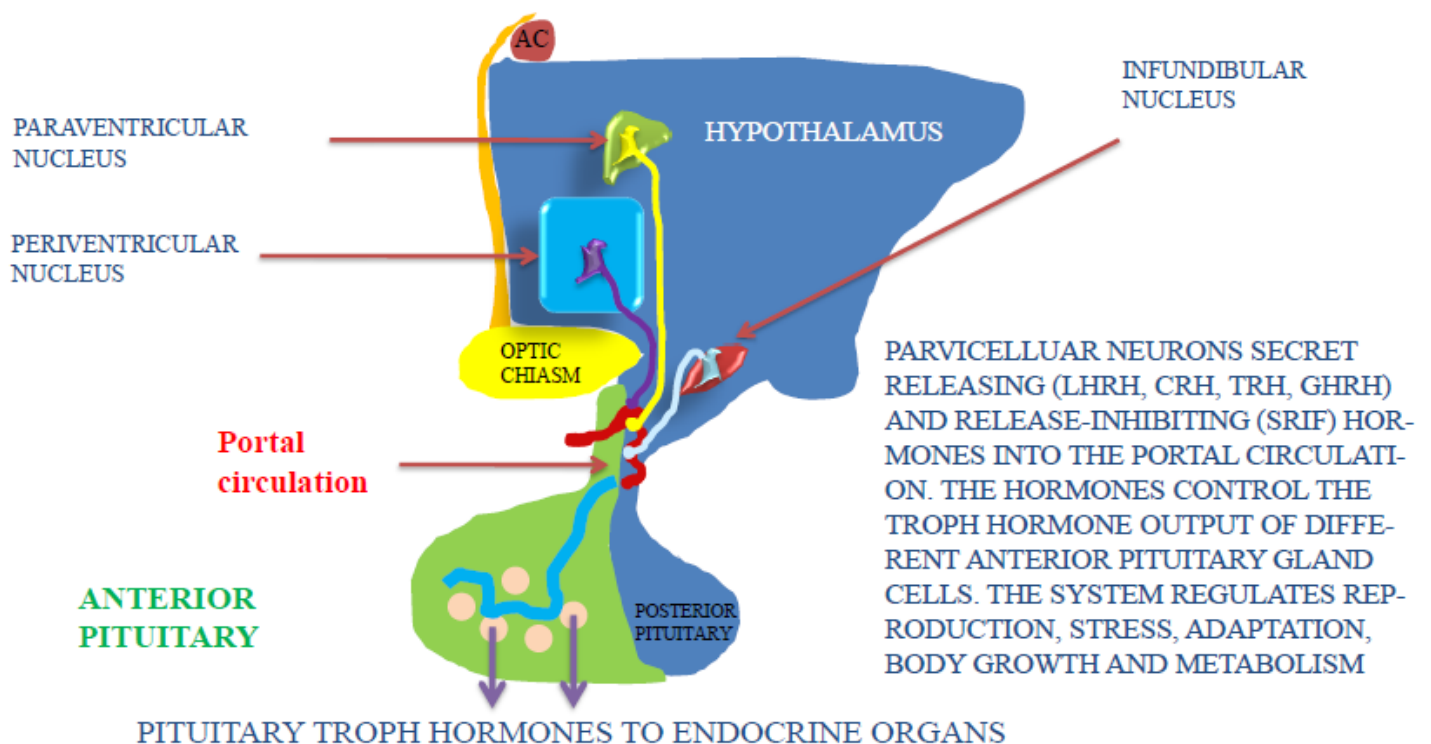


Kissejtes „tuberoinfundibularis” („releasing hormon”) neurosecretiós rendszer:

- **Nucleus arcuatus (AC)/infundibularis** és környéke nagyszámú kisméretű idegsejtet tartalmaz
- A **pars tuberalisban** kapcsolódnak össze az ún. **felső hypophysisartériák** a lefelé az elülső hypophysislebeny szövetét tápláló **portális hypophysisvénákkal**
- **Kapilláris fonat → Hypophysisvénák:** a kissejtes neurosecretos rendszer idegrostjai részben a **dugóhúzóerek** falában, részben a **portális vénák** elé kapcsolt érhálózat egyéb része körül végződnek. Jellemző rájuk, hogy lyukacsos, ún. „ablakos” endotehlet bírva, környezetükből könnyen felvehetnek akár nagymolekulájú anyagokat is.
- A kissejtes neurosecretiós rendszere neuronjai specifikus anyagokat termel, ezek az ún. **releasing hormonok** (vagy faktorok). Ezeket a hormonokat a sejtek axonja, specifikus axon-transportmechanizmus segítségével az **infundulumba** szállítja, ahol a hormonok az axonvégződésekből a **dugóhúzóeszerű erek közelében** ürülnek. Innen a hormonok a dugóhúzóeszerű erek **endothelsejtjeinek „ablakain”** keresztül az erekbe ürülnek, melyek a **vérpálya segítségével** elszállítják őket a **hypophysis elülső lebenyébe**. A hypophysis sinusoidikból kilépve a **releasing hormonok a hypophysis elülső lebenyének sejtjeit** különböző hormonjaik ürítésére és valószínűleg termelésére is serkentik.
- **Releasing hormonok által serkentett hormonok:**
 - a) corticotrophin-releasing factor (CRF) → adrenicorticotrop hormon (ACTH) ürítés és termelés serkentése
 - b) thyreotropin-releasing hormon (TRH) → TSH ürítés serkentése
 - c) GNRH → FSH (tüszőérlelő), LH ürítése serkentése
 - d) GHRH (GH=STH: Somatotrop Hormon), SS → GH ürítés serkentése
 - e) Dopamin → PR (prolaktin) ürítés gátlása
- Ha vérszint magas gátolja az ACTH-termelését, ha alacsony → stimulálja

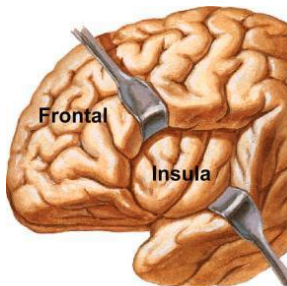
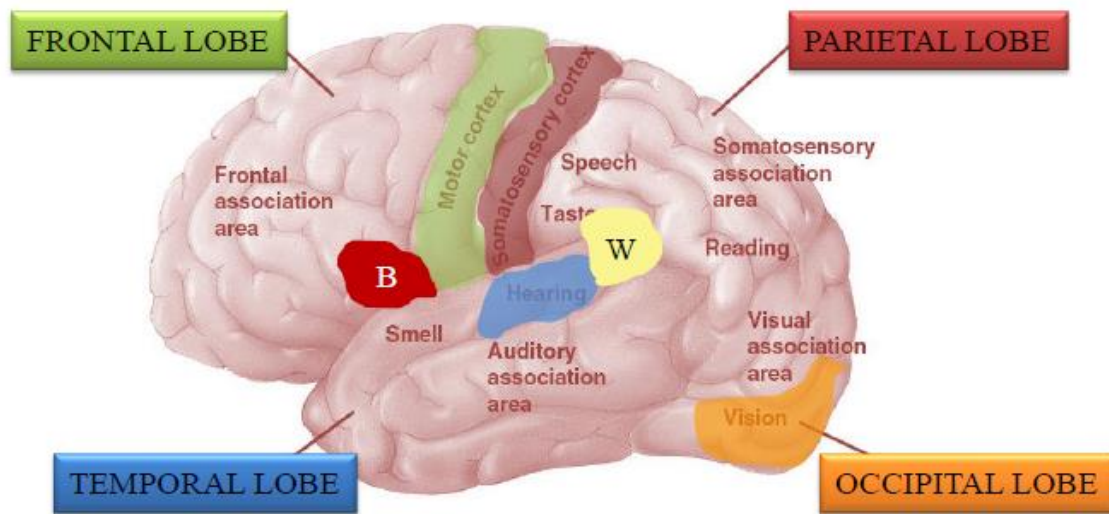
Főbb feladatai: mellékvesét, szaporodást vezérli

ILLUSTRATION OF THE PARVICELLULAR NEUROSECRETORY SYSTEM



22. Nagyagy fő lebenyei, a fehérállományt alkotó rostok fajtái

Lebenyek:



Az INSULA az 5. lebeny, ami ezen a képen nem látszik.

5 lebeny van. Az agykérgen rétegeket különböztetünk meg a bennük lévő sejtek típusa, sűrűsége és elrendeződése alapján. Az egyes kéregterületek szerkezete azonban – az általános rétegezetség megtartása mellett is - a funkcionális különbségeknek megfelelően eltérő.

Fehérállomány rostjai

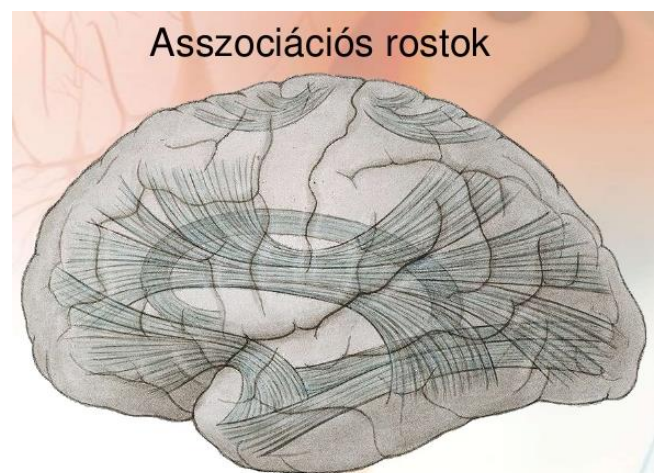
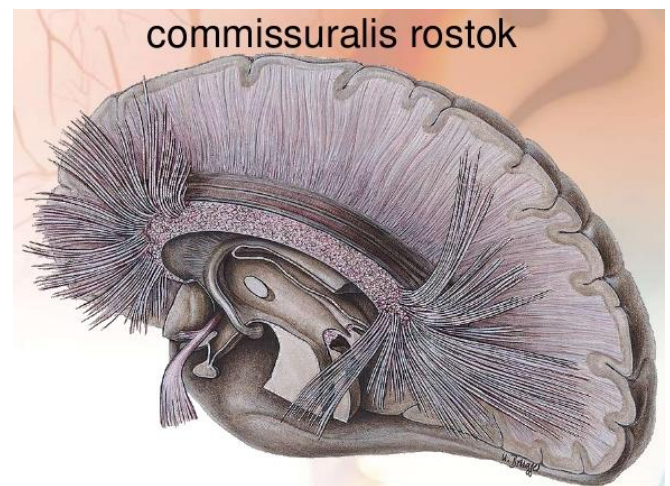
A fehérállomány idegrostjait kapcsolataik alapján három csoportra oszthatjuk:

1. Commissuralis rostok: a két féltéke között

- Corpus callosum
- Commisura anterior/posterior

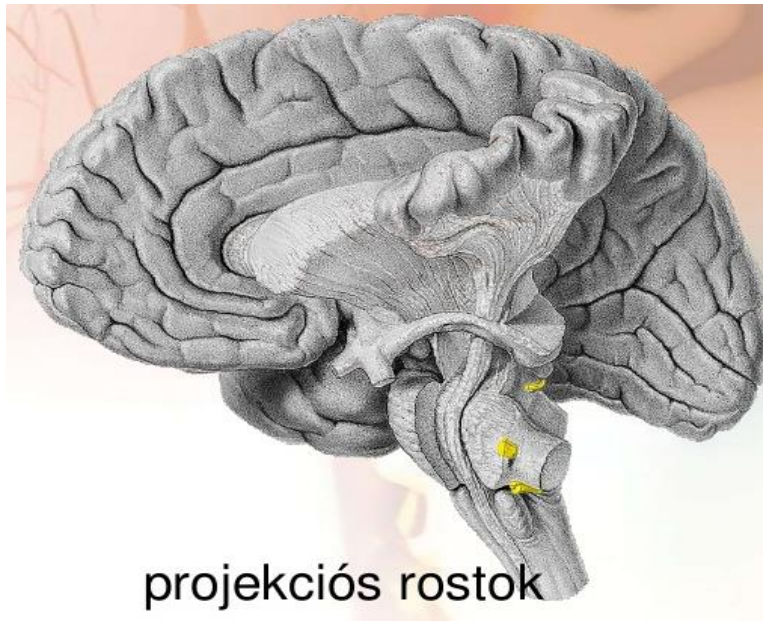
2. Asszociációs rostok: egy féltéken belül

- Fibrae arcute cerebri – U rostok
- Cingulum → Corpus callosumot megkerülő
- Fasciculus longitudinalis superior (frontooccipitalis)
- Fasciculus longitudinalis inferior (frontooccipitalis)
- Fasciculus uncinatus
- Fasciculus arcuatus (beszéd)



3. Projekciós rostok: Az agyból „le” a testbe.

- Corona radiata
 - Capsula internam externa, externa

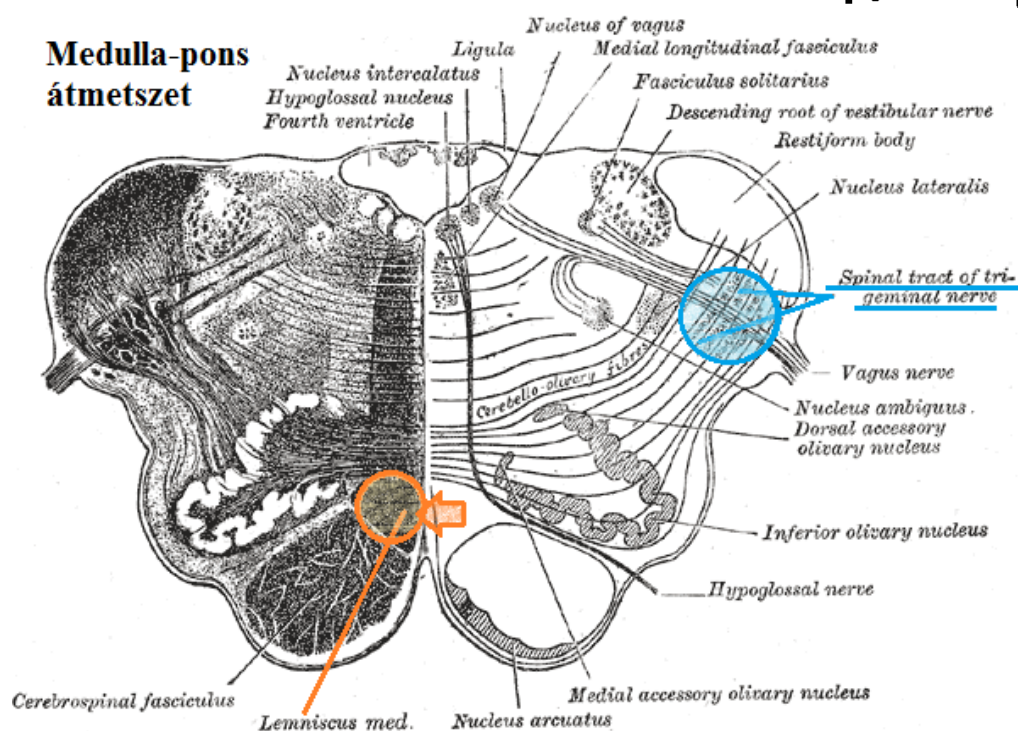
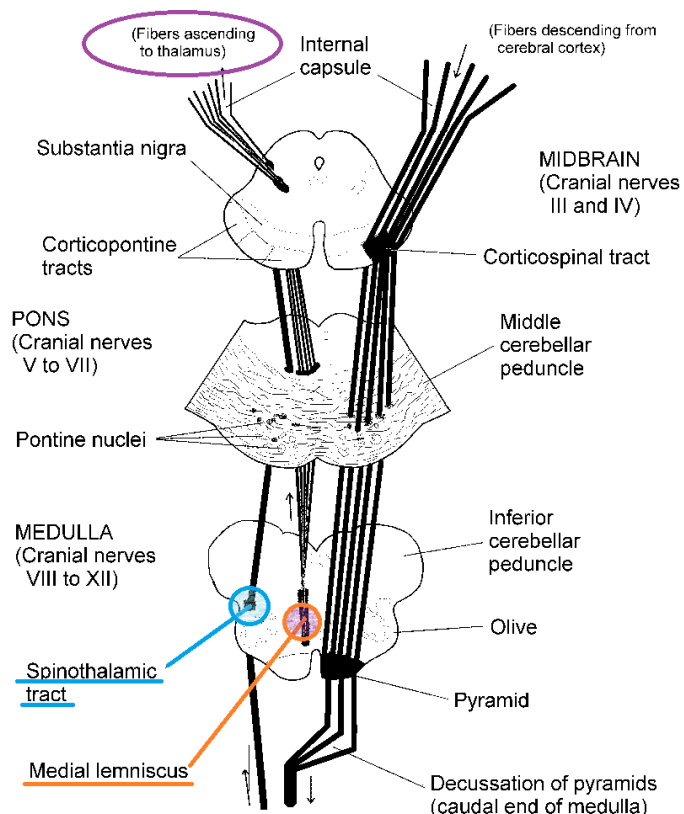


23.1. Az agykéreg anatómiai és funkcionális felosztása

Az érzőkéreg

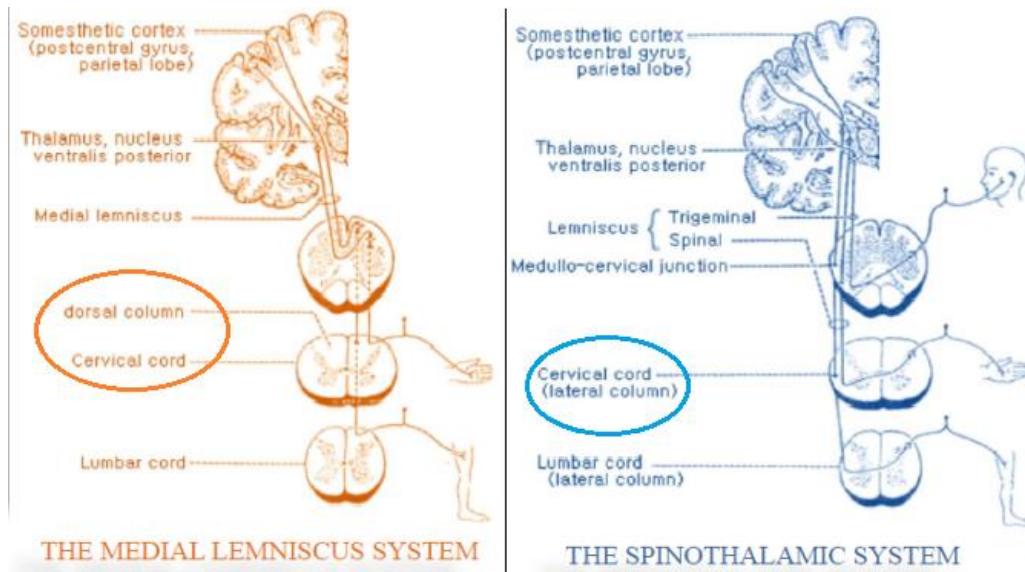
Tapintás, fájdalom, hőmérséklet és tudatos helyzetérzékelés (angolul: CONSCIOUS PROPRIOCEPTIVE STIMULI) gondoskodik a hasznos információkról a környezetünkben lévő objektumokról és a test különböző részeinek helyzetéről.

A test legtöbb részéről 2 **szenszoros rendszer** viszi az információt a receptoroktól a magasabb processzáló központok felé. Az egyik a **spinalis** rendszer, mely **ez elemi tapintásért, hőérzetért és fájdalomért** felelős. Ezzel szemben **lemniscus medialis** rendszer a **bonyolultabb szenzoros információk** szállításáért felel, mint például a **mély tapintás** (tárgy jelege –fém/fa, vizes nedves), **testrész térbeli helyzete, mozgásérzékelése, hőinformációk** (hő leadás/felvétel). Fontos azonban funkcionális különbség mellett megjegyezni, hogy strukturális különbség van a két pályarendszer között. Míg a **spinalis** pálya már a **gerincvelőben átkereszteződik**, addig a **lemniscus medialis pálya** csak a **nyúlóvelőben (medulla)** kereszteződik át (részletezetesebben 26-27. fejezet). Funkcionális szempontból ez nagyon fontos a féloldali sérülések esetében.



A fejrésről, a **trigeminális** és a **dorzális trigeminális** rész viszi a szenzoros információt a **thalamuszhoz**.

- a **spinotalamikus rendszer** → **trigeminális**
- a **mediális lemniscus rendszer** → **dorzális trigeminális**

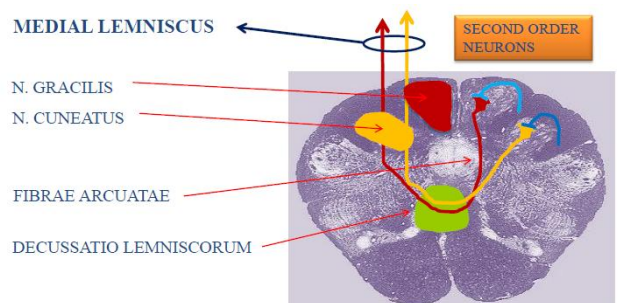


Medial lemniscus	Spinothalamikus
tapintás érzet a stimulus helyének magas fokú meghatározásával	fájdalom
tapintás érzet az intenziás mértékének továbbításával	durva tapintás és nyomásérzet
a bőrrel való érintkezés, mozdulat („bőr elleni mozdulat”)	hőérzet (hideg, meleg)
vibráció	szexuális érzet
helyzet érzet	csikis érzet
nyomás érzet, nyomás mértékének magasfokú érzése	viszketés érzet

A rendszerek keresztezettek és multiszinaptikusak

Kapcsolódnak a thalamus **szenzoros központjához**, a ventral postero-medial és hasi postero-lateral központokhoz.

Az általános szenzoros információ fő processzáló oldala az elsődleges szomatoszenzoros agykéregben található a parietális lebeny postcentralis gyrusában: Brodmann terület 3,2,1

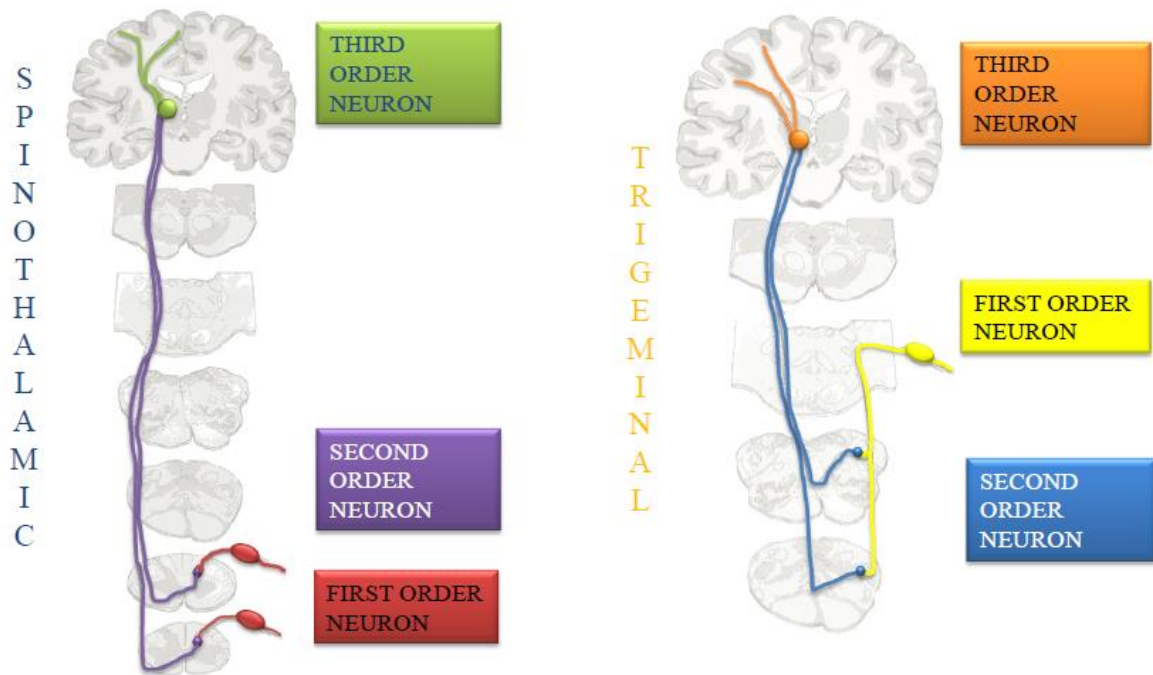


A mediális lemniscus rendszer eredete és lefutása

(graciális → alsó végtag főként, cuneatus → felső végtag főként)

Funkciójuk ugyanaz: - szenzoros fényérékelés, vibráció, 2-pontú diskrimináció, pozíció érzékelés

A végződésben vannak különbségek.



Az elsődleges kérgi érzőközpont

A központi barázda mögötti tekervényben helyezkedik el. Ide fut be valamennyi, a környezetből felvett és a test belső világából származó információ. Az egyes testrészek szigorú meghatározottsággal vetülnek a megfelelő kéregterületre. A felismerést szolgáló érzéskvalitások impulzusai a **gyrus postcentralisból** a különböző emlékképeket tároló **másodlagos érzőközpontokba** jutnak. Ezek az **emlékképek** (engrammok) a tárgyak kinézetéről, hallott vagy leírva látott szavakról, érzékszervi benyomásokról (látási, hallási, szaglási...stb) **tárolják az információt**.

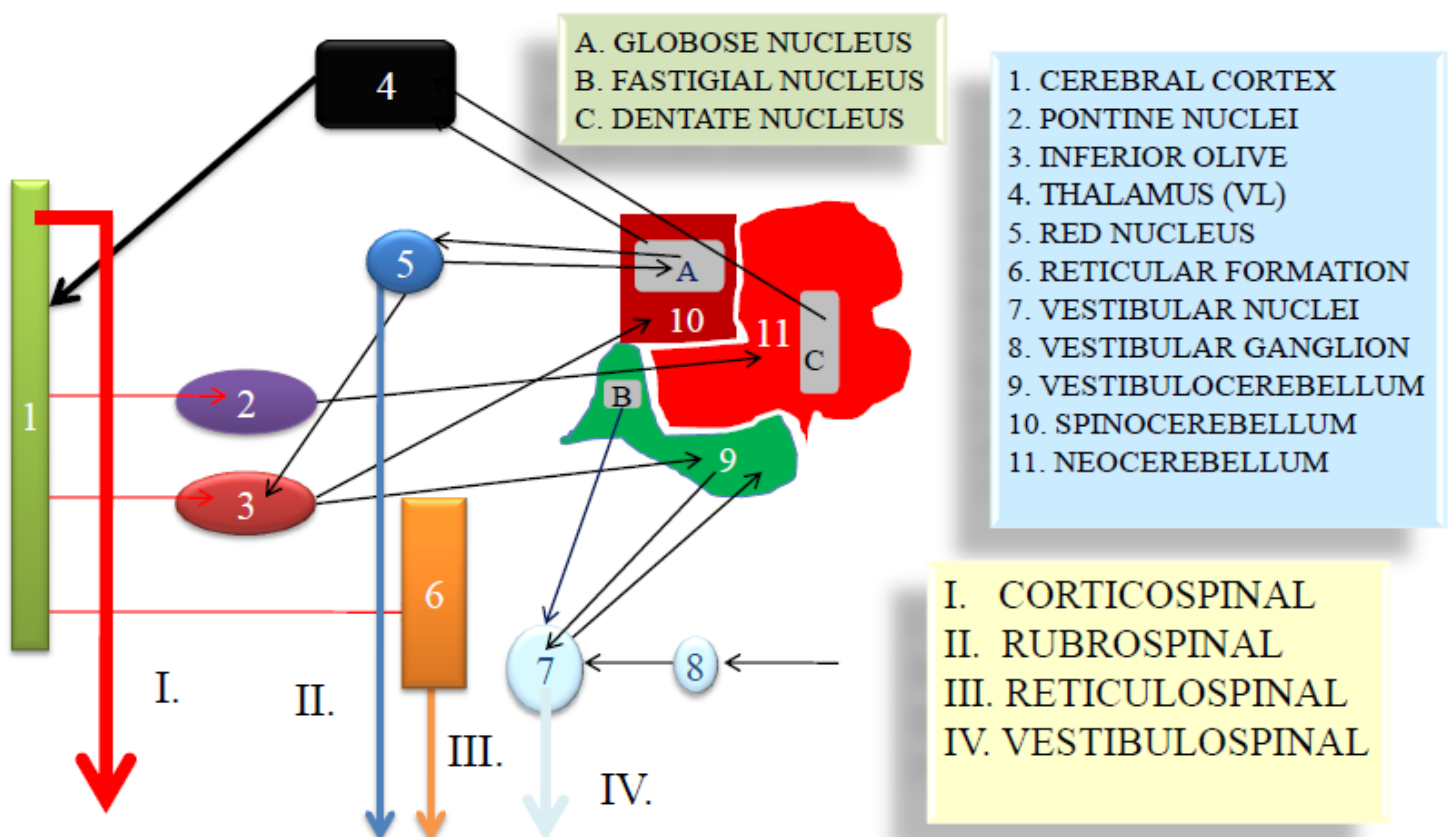
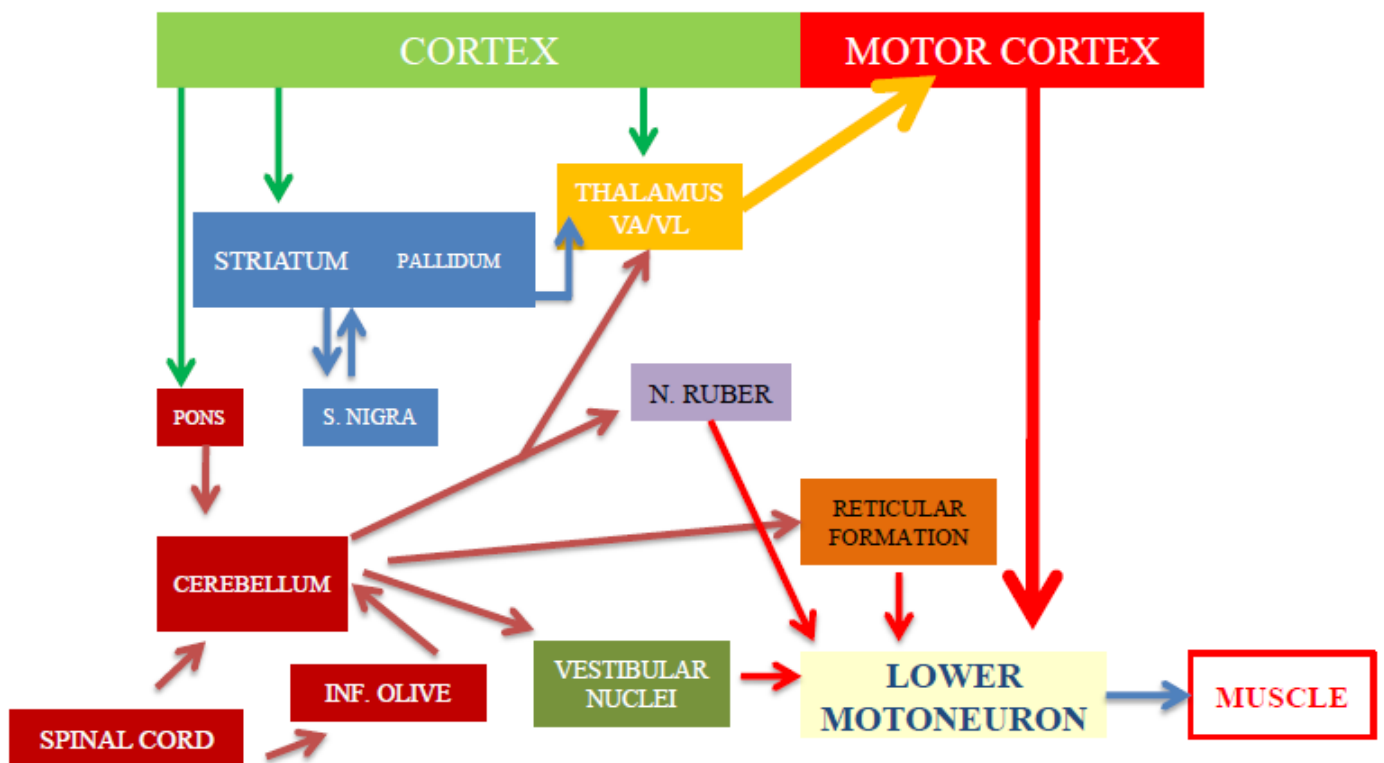
A látó központ

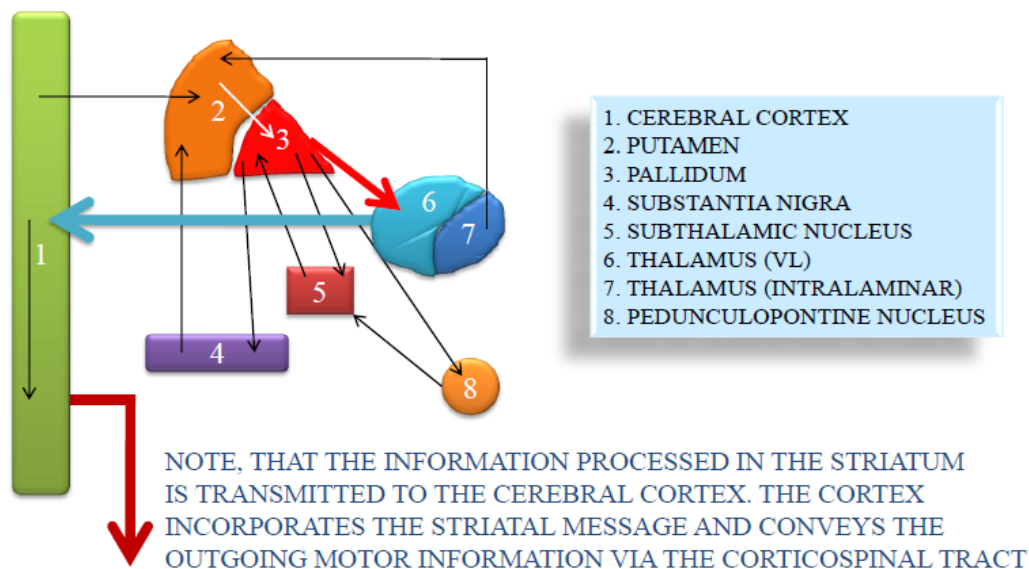
A látás elsődleges kérgi központja a **nyakszirti lebeny** mediális felszínén helyezkedik el. Ide futnak be a szem ideghártyája felől felvett impulzusok. A látott kép felismerése az elsődleges központ körüli **másodlagos kérgi központokban** megy végbe, ahol a látási emlékképek vannak tárolva. Ez utóbbi központ sérülése esetén a beteg látja ugyan a tárgyakat, de nem képes felismerni őket. Hasonlóképpen **másodlagos optikai centrum** a fali lebeny területén elhelyezkedő olvasáscentrum, amely a szóképek tárolásának helye. Kiesése → a látott szavakat nem képes felismerni, és az olvasott szöveg értelmetlen marad.

A halló központ

A hallás elsődleges kérgi központját a **felső halántéki tekervénybe** lokalizáljuk. Itt történik a fül felől érkező hangimpulzusok felvétele. A hangok hallási emlékképek alapján való felismerése az elsődleges központ körül elhelyezkedő **másodlagos kérgi központhoz** kötött. Ez utóbbival áll szoros összefüggésben a szenzoros beszédközpont is, amelyben a szavak akusztikus emlékképei tárolódnak. Sérülése (szenzoros afázia) esetén a beteg hallja a szavakat, de mintha egy számára idegen nyelv szavai volnának, nem érti őket. Ez következményesen a motoros beszédközpontra is kihat, és a szavak helytelen kiejtéséhez vezet.

Mozgatókéreg





A motoros kérgi központ

A központi barázda előtti tekervény területét foglalja el. Innen indulnak ki az **akaratlagos mozgató impulzusok** a piramispályarendszeren keresztül a vázizmokhoz. Az egyes izomcsoportoknak pontosan körülírt lokalizációjuk van. E lokalizáció kiterjedtségét a mozgás milyensége határozza meg. A finomabb, sokirányú mozgásokat kivitelező izmokat tömegükhöz képest sokkal kiterjedtebb kérgi mező (mozgásirányító központ) képviseli.

A körülötte lévő kéregterületek az **extrapiramidális rendszerhez** tartoznak, és a kéregalatti központokhoz adnak motoros impulzusokat. Mindezek a központok elsődleges kérgi motoros központok, tekintve hogy belőlük hosszú leszállópályák erednek.

Az elsődleges kérgi motoros központok szomszédságában helyezkednek el a **másodlagos kérgi motoros központok**, amelyek az egyes mozgásokkal kapcsolatos emlékképeket tárolják. Kiesésük, sérülésük esetén bizonyos cselekvések ép izomzat ellenére is kivihetlenné válnak → apraxia (pl.:írásképtelenség).

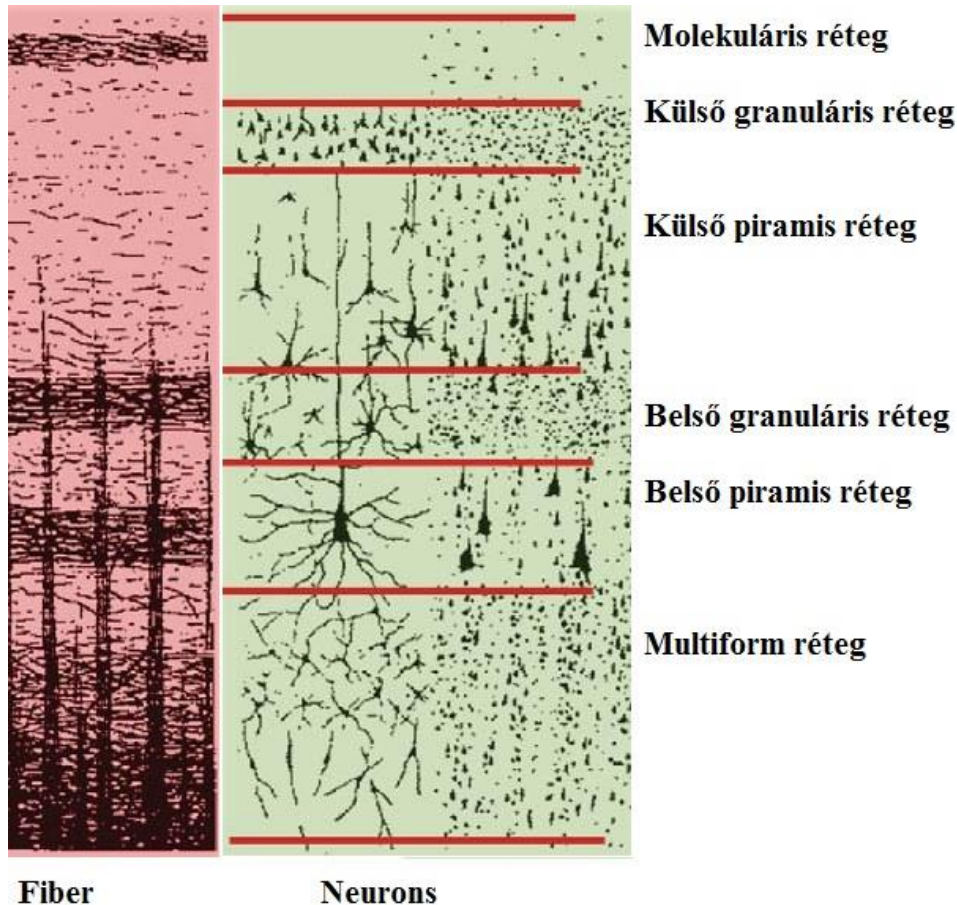
Előbbieken kívül vannak még egyéb motoros kérgi mezők, így a homloklebenyben elhelyezkedő „tekintő központ”, amely a két szemgolyó együttmozgását, az oldalra tekintést és a vele járó fejforgást irányítja.

Ugyancsak a homloklebenyben, de csak egyik oldalon (jobbkezeseknél a baloldalon) helyezkedik el a **beszéd motoros központja**. Ez tárolja a hangképzéshez, a beszédhez szükséges motoros mintázatokat és adja az impulzusokat az elsődleges motoros kéreg közvetítésével a gége-, az ajak-, a szájpád- és a nyelvizmokhoz. A beszédközpont mintegy a „beszéd mérnöke”. Sérüléskor (pl agyvérzés) a beteg beszédképtelenné válik, jóllehet mindent ért, hangképző berendezése sértetlen, mégis a szavak kiejtése lehetetlen. (ún motoros afázia)

//piramispálya-rendszer magába foglalja a gerincvelői ideg által ellátott akaratlagos motoros funkciók leszálló pályáin kívül valamennyi motoros agyidegmaghoz haladó pályákat is

23.2. Az agykéreg rétegei, regionális eltérések. Az agykérgi kolumnák szerkezete.

Az agykéreg rétegei



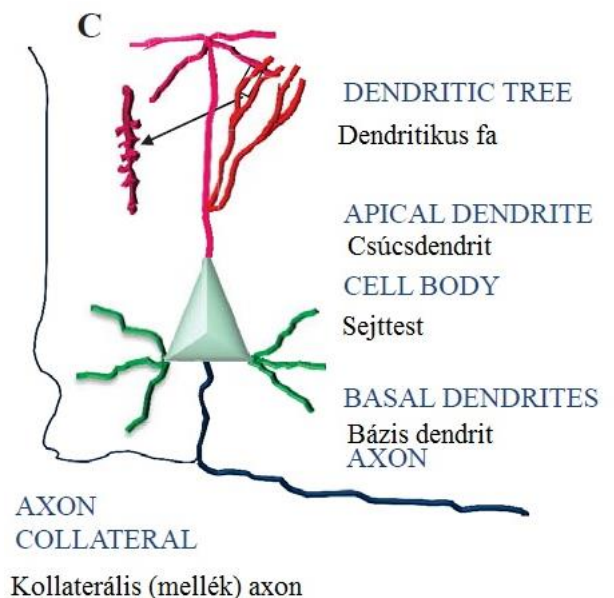
Corpus callosum – kérgestest

- 2 agyféltekét összekötő pályarendszer
- minden agykérgi sejtnak van egy collaterális ága, ami a kérges testen átmegy a másik féltekébe

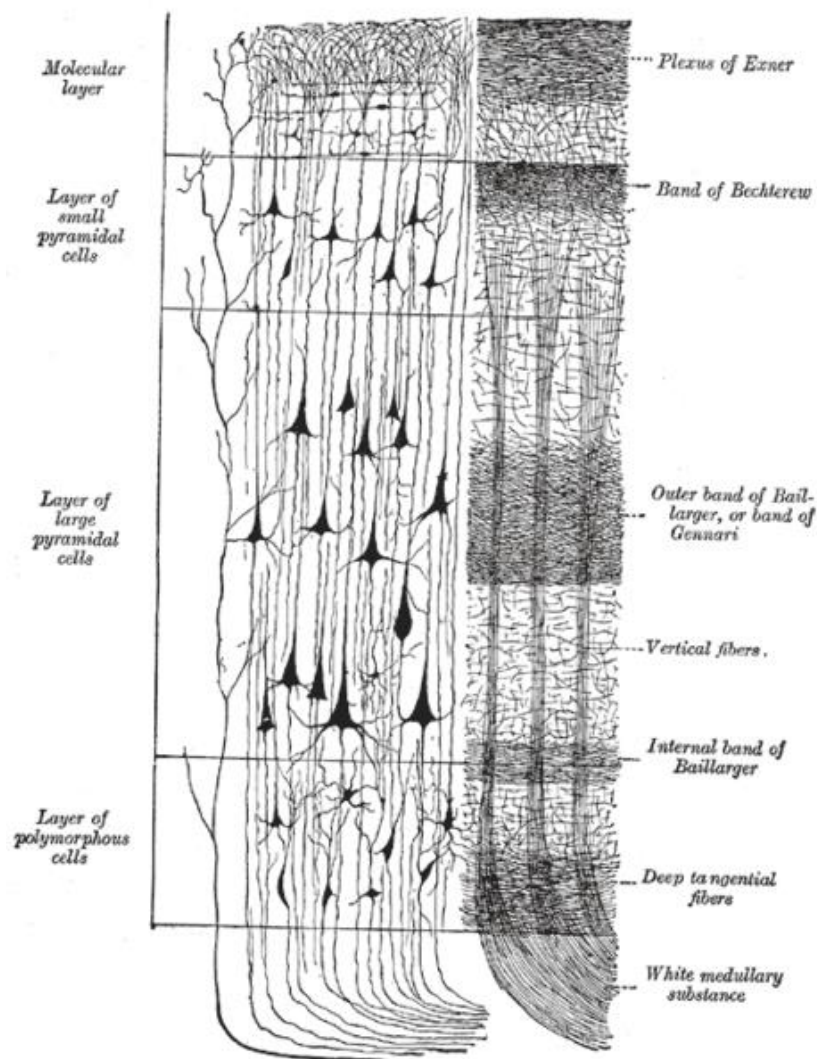
Az agykéreg működési alapegységei a felszínre merőleges, oszlopszerű, egymástól élesen el nem határolódó kérgi egységek, melyek dinamikusan változnak.

Az agykéreg rétegei, a felszíntől kiindulva:

1. **Felszíni molekuláris réteg** (*Stratum zonale*). A felszínnel párhuzamosan elrendeződött rostok sűrű hálózatából áll.
2. **Külső szemcsés réteg** (*Stratum granulosum externum*). Főleg kis pyramidalis sejteket és csillagsejteket tartalmaz.



3. **Külső pyramidalis réteg** (*Stratum pyramidale externum*). Pyramidalis sejtek alkotják, amelyek a réteg mélyebb részei felé haladva egyre nagyobbak. A csúcsi dendritek a molekuláris rétegbe nyúlnak, az axonok belépnek a fehérállományba, mint projekciós, asszociációs vagy commissuralis rostok.
4. **Belső szemcsés réteg** (*Stratum granulosum internum*). Viszonylag tömören elrendeződött csillagsejtekből, és nagy számú horizontális rostból áll. (Ezek együttese a (külső Baillarger sáv).
5. **Nagy pyramidalis sejtek rétege** (*Stratum pyramidale internum; gangliosum*). Nagy és közepes méretű pyramidalis sejteket tartalmaz, valamint sok horizontálisan rendeződött rostot (belső Baillarger sáv). Igen nagy pyramidalis (Betz-féle) sejtek vannak gyrus precentralis motoros kérgi mezőjében. Innen indul ki az akaratlagos mozgatópálya (*pyramispálya*) meghatározó része.
6. **Változatos alakú sejtek rétege** (*Stratum multiforme*). Változatos alakú apró sejtekből, valamint ki- és belépő idegrostokból áll. (Az 5. és 6. réteg határán van a belső Baillarger sáv).

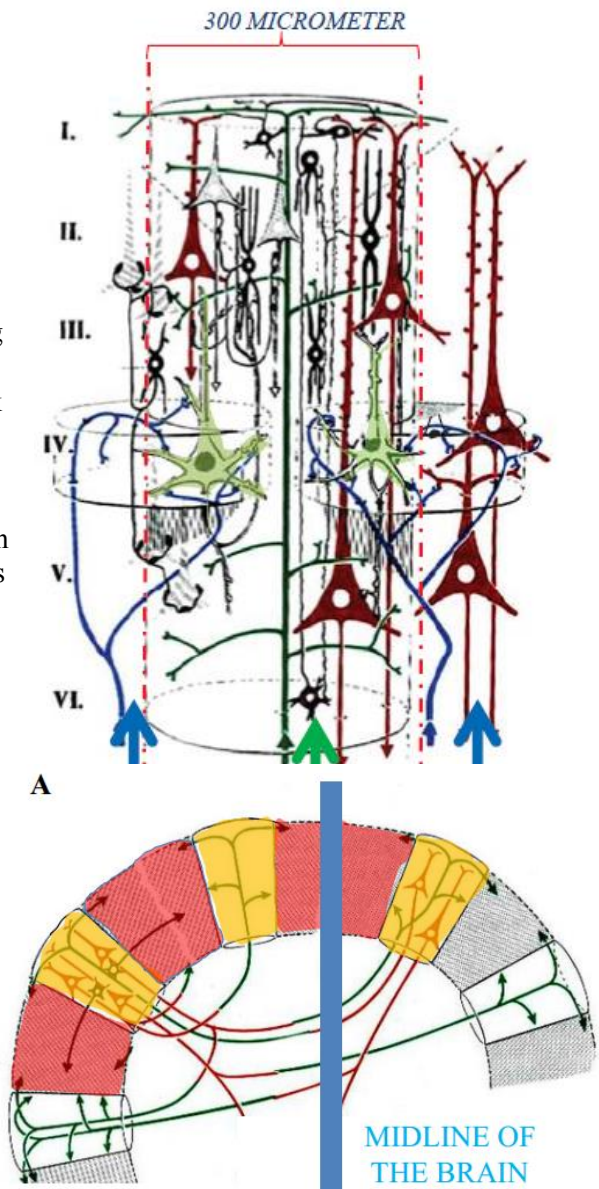


Az egyes agykérgi területeken a rétegek felépítése ettől eltérő. Az azonos felépítésű rétegek által elkülönült területek alapján „készült el” a **Brodmann térkép**.

Több fajta gátló **interneuron** különböztetünk meg a strukturális, elektrofiziológiai és kémiai tulajdonságaikra alapozva. Az interneuronok kifinomult útvonalat építenek ki a fő neuronokkal és továbbítják az információt, amiket a specifikus és nem specifikus afferensek „hoztak” a piramidális sejteknek. **Fenotípusban gazdagok**. A legismertebb interneuronok a basket, chandelier, stellate, Retzius-Cajal and Martinotti sejtek.

Az agykérgi kolumna

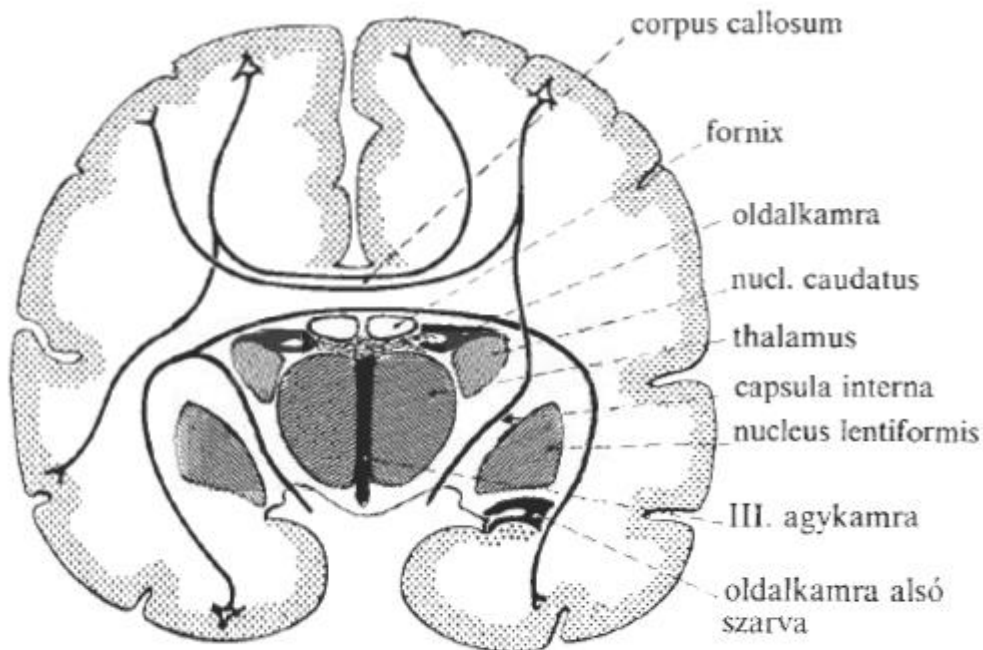
- A kortikális oszlop körülbelül 300 mikrométer széles és a magassága megegyezik az agykéreg magasságával (2.5-3 mm). Mindegyik kb 5000 neuront foglal magában. Hozzávetőlegesen $2 \cdot 10^6$ kortikális modul van az emberben.
- Rendszer specifikus afferensek és a cortico-cortical afferensek táplálják a kortikális oszlopot. Az előbbi idegrostok a középső területen vannak, az utóbbiak pedig az oszlop felületi részén.
- Néhány fajta interneuron feketén látható. A csillarsejtek zöld axonjai axo-axonikus kapcsolatot alkotnak a piramidális neuronokkal.
- Az inger (gerjesztés) az oszlop tetején és alján laterálisan (oldalirányban) terjed, míg a középső részben az oldal irányú információ terjedése korlátozott gátlás miatt.
- Az oszlopból való kiáramlásról a piramis sejtek axonjai gondoskodnak. A III. réteg sejtjei asszociatív és commissurális, míg az V. réteg hatalmas Betz piramidális neuronjai adják a leszálló kapcsolatokat.
- A kép a kolumnák ipsilaterális (azonos oldali) és kontralaterális (átellenes) kapcsolatait mutatja: cortico-cortical hálózat.
- Jól látható, hogy e kapcsolatok esetében a piramis sejtek „output”-jai (piros vonalak) lesznek egy másik oszlop „input”-jai (zöld vonalak).
- A képről az is kitűnik, hogy egy aktív (sárga) oszlop mellett minden esetben inaktívak (pirosak) helyezkednek el. A jelenség a kollaterális (párhuzamos) gátlás, okozói a kosár sejteken keresztül történik.



24. A törzsdúcok elhelyezkedése, capsula internán átfutó nagyobb pályák

Törzsdúcokhoz tartozó agyrészek

Törzsdúcok: Az agy hemiszféréiben, a telencephalon homorulatának mediális oldalán felszaporodó sejttömegek a fehérállománnyal együtt a diencephalonra lenövő nagy központi magvakat hoznak létre. Ezek a törzsdúcok.



8/49. ábra. Az agyféltekék fehérállománya erősen sémás frontális met-szeten

Nucleus caudatus (farkosmag):

Az oldalkamra homorulatánál fekszik, mediális részén összenő a thalamusszal, és majdnem teljesen körülöleli.

Laterálisan szövethidak kötik össze a **nucleus lentiformisszal**.

Nucleus lentiformis (lencse-mag):

Külső része a **putamen**, belső része a **globus pallidus**.

N. caudatus + n. lentiformis = corpus striatum

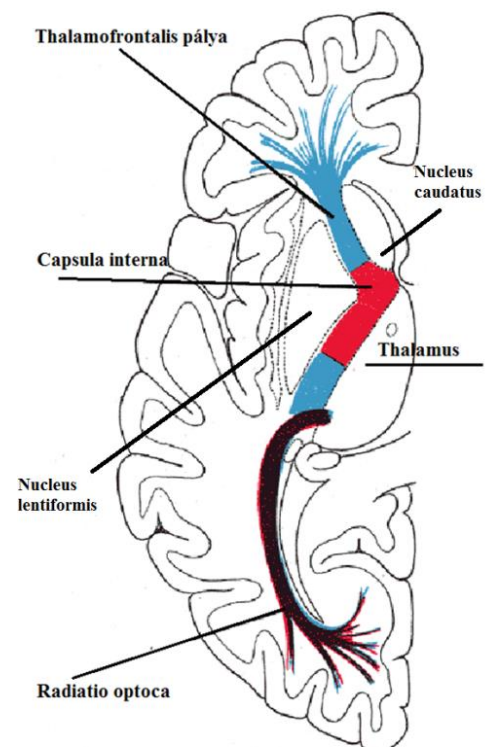
Clastrum

N. lentiformistól oldalra fekszik.

Amygdala

Limbikus rendszer része.

Szagló traktus érkezik be, majd továbbítódik a jel a orbitofrontális kéregnek, hippocampusnak, vagy a hypothalamusnak.

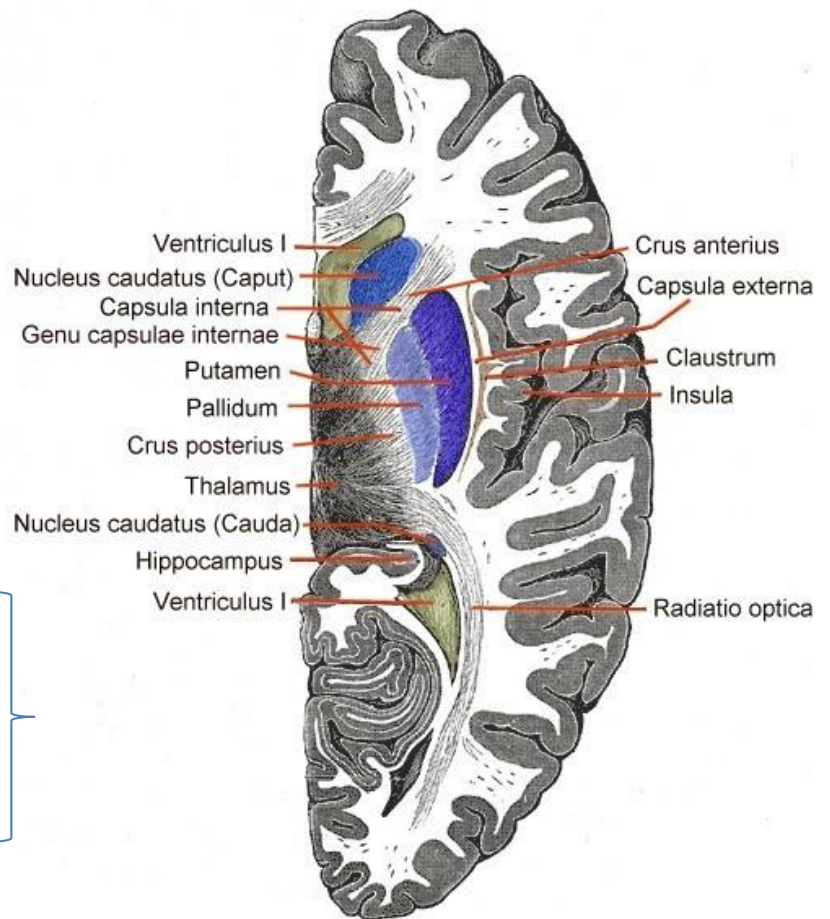


Funkcionálisan ide tartozik még:

- **Nucleus ruber** (red nucleus): Frontális lebenybe, kisagyba vetül a pályája.
- **Substantia nigra:** Striatumba, raphe magokba vetül a pályája.

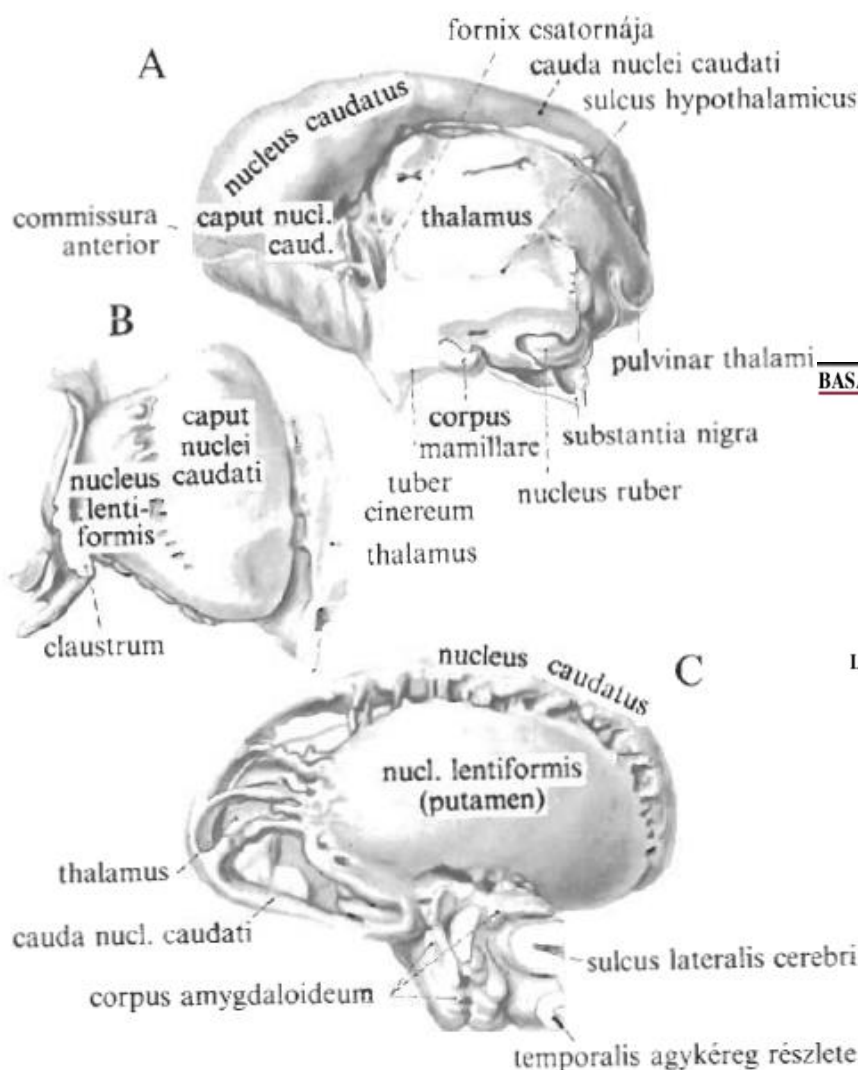
Capsula internán átfutó pályák

- Pendunculus thalami (oda-vissza kapcsolat agykérgi lebenyekkel)
- Tr. frontopontius
- Tr. corticobulbaris
- Tr. corticomesencephalicus
Corona radiata
- Piramispálya
- Optic radiation
- Acoustic radiation

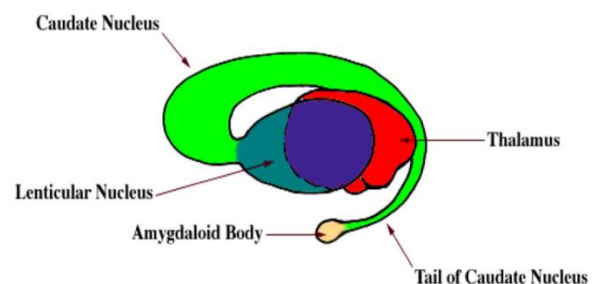


A bal oldali ábrán az agyvelő dúcai láthatóak (Klinger rekonstrukciós modell nyomán)

- A. Medial felől
- B. Előlről
- C. Lateral felől nézve



BASAL GANGLIA



25. A hippocampális formáció alkotóelemei, három-neuronos kapcsolatrendszere

A hippocampus elhelyezkedése, funkciója

Szenzoros információk magas szintű processzálását végzi, amit asszociációs kérgi területekről „gyűjt be”. A limbikus rendszer határozza meg az emocionális hangoltságunkat, jó-vagy kevésbé jó kedvünket, hangulatainkat. A limbikus rendszer „kimenete” döntően a prefrontális kéreg, a hypothalamus, illetve azok a kérgi területek, melyek a viselkedés tervezésében játszanak döntő szerepet, beleértve motoros válaszaikat is. A limbikus rendszer határozza meg /állítja be egy adott stimulusra, külső ingerre a megfelelő, (adequat) választ, különös tekintettel az egész emocionális kontrolljára/színezetére.

A limbikus rendszer központi neurális kapcsolókészüléke a hippocampális formáció, mely a parahippocampal gyrusból és a hippocampusból áll. A hippocampus az előagy egy része, a halántéklebeny található képlet, mely a deklaratív memóriáért felelős. A hippocampusz három CA szektorra osztható. 3 sejtrétegből épül (mint a többi archykortikális rész az agyban): molekuláris réteg, piramis és szemcse sejtek rétege.

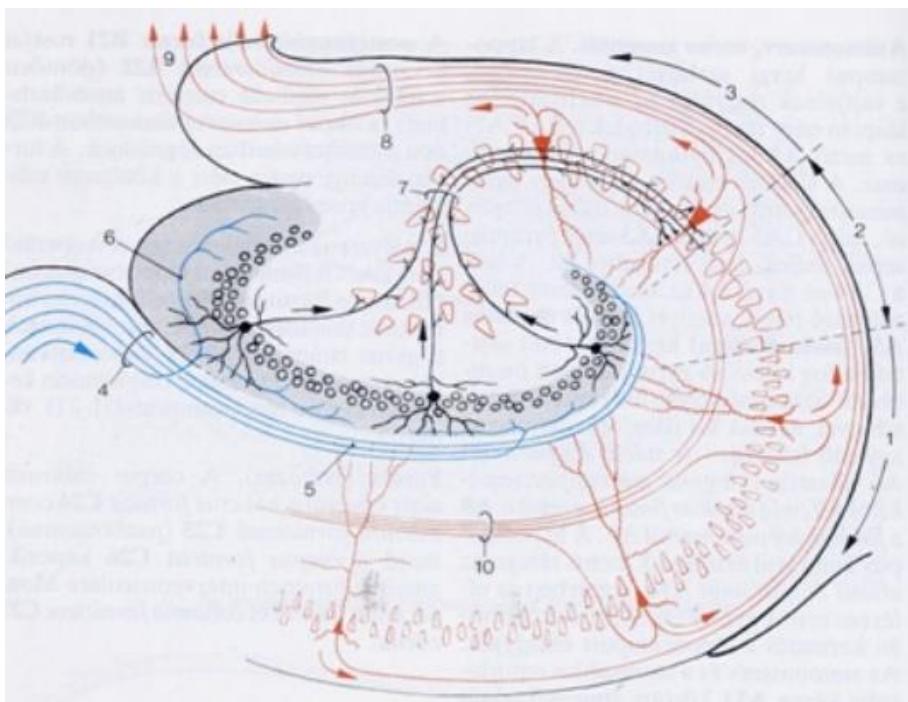
Hippocampus=GD+CA (gyrus dentatus+cornu ammonis)

A „három-neuronos” kapcsolatrendszer

A hippocampal formatio afferense a perforáns pálya. Rostjai kisebb részben direkt kapcsolatba lépnek a CA3 szektor piramis sejtjeivel, nagyobb részben a dentate gyrus szemcsesejtjeivel alkotnak szinapszist.

A szemcsesejtek axonjai (moharostok) a piramis sejtekkel (CA3 szektor) lépnek kapcsolatba. És kisebb mértékben beidegzik a CA3 interneuronokat is.

A CA3 piramis sejtek axonjai egymással rekurrensen vannak beidegezve, autoasszociatív hálót alkotnak (ez felel a memórianyomok beégéséért), elágazásaik, a Schaffer-kollaterálisok a CA1 szektor piramis sejtjeivel kommunikálnak. Ezután a CA1-ben lévő piramis sejteknek axonjai nagyrészt a fornixon keresztül a hypothalamusba kerülnek.



26. Érzőrendszer: hő, fájdalom és felületes tapintás érzetének kialakulása, pályarendszerek és agykérgi reprezentáció

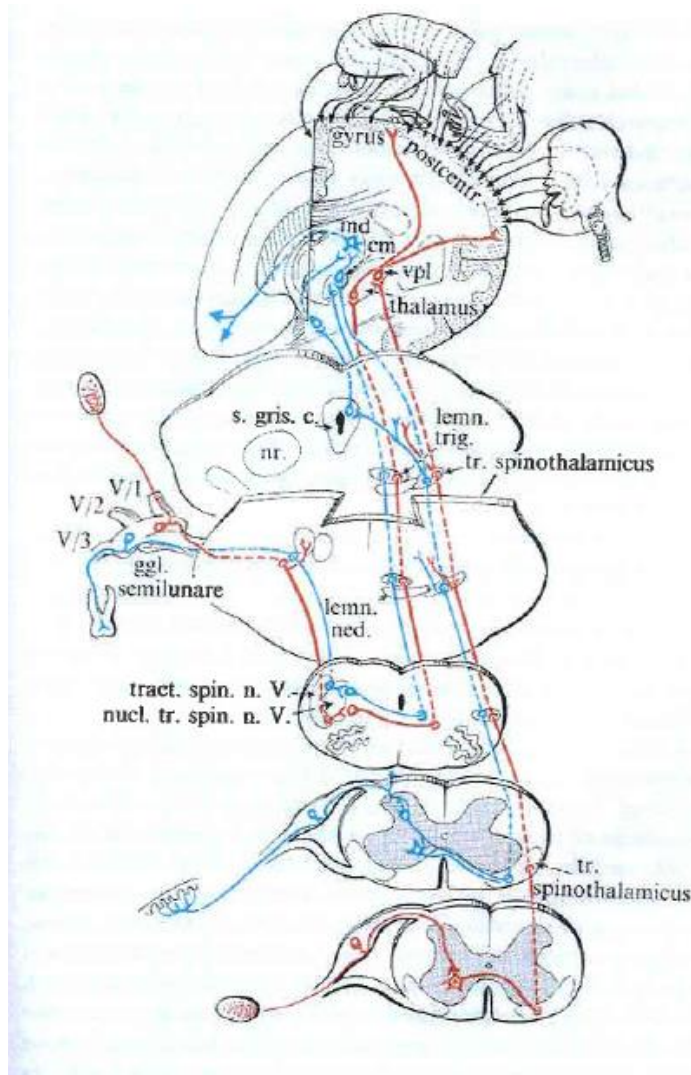
Edinger pálya - Tractus Spinothalamikus:

Funkciók:

- fő érző pálya
- fájdalomérzés
- szövetkárosító ingerek
→ **min. harmadlagos neuronok**
- felületes érintés
- hőmérséklet
- nyomás a bőrön
- viszketés
- csiklandozás
- szexuális érzések
→ **másodlagos neuronok**

A spinothalamicus felszálló pályarendszer a bőrszelvényeknek a gyrus postcentralisre való somatotopias vetülésének sémás ábrázolásával. **Kék: a fájdalom pályái; piros: a hőérzés (és a felületi tapintás) pályái.**

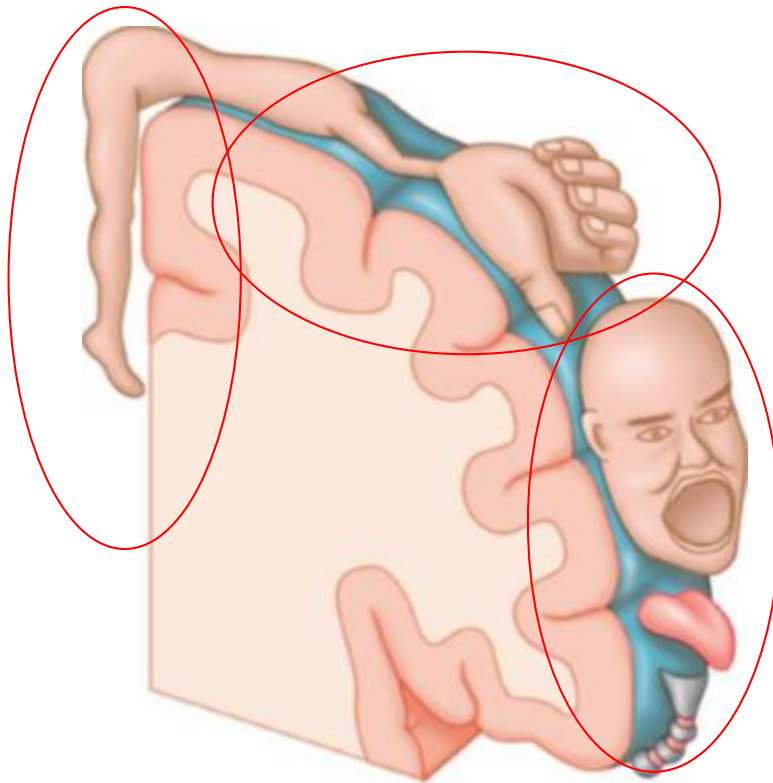
A **kék** színnel jelzett **fájdalomvezető pályák** lefutás más, mint a **hő-, elemi tapintásérzet** közvetítő rostoké. Ugyanis az többiek végül a **thalamus VPL és VMP-ben** végződnek, innen pedig indul a spinothalamicus rendszer utolsó kérgi projekciós neuronja, ez a **capsula internaba** lépve, függőlegesen sugárzik szét gyrus **centralis posteriorba**. Ezzel szembe **fájdalomvezető** pályák a **VPL-VPM magcsoportól** dorsomedialisan, a **centrum medianuimban** végződnek (**CM**) és a thalamus specifikus magvait elválasztó **lamina medularisban** elszórt idegsejteknél érik végüket.



Pályák

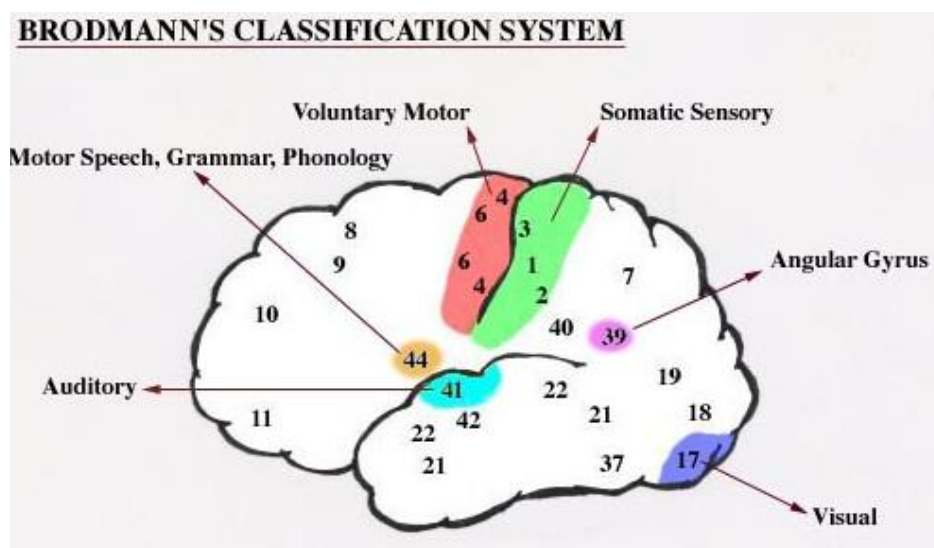
	Fájdalom	Hő, elemi tapintás
1.	gerincvelő hátsó szarva (I, IV, V laminák): már itt van egy feldolgozás	gerincvelő hátsó szarva (I, IV, V laminák): már itt van egy feldolgozás
2.	gerincvelő elülső szarvába átkereszteződik (VII, VIII laminák)→ 2 neuron	gerincvelő elülső szarvába átkereszteződik (VII, VIII laminák)→ min. 3 neuron
3.	híd → tr. spin. n. V (arcról érkező): V/1	híd → nucl. tr. spin. n. V (arcról érkező): V/3
4.	mesencephalon	
5.	Centrum medianum (CM)	VPL med. (VPM)→felső végtagok VPL lat. →alsóvégtagok
6.	Thalamus spec. magvai	Capsula interna
7.	Frontal cortex	Agykéreg somatosensoros része → Posteral

Pályarendszerek agykérgi reprezentációja



Ábra értelmezése:

1. Három részre osztható:
 - 1) nyak feletti
 - 2) csípő feletti
 - 3) csípőtől lefele
2. A groteszk ábrázolás arra utal, hogy a bőrterület felülete és a kérgi vetület nincs arányban



27. Érzőrendszer: diszkriminatív, mély tapintás érzetének kialakulása, pályarendszerek és agykérgi reprezentáció

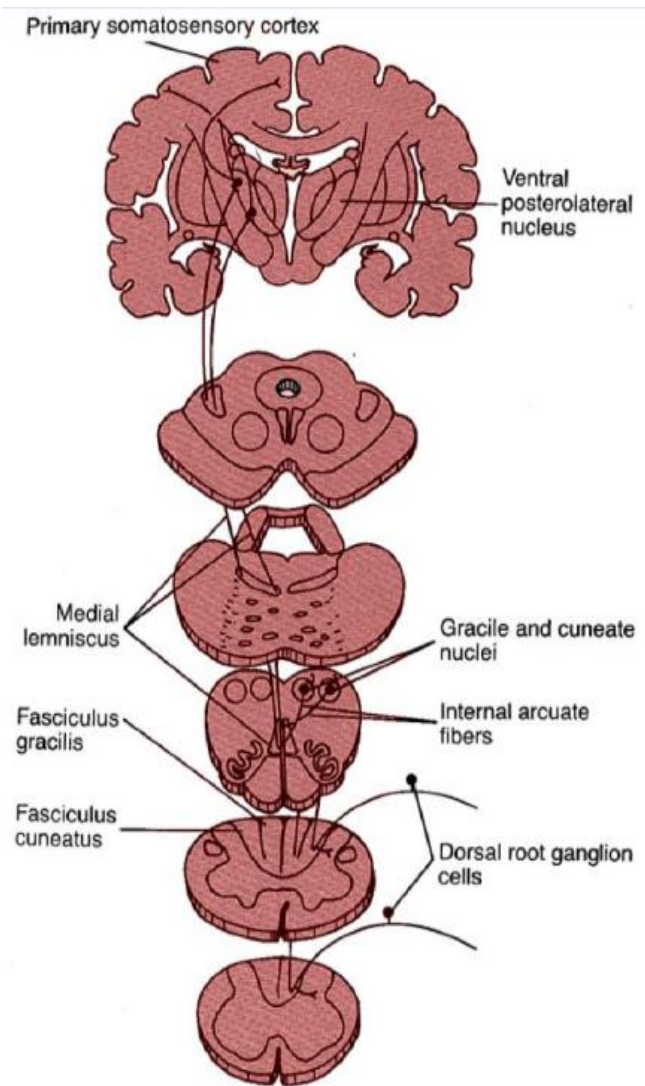
Lemniscus medialis

Funkciók

- bonyolultabb tapintás (tárgy jellege – fém/fa, vizes/nedves)
- testrész térbeli helyzete
- mozgás érzékelése
- hő információk: hő leadás/felvétel

Pálya

1. A lemniscus medialis pálya ugyanúgy, mint a spinothalamicus, a gerincvelő szenzoros ganglion sejtjeiből ered. A különbség, hogy amíg a spinothalamicushoz tartozó rostok a gerincvelőben átkereszteződnek (és hasi oldalon szállnak fel) és átkapcsolódnak, addig a lemniscus medialis pályái **nem kereszteződnek át és nem kapcsolódnak át**, és az **ipsilaterális (azonos oldali) fasciculus gracilis és fasciculus cuneatus** pályákon szállnak fel.
2. A fasciculus gracialis és a fasciculus cuneatus is a dorsal (hátdoldali) funiculus részei. A **fasciculus cuneatus** a **felső végtagokból**, a **fasciculus gracilis** az **alsó végtagokból** szerzett információkat szállítja.
3. A medullában (nyúlvelőben) a **fasciculus gracialis** pálya rostjai a **nucleus gracilisba**, a **fasciculus cuneatus** pálya rostjai a **nucleus cuneatusba** mennek. A **kereszteződés e magokból kiindulva történik, ugyancsak a medullában**.
4. A pálya ezután a **thalamus VPL** (ventral posterolateral) régiójába megy.
5. A pálya az agykéreg **szomatoszenzoros** részében ér véget. Erre azért van szükség, mert a **bonyolultabb információkat** (hideg-meleg, nedves-száraz) nem feltétlen ingerelt receptorok alapján ismeri fel az idegrendszer, hanem több lépéses elemzés alapján. Ez történik a cortexben.

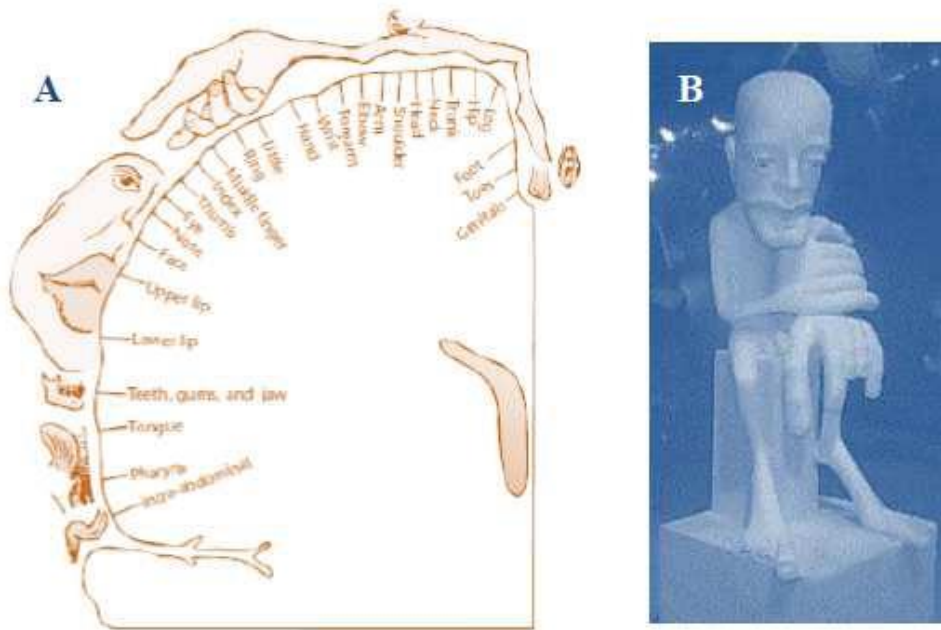


Érző homunculus

Az alapelv emögött az, hogy az elsődleges szomatoszenzoros kérgen a különböző testrészekről **befutó információk jól definiáltan elválasztható helyekre futnak be.**

Minél **több és pontosabb jel** fut be egy testrész felől, annál **fejlettebb** az adott régióhoz kapcsolódó **kéregrésztlet.**

Az **érző homunculus** pedig az e térkép alapján felvázolt '**emberminta**', ami azt mutatja, hogy mekkorák lennének egyes testrészeink, ha az egymáshoz viszonyított méretük a szenzoros fejlettségi szinttel lenne arányos.



A: Szomatoszenzoros kéreg testrész-reprezentációja, B: érző homunculus



28. Mozgatórendszer: a piramis pálya agykérgi eredése, összetevői és célsejtjei

A motoros irányítás hierarchiájában 5 szerveződési szintet különböztethetünk meg:

- I. a mozgások tervezése, és a mozgásprogram kiválasztása:
 - **prefrontális kéreg**
 - elkülöníthetők az egyes testrészeknek és izomcsoportoknak megfelelő központok
 - alsó végtagok: kéreg tetején
 - lefelé: törzs, kar, fej mozgató izmai
 - terület mérete ~ az mozgások finomságával arányos
- II. a mozgások koordinálása (**kisagy**)
- III. mozgásparancsok küldése a nagy leszálló mozgatópályákon (**primer motoros kéreg: piramis pálya**; premotor kéreg: extrapiramidális pálya)
- IV. centralis mozgásmintázat generátor (több **gerincvelői szegmensben**, a járással/helyváltoztatással kapcsolatos mozgások)
- V. a mozgások végrehajtása (**gerincvelő alfa motoneuronjai**)

Mozgató pályák

A piramispálya

- Az agykéreg piramis sejtjeiből indul ki (felső motorneuron).
- Az agykéregből az agytörzsön keresztül a gerincvelő szürke állományának elülső szarvai felé halad.
- kb. 1 millió rostból áll, s a rostoknak 40 %-a ered a mozgató mezőből.
- Az agytörzs területén a rostok némelyike az ellentétes oldali agyidegek mozgató neuronjaihoz kapcsolódik, többségük azonban továbbhalad a nyúltvelőbe, ahol átkereszteződik, majd folytatja útját, míg végül a gerincvelő elülső szarvában lévő mozgató neuronokon végződik.
- A rostok a nyúltvelő elülső oldalán piramis alakú kidudorodást okoznak, innen származik a pályarendszer neve.
- Néhány rost a nyúltvelőből keresztezés nélkül kerül a gerincvelőbe, ezek közvetlenül a mozgató neuronok előtt kereszteződnek át a gerincvelő ellenkező oldalára. (tractus corticospinalis directus)
- Az átkereszteződés miatt jobb agyféltekénk működteti testünk bal oldali vázizmait, bal agyféltekénk pedig a jobb oldali vázizmokat.
- A piramisrendszer az akaratlagos mozgások irányítója.
- Ez a rendszer irányítja a megtanult finom mozgásokat, mint pl. az írást, s felel az ellentétes izmok összehangolt működéséért.

Az extrapiramidális pálya

- Az extrapiramidális pálya az agykéregből, valamint a nagyagy kéreg alatti magvaiból indul ki, de ide tartozik a talamusz és a hipotalamusz egy része, valamint az agytörzsi hálózatos állomány és a kisagy számos neuroncsoportja.
 - A pálya neve piramispályán kívüli rendszert jelent.
 - Pályái a piramis rendszer pályáit kikerülve jutnak el a gerincvelőhöz.
 - Rostjainak nagy része a piramispályához hasonlóan átkereszteződik.
 - Az extrapiramidális rendszer irányítja a **durvább mozgásokat**, a betanult automatizált mozgásokat, valamint az érzelmeket kísérő nagy kiterjedésű mozgásokat.
 - Az extrapiramidális rendszer részt vesz az izomtónus szabályozásában is.
- A piramis és az extrapiramidális rendszer működése szorosan összefonódik egymással. A két rendszer működésének összehangolását az agykérgen kívül a kisagy is végzi.

Felső és alsó motoneuron

Felső motoneuron

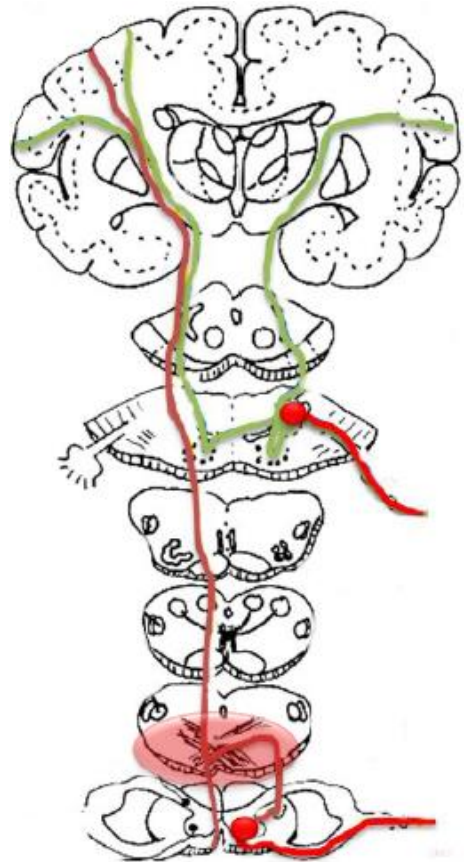
- a **primer motoros és premotoros cortexből, somatosensoros cortexből és a parietalis asszociációs cortexből** erednek.
- Axonjaik az agytörzsön keresztül a **nyúltvelő piramisaihoz** futnak, innen származik a piramidális elnevezés.
- A nyúltvelőben az idegrostok **két részre** osztódnak:

corticobulbaris rostok

- főként a **fej, az arc, a nyelv, a garat és a gége izmainak mozgását** befolyásolják
- az arc izmainak innervációja féloldali: a száj körüli (mimikai) izmok csak ellenoldali, a szem körüli és a homlokizmok azonos oldali
- a gége és a garat izmai kétoldali, keresztezett és kereszteszetlen beidegzést kapnak.

corticospinalis rostok:

- a **gerincvelőben folytatják útjukat.**
- Ezeknek rostok **85%-a a nyúltvelő és a gerinc határán kereszteződik.**
- A **nem keresztezett rostok a kilépés magasságában, a gerincvelőben kereszteződnek.**
- Az idegszálak többsége **összeköttetést létesít az alsó motoneuronokkal**

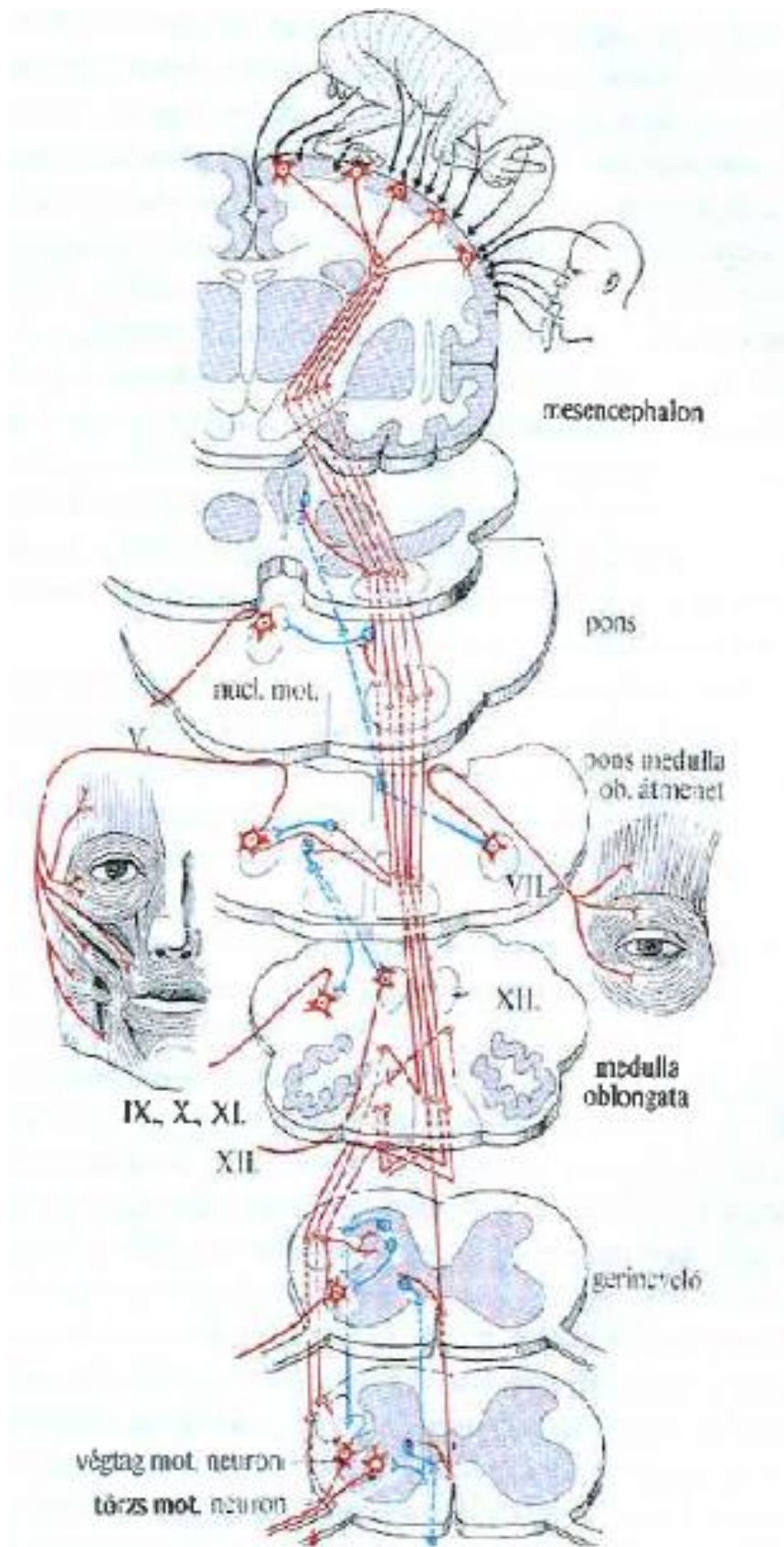


Alsó motoneuron

- gerincvelő szürkeállományának **alfa-motoneuronjai**
- gerincvelő szürkeállományának **gamma-motoneuronjai**
- A kapcsolódás az felső neuronokkal **általában interneuronokon keresztül** történik.
- Az **interneuronok** jelentősége abban áll, hogy a **gerincvelői reflexek** képesek befolyásolni (gátolni vagy aktiválni) működésüket.

A piramispálya-rendszer

a szegmentális izomellátásoknak a gyrus precentralison való somatotopias lokalizációjával (a közbeiktatott kapcsoló neuronok kék, a többi piros színben).



29. Motoros működés koordinációs szabályozó és végrehajtó központjai (motoros kéreg, törzsdúcok, kisagy és agytörzsi központok kapcsolatrendszere)

Substantia nigra szerepe

- fontos szerepe van a jutalom, függőség, valamint a mozgás szabályozásában.
- másik neve feketeállomány, mely a melanint tartalmazó dopaminerg idegsejteknek köszönhető
- neuronjainak pusztulása Parkinson-kór-szerű tüneteket okoz
- a nigrostriatal pathway ered belőle

Kisagy összeköttetései a központi idegrendszer jelentős részeivel

A kisagy a pontos mozgásokat koordináló működését úgy fejt ki, hogy folyamatosan összehasonlítja az agykéreg motoros mezőiből kiinduló ingerületeket a működésben lévő izmokból származó proprioceptív információkkal; így képessé válik az **alsó motoros neuronok** aktivitásának szükségessé váló módosítására.

Ez a motoros neuronok ingerületi állapota időbeliségének és sorrendjének ellenőrzésén keresztül valósul meg.

A kisagyat számos efferens és afferens rost köti össze a központi idegrendszerrel. Ezek a rostok mindkét oldalon három vastag kötegbe, a kisagykarokba (pedunculus cerebellaris) csoportosulnak:

- a felső kisagykarok (superior peduncle) a kisagyat a középaggyal kötik össze,
- a középső kisagykarok (middle peduncle) a kisagyat a híddal kötik össze,
- az alsó kisagykarok (inferior peduncle) a kisagy és a nyúltvelő között teremtenek kapcsolatot.

Afferens rostok (bemenet):

- gerincvelő: spinocerebelláris pályák (bőr-, izom-, ín-, ízület-afferensek)
- vestibuláris magok: egyensúlyérzékelési információkat közvetítenek
- formatio reticularis: kevésbé feldolgozott polysensoros információk
- nagykéreg: erősen feldolgozott polysensoros információk

- **Az agykéregből**

- a cortico-ponto-cerebellaris pályarendszer,
- a cerebro-olivo-cerebelláris pályarendszer
- a cerebro-reticulo-cerebellaris pályarendszer.

- **A nyúltvelőből**

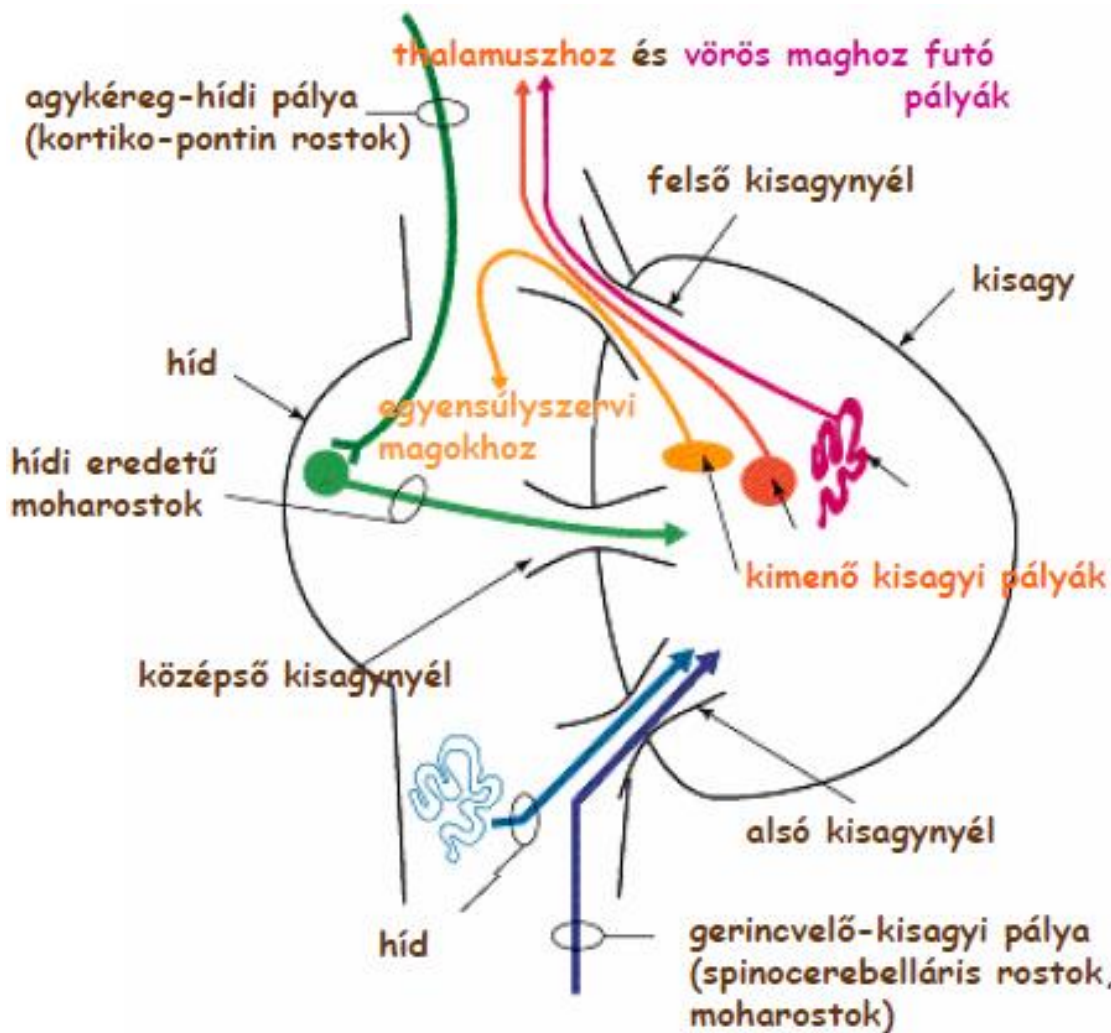
- a nyúltvelő hátsó kötegi átkapcsoló magjából erednek és az azonos oldali kisagyféltekébe az alsó kisagyi karon keresztül lépnek be.
- A pályán keresztül a kisagy izom- és ízületi információkat kap a **felső végtag és a törzs felső részének** izomorsóiból, ínorsóiból és ízületi receptoraiból.

- *A nervus vestibularisból*

- A vestibularis nerv a belső fülből kap információkat a mozgásra (és a szöggyorsulásra) vonatkozóan a félkörös ívjáratokból, és a test gravitációhoz viszonyított helyzetéről (és az egyenes vonalú lineáris gyorsulásról) a tömlőcskéből és a zsákocskából.
- Az egyensúlyi ideg számos közvetlen afferens rostot küld az azonos oldali kisagyféltekéhez az alsó kisagykaron keresztül.

Kisagyi efferens rostok

- Purkinje sejtek axonjain keresztül
- A Purkinje sejtek axonjainak többsége a kisagyi magvak neuronjain szinapszist képezve végződik
- A kisagyi magvak neuronjainak axonjai átkereszteződnek az ellenkező oldalra az ellenoldali
 - vörös mag (**nucleus ruber**) neuronjain végződnek, ahonnan a tractus rubrospinalis rostjai indulnak ki.
 - fogas mag (**nucleus caudatus**) neuronjainak axonjai átkereszteződnek és az ellenoldali talamuszban végződnek.
 - A talamusz neuronjainak axonjai a nagyagykéreg elsődleges motoros mezőjének területén végződnek. A mag így befolyásolni tudja a motoros aktivitást.
 - Más kisagyi magok az oldalsó vestibularis magba és a hálózatos állományba küldenek rostokat.



30. A szaglórendszer szerveződése

- a szag molekulák G-fehérje kapcsolt receptorokhoz kötnek.
- szaglóhám → szaglóideg → szagló „bulb” (gumó) → amygdala, pyriform cortex
- + thalamusz, hipothalamusz

A bulbus olphactorius főbb sejtípusai:

Glomerulus: A belépő szaglórostok az ott levő mitrális és pamacsos sejtek dendritjeivel hatalmas komplex synapsisokat alkotnak

Mitral cells

Egy sejtből álló réteget alkotnak. Dendritjeik a glomerulusokba nyúlnak. Bemenetet kapnak az olfactory nervvből. excitatory

Tufted Cell

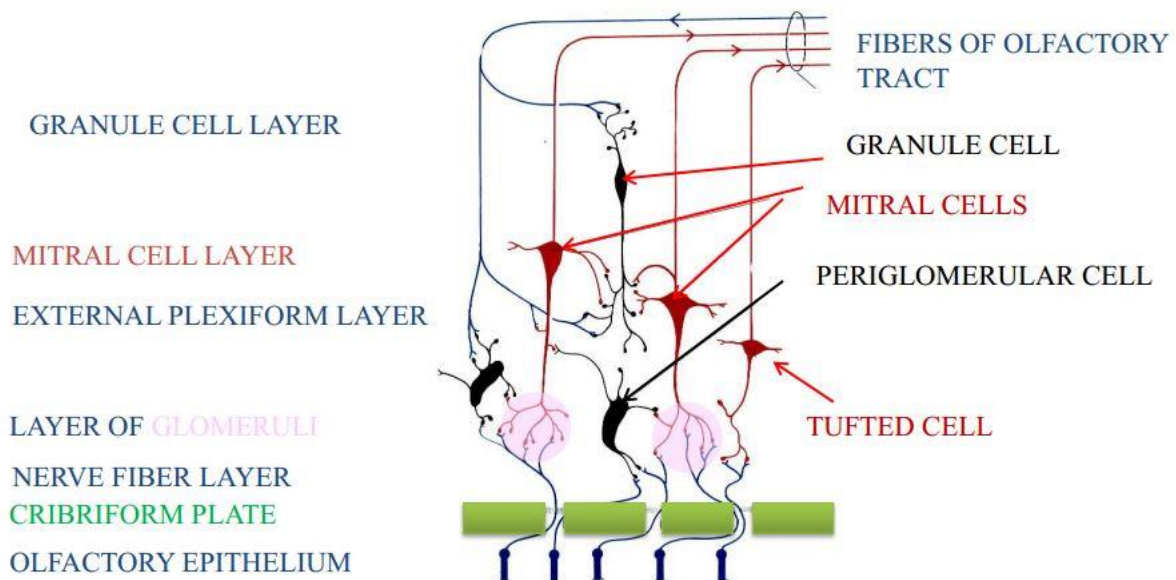
A mitral sejteknél beljebb van, feladata hasonló, mint a mitralé...

Periglomerular cell

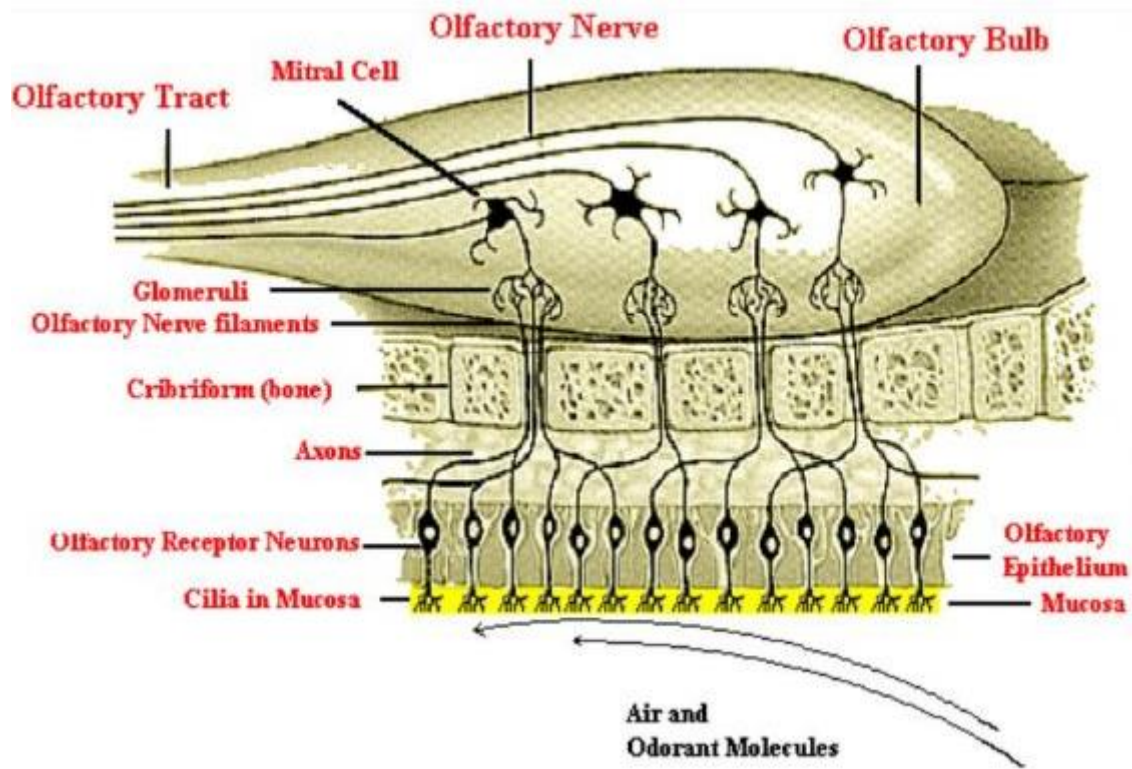
Lokális gátló interneuron a Glomerulusban

Granule cell

Nincs axonjuk. A bulb legmélyén vannak. Axodendritikus szinapszisaik vannak a mitral sejtekkel.



A bulbus olfactorius agyi összeköttetései:



Afferent inputs

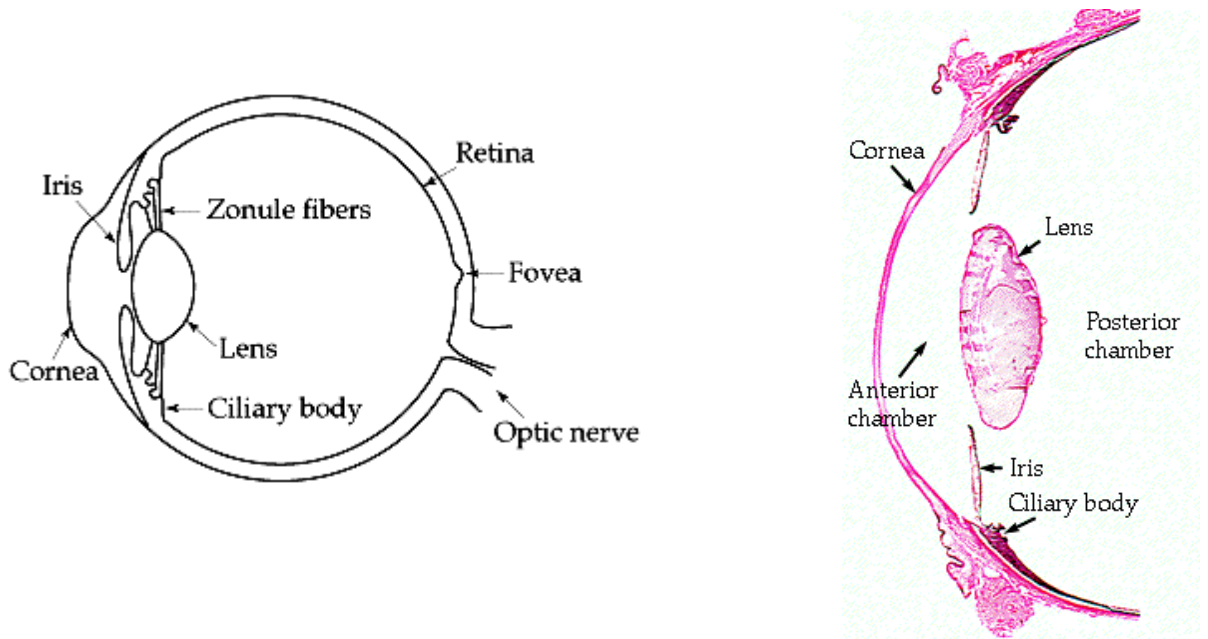
- olfactory nerve a szaglóhántól
- centrifugal fiber

Efferent

- mitral+tufted sejtek küldik az olfactory tracton keresztül.
- Frontal cortex: conscious perception of smell
- Hypothalamus amygdala: motivational and emotional aspects of smell
- Hippocampus: Odor memory

31. A látórendszer szerveződése

A látórendszer felépítése:



Szemgolyó: 3 réteg

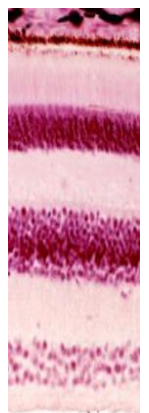
- belső (ideghártya),
- középső (erekben gazdag izmok, rostok, amik felfüggesztik a szemlencsét),
- külső (rostok: ínhártya **-cornea** (szaruhártya))

Fény számára átjárható szaruhártya mögött folyadékkal telt üreg: **előlső szemcsarnok**, írisz

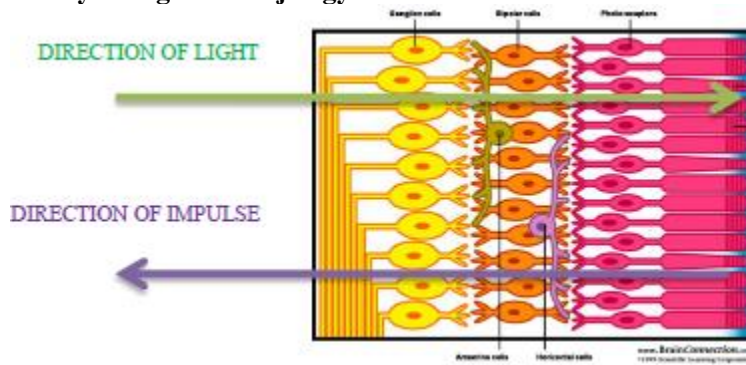
- közepén: pupilla, szemlencse és írisz között: hátsó szemcsarnok
- cornea után csarnokvíz és szemlencse: törőközegek
- ezután üvegtest, majd a retinának a fovea területére esik a fény (éleslátás helye)
- fovea mellett: vakfolt: → retina idegsejtjeinek axonjai kilépnek a szemből és a látóideget képezik

Retina szöveti szerkezete

- (fény: lentről felfelé/ belülről kifelé halad)
- **pigmentált hám**: legkülső réteg
- **fotoreceptorok**: pálcikák és csapok
 - külső mag réteg: csapok és pálcikák magjai vannak itt
 - külső plexiform réteg (fotoreceptorok és bipolaris sejtek szinapszissai)
 - **bipolaris sejtek** rétege
 - nagy ganglion sejtek: bipolaris sejtek ezeknek adják át az információt → ebből kevesebb van, mint bipolaris sejtől → infó konvergálódik
 - optikus rostok rétege
- **záróréteg**: glia



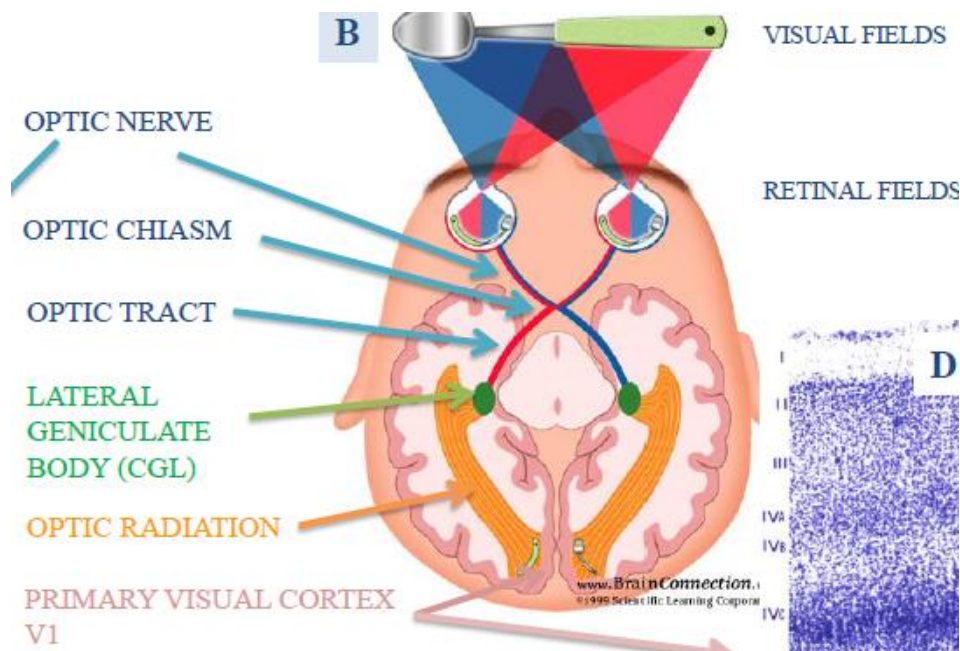
A fény és ingerület útja egymással ellentétes



Szignál transzdukción a retinában

- vakító fény: receptorok hiperpolarizációja
- sötét: a receptorok depolarizálódnak: Na^+ és Ca^{2+} ionok áramlik a sejtekbe cGMP kapcsolt csatornákon, K^+ ion áramlik ki = -40mV lesz a membrán potenciál.
- beeső fény: csökken a cGMP koncentráció $\rightarrow$ bezáródnak a kation csatornák $\rightarrow$ hiperpolarizáció

A látórendszer fő komponensei



- **Fovea:** itt a ganglionális és bipoláris sejtek elhajlanak oldal irányba $\rightarrow$ fény közvetlenül a csapokat és pálcikákat ingerli
- On és off centrumok
 - retiában, on: fény megjelenésekor kerül ingerületbe
 - off: amikor megszűnik a fény
 - on centrum ha ingerületbe kerül $\rightarrow$ körülötte lévő terület gátlódik,
 - off centrumnál középen gátolt, mellette aktív

Fotoreceptorok szerkezete

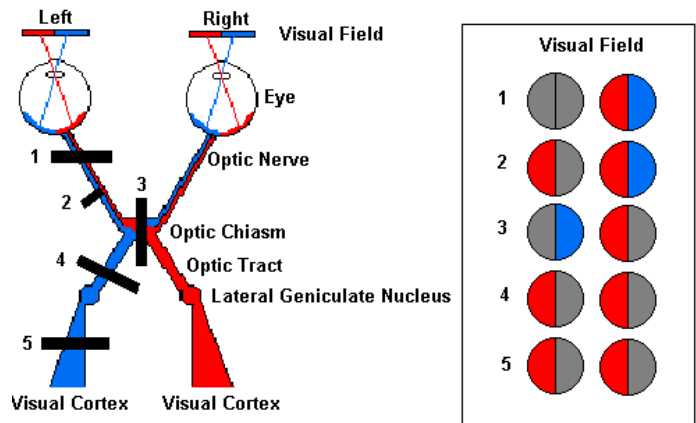
- pálca: vastagabb, zömökebb; csap vékonyabb
- kütagjaik fotoreceptorként viselkednek → membrán rsz, beltagjaik ingerület átvadására képesek (bipoláris sejteknek)

Színérzékelés

Fő színekre szelektíven érzékeny receptorok közös hatására szemgolyó hátsó részéből lép ki a látóideg, részlegesen kereszteződnek: chiasma opticum, ezután tractus opticus, ezek a corpus geniculatum lateraleban végződnek (oldalsó kérges test), innen primer látókéregbe

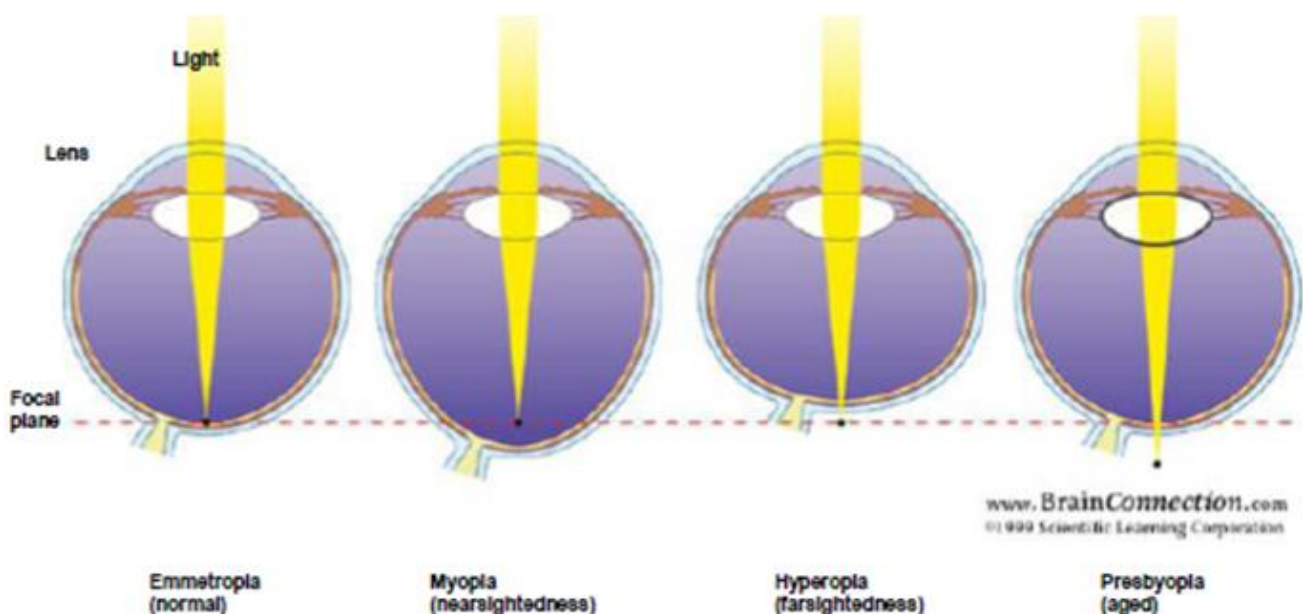
Látótér projekciója

- adott retina terület meghatározott helyre vetül a corpus geniculatum laterale-re, és innen a látókéreg egy adott területére → éleslátás: corpus geniculatum csúcsi részére, látókéreg oldalsó, felszínhez közeli részére vetül + fenti dolgok középre, lentiek kerülnek a corpus geniculatum laterale-be ...
- képalkotás szintjei: pl egy vonal minden szinten másképp jelenik meg

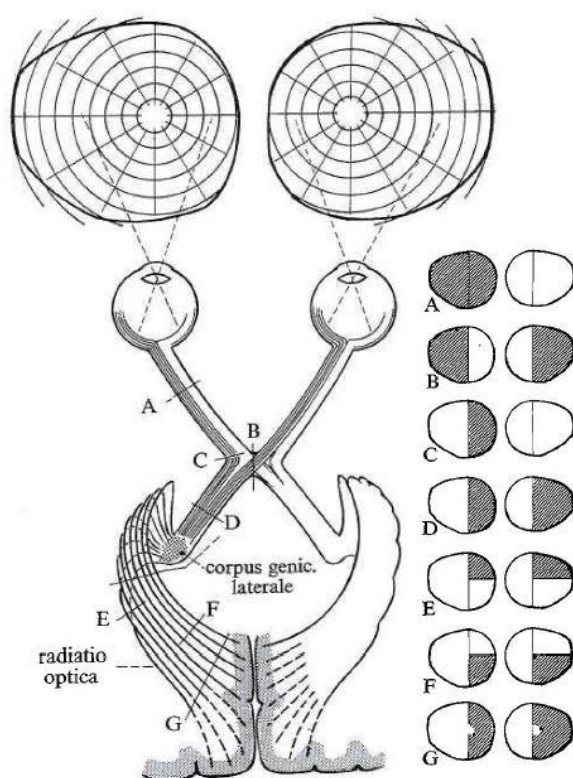


Corpus geniculatum laterale kisebb és nagyobb sejtekből álló rétegekből épül fel, rétegek között: rostok (bejövő optikus és kimenő axonok), 2 szemből jövő infók különböző rétegbe kerülnek

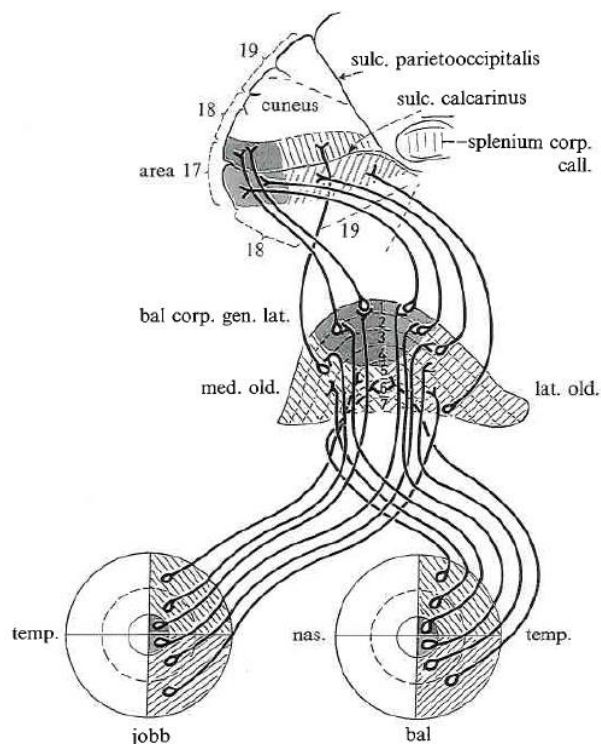
- Kérgi dominancia oszlopok: 2 szemből jövő infókat oszlopszerűen/csíkonként dolgozza fel
- **Mélység látás:** közellátó: hosszabb a szemgolyó, pontos kép a retina előtt van, távollátó, rövidültebb a szemgolyó, éles kép retina mögött
- **Pupilla reflex:** vegetatív beidegzés, Edinger-Westphal mag, 3. agyideg nervus opticus viszi az információt → ez végződik az Edinger-Westphal magban is, ez idegzi be a pupillaszűkítő izmokat (mindkettő szemben összehúzza) (Brodmann 17)



Látótérkiesések



A látópálya általános sémája, különböző pontjai bekövetkezett sérülés folytán mutatkoz látótér kiesésekkel (sávozva).



A látó pálya topográfiai és projekciós viszonyai. a makulához tartozó lözponti területek tömör, a perifériás retinaterületekhez sávozott jelölés feltüntetve

A **D** és **G** (bal oldali ábra) különbsége az, hogy a látókérek kisugárzásakor a **maculáknak** a vak látófelébe eső fele látó marad. A maculáknál ezen ún. „megkímélése” csak úgy magyarázható, hogy makulák felőli pályák rostainak egy része kereszteződik a **corpus geniculatum laterale** után vagy a corpus callosumban, vagy a corpus comissura hippocampiban (részletesebb jobb oldali ábra).

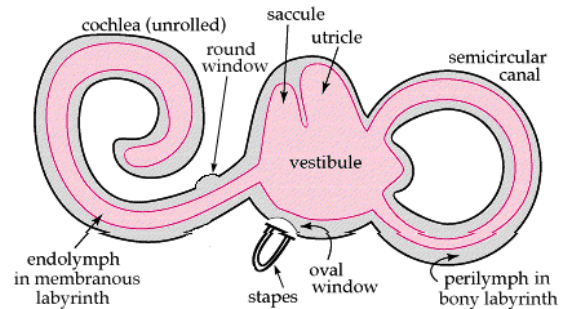
Zöldhályog

- látótér beszűkül, szemben megnő a nyomás → csarnokvíz termelése és elvezetése közötti egyensúly felborul → retinanyomás alá kerül, és pusztul (csőlátás)

32. A halló- és egyensúlyozórendszer szerveződése

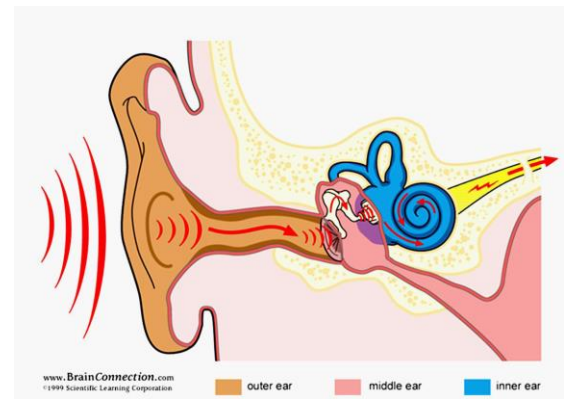
Cochleáris (csigás) rendszer

- csiga: csontos csatornán belül hártás csiga
- a belső fül kívül csontos, belül hártás labirintus, benne folyadék: **endolympa**,
- a hártás és csontos labirintus közötti folyadék: **perilympa**



A hang erősítése és ingerületté történő átalakítása

- **külső fül:** "tölcsér" → külső hallójárat, középfül, határon: dobhártya
- **középfül:** apró csontok: **kalapács** (összeköttetésben van a dobhártyával), **üllő**, **kengyel** → folyadékra kapcsolja át, **Eustachian-féle kürtön** keresztül tud kiegyenlítődni a külső és belső fülben lévő nyomás → minden nyeléskor felnyílik
- **belső fül**
 - **csontos labirintus:** temporális csont piramis része:
 - **félkörös ívjáratok:** 3 db: vízszintes, függőleges, „ferde”. feladatuk:
 - **csiga** (hallás): 2 és $\frac{3}{4}$ fordulat
 - **vestibulum**, ezen végződik a kengyel (**ovális ablak**)
 - **hártás labirintus**
 - bonyolult, vékony falú tömlőrendszer
- **Corti-féle szerv**
 - Cochlear duct-ban **helyezhedik el**, érző szőrsejtekből és támasztősejtekből áll
 - az endolympa hullámaint érzékelik és továbbítják a vestibulo-cochlear nerven keresztül a brain stembe
 - magas hangok a csiga bazális,
 - mély hangok a csiga csúcsi részében hozzák ingerületbe a szőrsejteket



A hang útja

hangullám → dobhártya → rezgés → hallócsontok → ovális ablak → folyadék hullám a perilympa-ban → endolympa → Corti-féle szerv

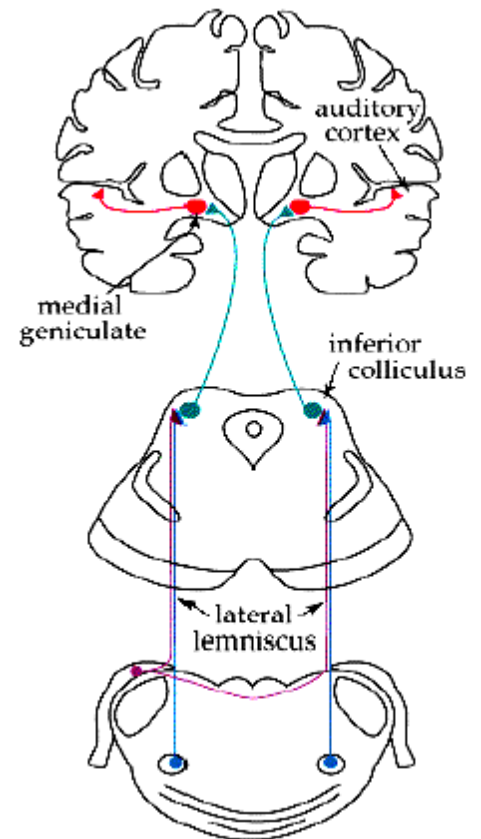
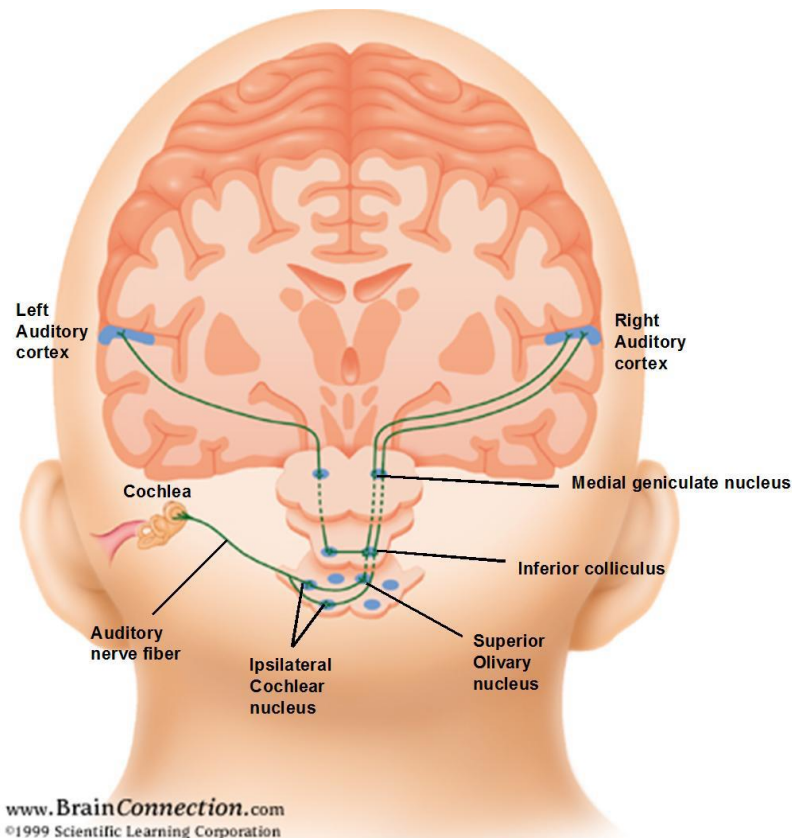
Az egyensúlyszerv

- **belső fül félkörös ívjáratok:** 3 db: vízszintes, függőleges, „ferde”. feladatuk:
 - egyensúlyozás, szöggyorsulás, gyorsulás érzékelése szőrsejtekkal
 - mozog a fej → tehetetlenség miatt áramlik az endolympa → szöggyorsulási inger
 - tartós mozgás, pörgés: az ívjáratok kis keresztmetszete miatt nagy a súrlódás, hamar felveszi a sebességet: forgás közben nincs inger
 - lassuláskor: ellentétes irányú szöggyorsulás érzete a folyadék tehetetlensége miatt

A hallópálya felépítése

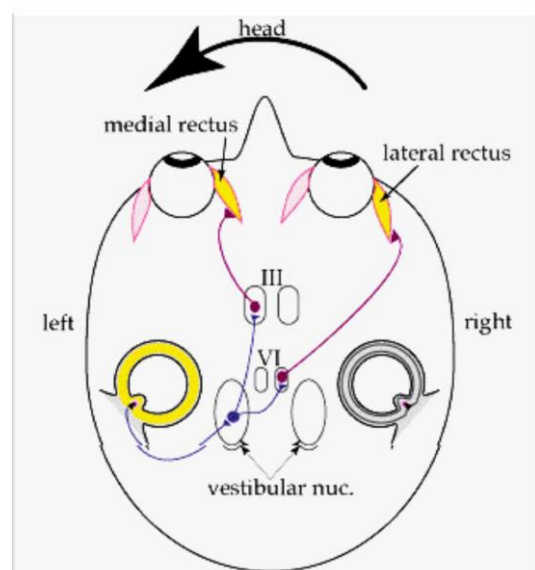
cochlear ganglia → dorsal és ventral cochlear nuclei a brain stem-ben. → superior olive → inferior colliculus → lateral lemniscus → medial geniculate body a thalamuszban → temporális lebenyek a Wernicke előtt

- Primer neuron: *spirális ganglion* bipoláris sejtárasága,
- másodlagos kapcsoló állomás: *dorzális és ventrális cochlearis mag*,
- harmadlagos átkapcsolás: *oliva superior*, ennek felszálló része: *colliculus inferiorban* ér véget,
- innen vetül az infó a *corpus geniculatum medialeba* → Brodmann 41-42 (temporális lebeny)

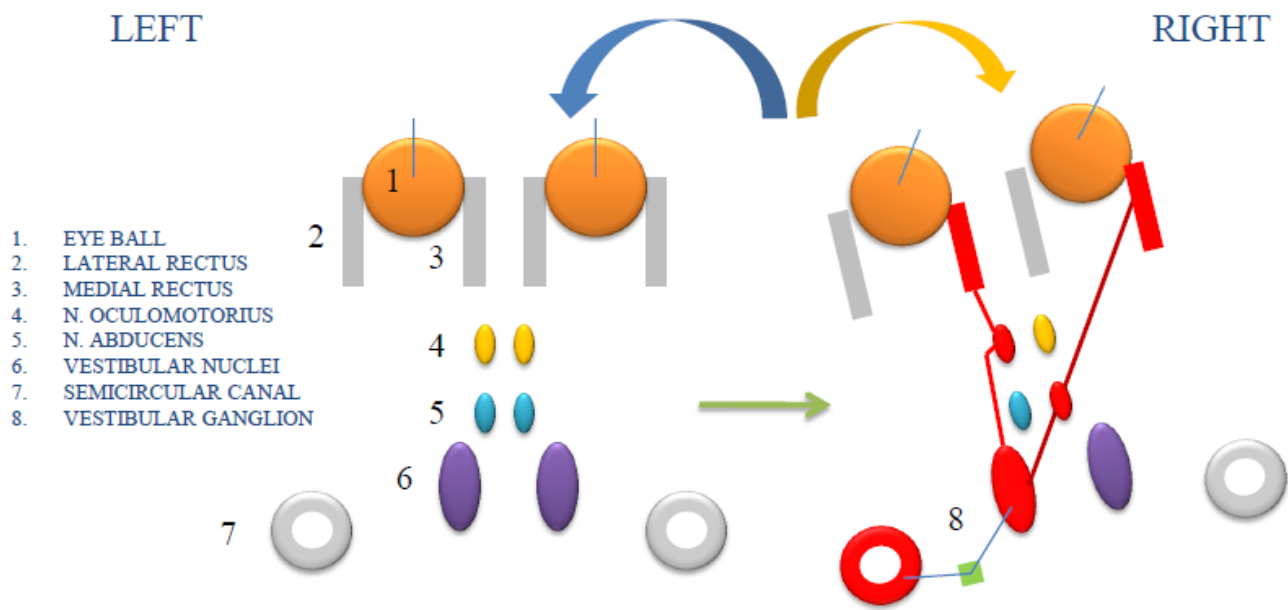


A vestibulo-oculáris reflex:

- Így tudjuk adott helyen hagyni a szemünket, miközben a fejünk elmozdul:
- vestibularis rész: azonos oldali occulomotoros mag összehúzza az orr felé eső izmot, ellenoldalinál az oldalsó egyenes izmot húzza össze

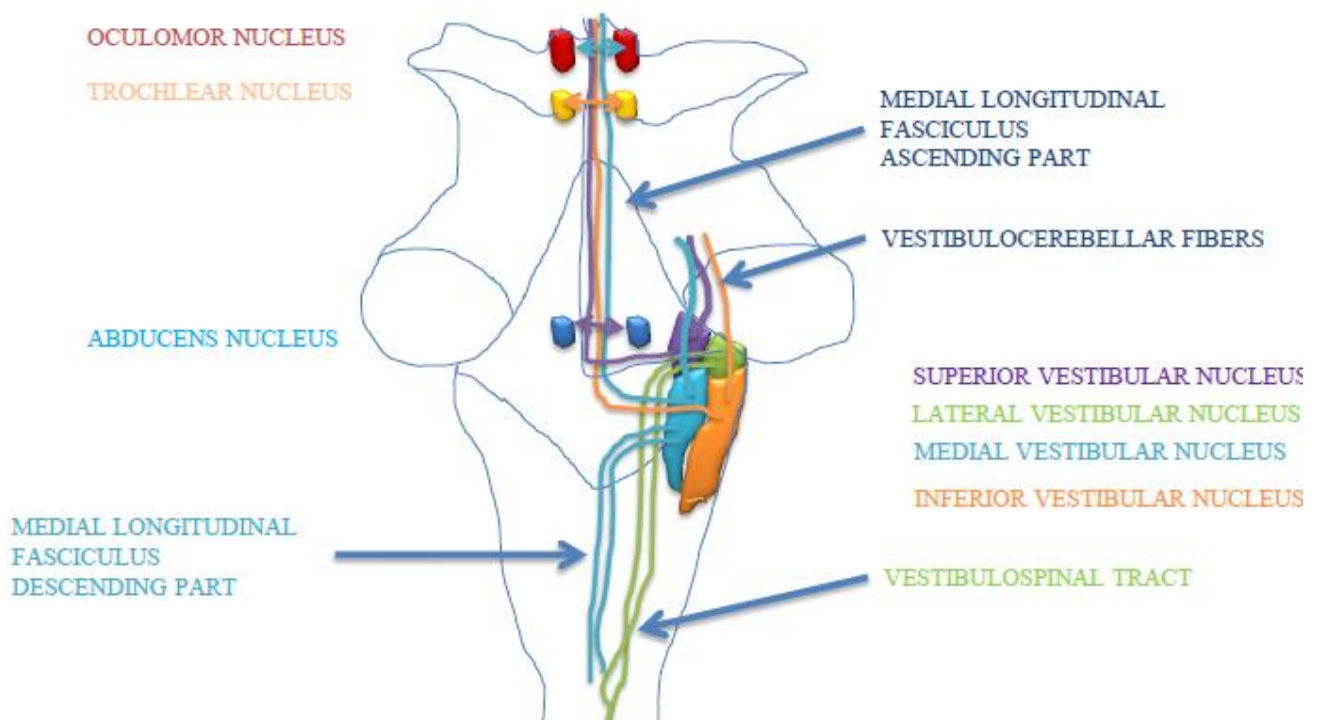


THE VESTIBULO-OCULAR REFLEX



MOVING THE HEAD TO THE LEFT SIDE IN THE HORIZONTAL PLANE EVOKES THE CONJUGATED MOVEMENT OF THE EYE BALLS TOWARD THE RIGHT SIDE

THE VESTIBULAR PATHWAYS



33. A zsigerek működésének szabályozása: a szimpatikus és a paraszimpatikus idegrendszer

A vegetatív idegrendszer szerveződése

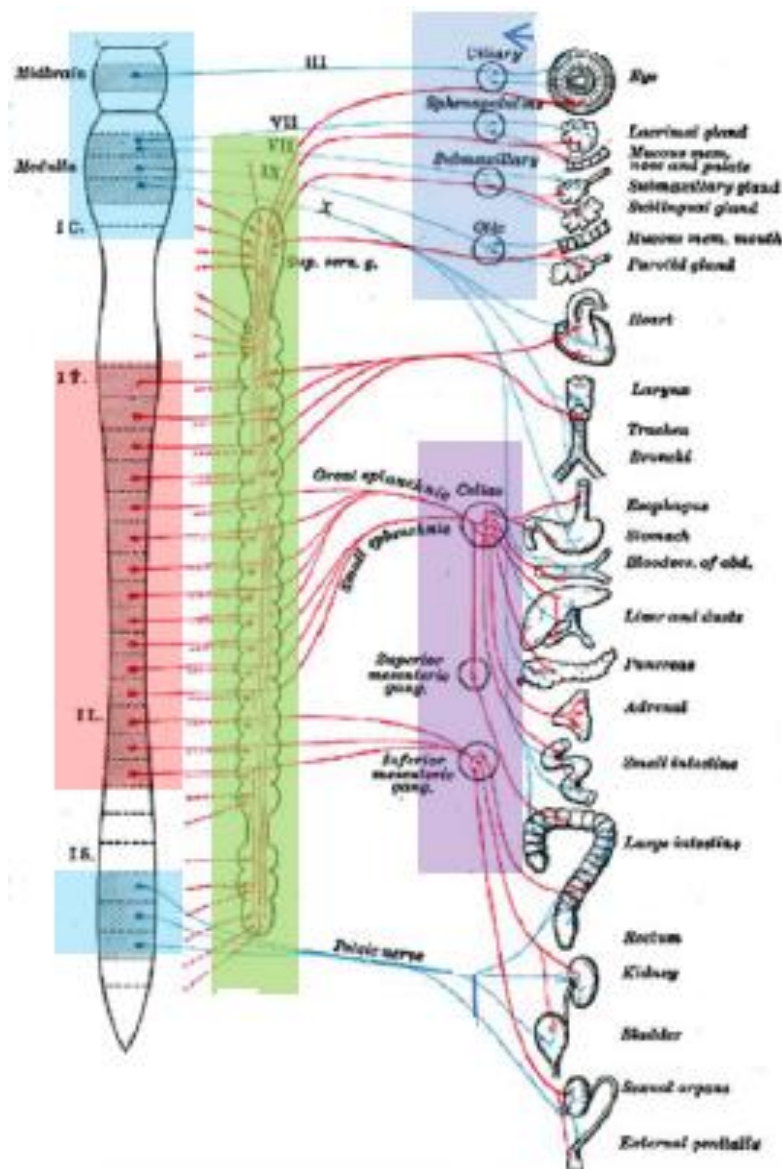
A vegetatív idegrendszer működése szerint szimpatikus és paraszimpatikus idegrendszerre osztható.

Szimpatikus idegrendszer:

A gerincvelő mellkasi és ágyéki szakaszán kilépő gerincvelői idegek által közvetített hatásokkal a szervezet lebontó folyamatait gyorsítja, célja a mozgósítás.

Paraszimpatikus idegrendszer:

Az agytörzsből kilépő agyidegek, és a gerincvelő keresztcsonti szakaszán kilépő gerincvelői idegek által közvetített hatásokkal a szervezet erőtartálékait testünk bizonyos területein feltölti.



A vegetatív reflex efferens oldala

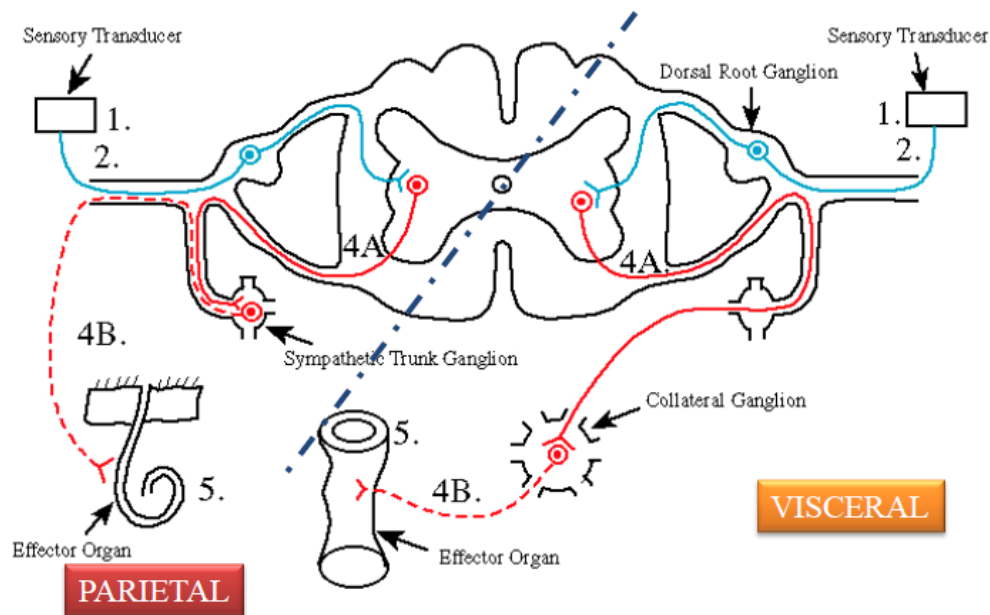
A szimpatikus idegrendszer két reflextípusa a parietális és a viscerális.

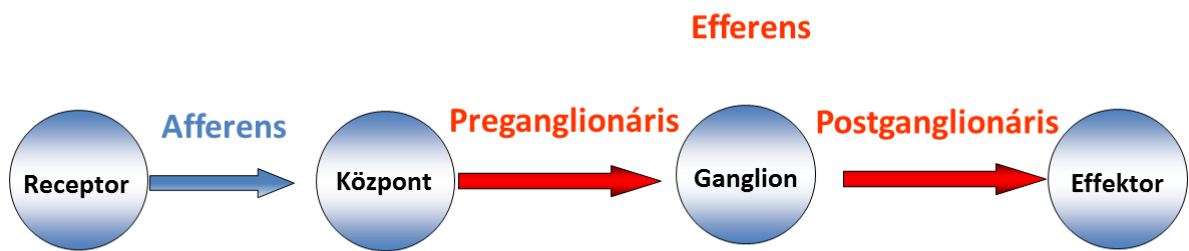
Parietális reflexív:

- receptor a bőrben **REC**
- afferens szál a hátsó szarvba **AFF**
- interneuron **CENT**
- preganglionális neuron az oldalsó szarvban **CENT**
- preganglionális efferens **EFF**
- paravertebrális dúc **EFF**
- posztganglionális efferens **EFF**
- sudomotoros, pilomotoros, vasomotoros reakció

Viscerális reflexív:

- interoceptor
- viscerális afferens a hátsó szarvba
- interneuron
- (szomatomotoros neuron)
- preganglionális efferens
- hasüregi prevertebrális dúc
- posztganglionális efferens
- zsiger

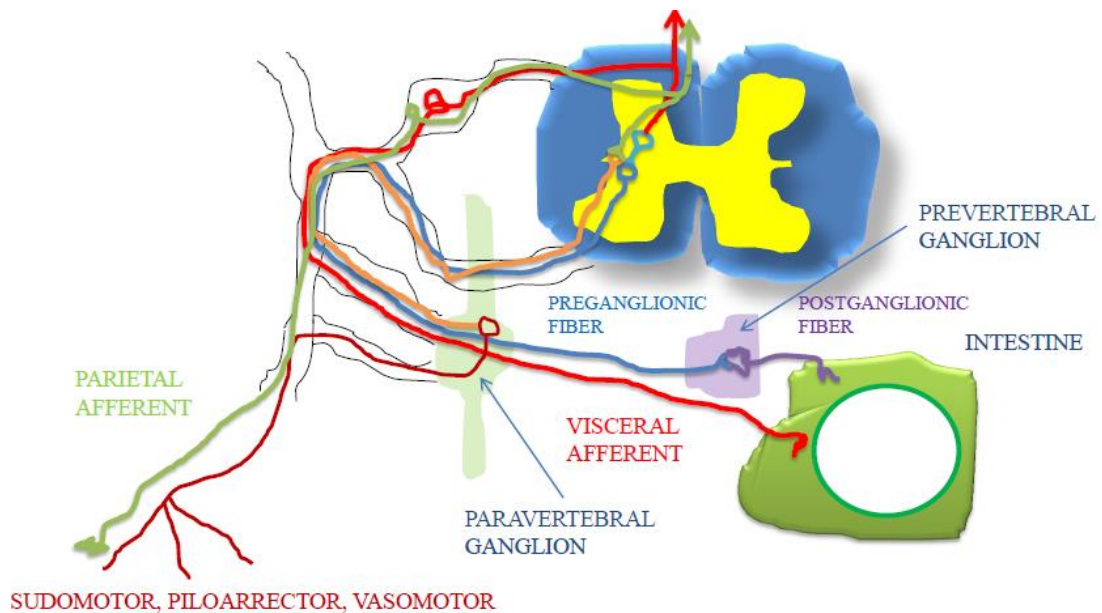




Ozmo-
Baro-
Chemo-

Vegetativ reflex

Vegetativ alapfonat
Sudomotoros
Vasomotoros
Pilomotoros

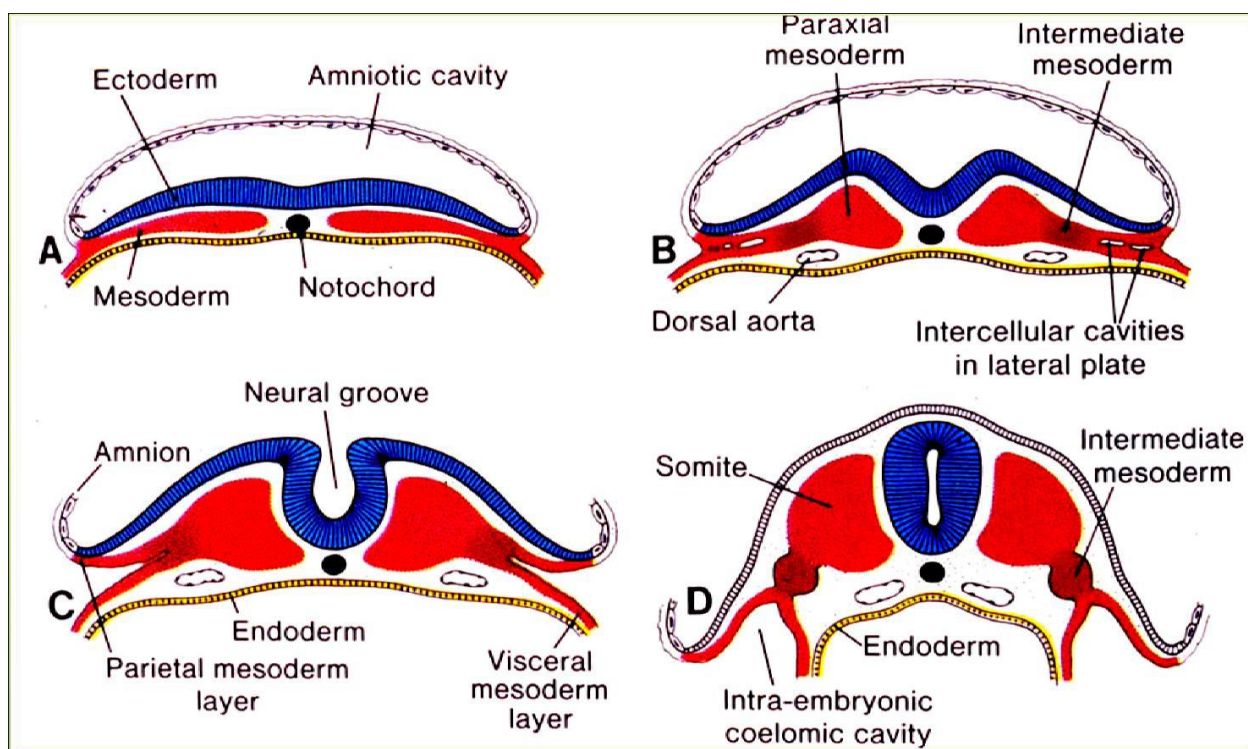


34. Az idegrendszer korai fejlődésének főbb lépései

A gerinchúr (Notochord) indukciós hatása

Indukció: olyan szövetek közötti kölcsönhatás, melyben az egyik szövet meghatározza, hogy a másik milyen irányba differenciálódjon

- Az idegrendszer kialakulásának első megnyilvánulási formája, amikor kialakul a velőcső. Az ekto és endoderma közötti öcsomóból alakul ki az ún. fejnyúlvány. Ebből lesz a gerinchúr (chorda dorsalis).
- A chorda dorsalis fölött található a velőlemez, melyen két hosszanti velősánc alakul ki, köztük a velőbarázdával.
- Majd a velősáncok záródnak, így kialakul a velőcső.
- A velőcső feji vége tovább differenciálódik prosencephalonra, mesencephalonra, és rhombencephalonra.
- A corpus callosum szempontjából a prosencephalon a fontos, melyből a telencephalon és a diencephalon fejlődik tovább.
- A telecephalon hólyagja kettéfelé különül, és kialakul a két agyféltek, illetve a közöttük lévő.
- Az agyféltekék kialakulásában az ún. ventrális indukció játszik szerepet.
- További sejtdifferenciálódással, a neuroblasztok kialakulásával, migrációval, organizációval, mielinizációval fejlődik az agy többi része (nagyagykéreg, kisagykéreg, axonok, dendritek, stb.)



Neuruláció

A gerinchúr főbb indukciós hatásai

- A neurulatio (avagy dorsalis indukció) a gerinchúr által kiválasztott növekedési faktoroknak köszönhető. Ennek következménye képpen alakul ki a velőcső, a velőlemez, illetve a dúcléc.
- Az ektodermális sejteket indukálja a neuroektoderm rész megalkotására, különböző jelek segítségével. Az ektodermális sejtek BMP4 jeleket küldenek és fogadnak. Amely sejtek fogadnak ilyen növekedési faktorokat, azokból alakul ki az epidermis.
- A gátló chordin, noggin és follistatin jelek a neurális lemez kialakításához szükségesek. Ezeket a hormonokat a Spemann szervező központ állítja elő.
- A neurális lemez hasi neuroektoderm sejtjeit azon sejtek alakítják ki, amelyek nem kapnak BMP4-et az előbbi gátló jelek hatására.
- A neurális lemez hátsó sejtjeit azon sejtek alakítják ki, amelyek a gátló jeleken kívül FGF (fibroblast growth factor) jeleket is kapnak.
- Az idegsejtek megjelenése a gerinchúr oldódó növekedési faktorainak köszönhető.

A velőcső kialakulása

A velőcső cranialis végének fejlődése

A) 5mm hosszú embrió

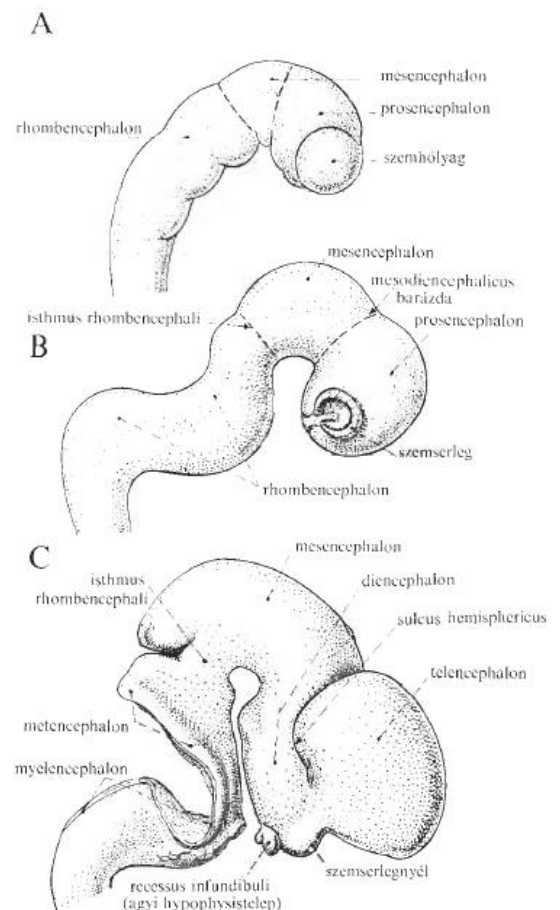
- idegrendszer 3. héten válik el az ectoderma többi részétől
- velőlemez: cipőkanálhoz hasonló alakú megvastagodott hámterület
 - alatta fekvő chorda dorsalis indukáló hatása hozza létre
 - 5mm hosszú embrióban záródásából keletkezik a velőcső elülső neuropórusa

Későbbi elsődleges agyhólyagok alig válnak külön még

- előagyhólyag (prosencephalon): elülső, ventralis szögletéből a szemhólyagok telepei

B) 7mm hosszú embrió

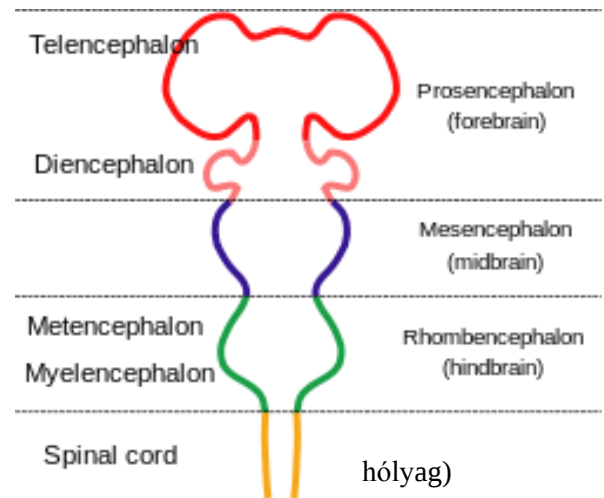
- a velőcső falát alkotó hámsejtek egyenetlen szaporodása, hossznövekedés → velőcső cranialis vége kettős S görbületet ölt
- velőcső 3 elsődleges tágulata (3 agyhólyag)
 - 1.: előagyhólyag (prosencephalonhólyag): mélyen lenyúlik a fej elemi szájából feletti részébe
 - elő- és középső agyhólyag dorsalis elválasztója: mesodiencephalicus barázda
 - 2.: középső agyhólyag (mesencephalonhólyag): erős, dorsal felé tekintő domborulat, az embryo fejtetőhajlata
 - középső és utóagyhólyag elválasztó szűkülete: isthmus rhombencephali



- 3. utóagyhólyag (rhombencephalon-hólyag): ellenkezően, ventral felé mutat erősen domború hajlatot (hídhajlat)
- Tarkóhajlat: hídhajlattól caudalisan a gerincvelői szakaszban ismét dorsal felé domború hajlat

C) 10mm-es testhossz

- Sulcus hemisphericus: barázda a prosencephalonba mindkét oldalról dorsolateralisan
 - Elsődleges előagyhólyagból különválasztja az elülső végagyhólyagot (telencephalon hólyag) és a hátsóbb köztiagyhólyagot (diencephalon-hólyag)
 - Elsődleges előagyhólyag két oldalfal már igen korán hólyagszerűen előbultosul: két hemispheriumhólyag alakul ki
 - Két hemispherium hólyag között a prosencephalon eredeti elülső fala, mint lamina terminalis helyben marad, az előbultosuló hemispheriumhólyagok közt mélybe süllyed
 - Dorsal felé is túlnővik a prosencephalon eredeti tetejét
 - E kitüremkedés folytán a telencephalon középső, páratlan részéből (az eredeti prosencephalon elülső része) és belőle oldalra kibultosuló hemispheriumhólyagokból áll
 - Mesencephalonhólyag egységes marad, belőle lesz a középagy (mesencephalon)
 - Rhombencephalonhólyag két részre oszlik:
 - Metencephalon: elülső rész
 - Myelencephalon: hátsó rész
 - Velőcső cranialis vége korai tagozódásával 5 egymást követő csőszakaszból áll: telencephalon, diencephalon, mesencephalon, metencephalon és myelencephalon
- Mesenchyma: A fejlődő agyhólyagokat veszi körül, belőle alakulnak ki az agyburkok
- Lágymagyburok: agyhólyagokhoz hozzáfekvéő agyburkokréteg
 - Később belső pia materre és külső pókhalóhártyára (arachnoidea) különül el
 - Kemény agyhártya (dura mater): mesenchyma külső részéből differenciálódik
 - Egyben a koponya és a gerinc csontburokja is lesz



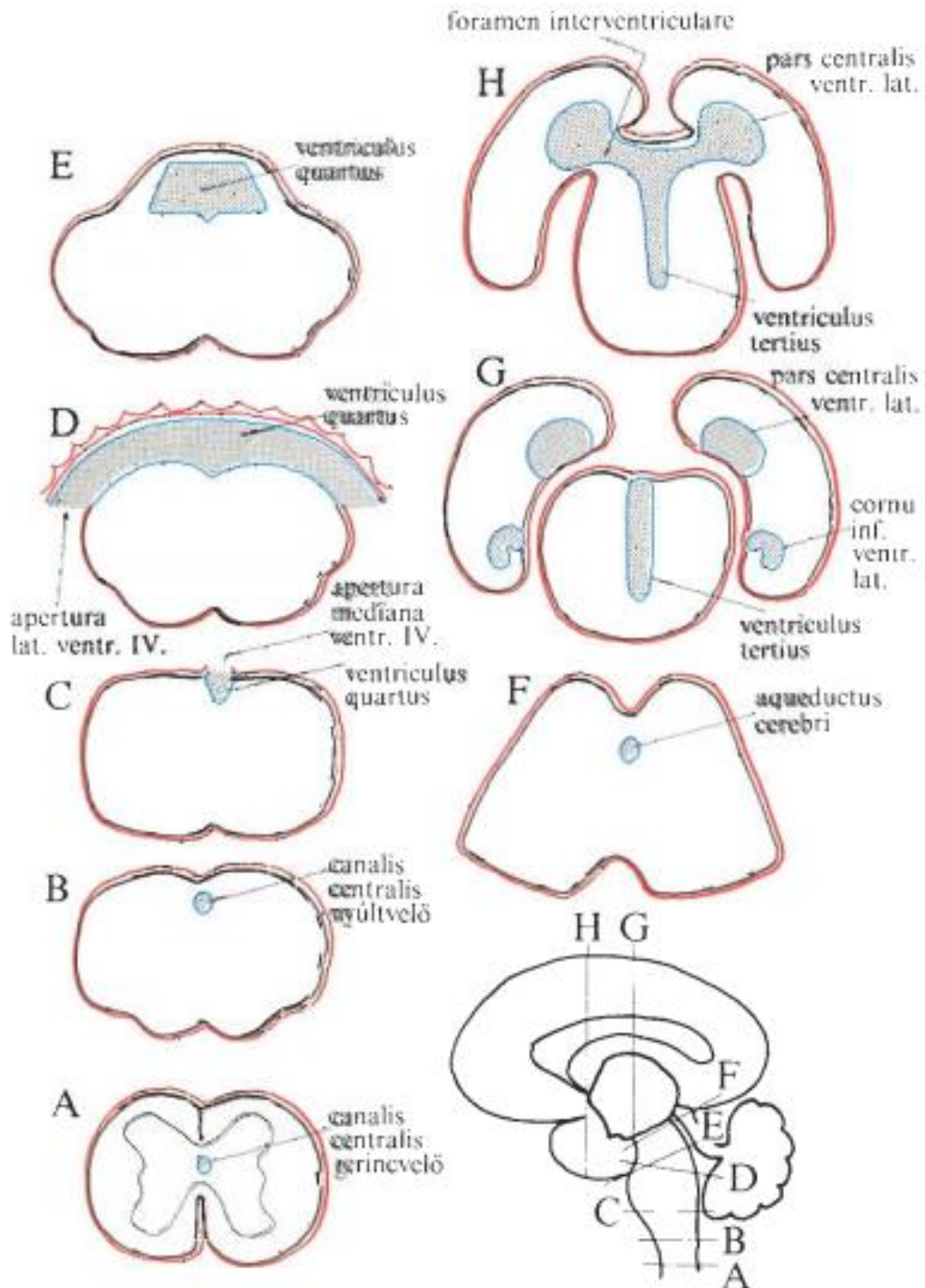
Velőcső ürege:

- Ependymasejtek bélelik
- Fejlődés közben megmarad egységes üregnek, helyenként párhuzamosan kitágul (agykamrák jönnek létre – ventriculi cerebri) az agyhólyagok fejlődésével:
 - Oldalkamrák (ventriculi laterales): 1-1 a telencephalonhólyagokban
 - III. agykamra (ventriculi tertius): diencephalonhólyagban
 - IV. agykamra (ventriculi quartus): rhombencephalonban
- Ürege szűk marad:
 - Mesencephalonhólyagban (aqueductus cerebri)
 - Gerincvelőben (canalis centralis)
- Velőcső tágult üregét az agyállomány egyenetlen vastagságban veszi körül

- Agykamra egyik fala egyetlen sejt vastagságú rétegben marad: lamina epithelialis

A velőcső üregének helyzetváltozása, caudalis szakasztól oralis irányba

- Kék: ependymasejtes bélés
- Piros: pia mater
- Tela choroidea: ependymasejt-réteg és pia mater lemezének összefekvése



35. A velőcső differenciálódása - a gerincvelő és az agyvelő kialakulása

Az embrió növekedésével párhuzamosan a velőcső megnyúlik és vékonyodik.

A velőcső koponya velé irányuló része intenzívebben fejlődik, kialakítva az elsődleges agyhólyagot.

A lassabban proliferálódó hátsó részből lesz a gerincvelő.

A velőcsövet bélelő hámsejtek erőteljes osztódása révén kialakulnak a gerincvelő és az agy sejtesszetevei.

A perifériás idegrendszer sejtjeinek kezdete

Először a glioblaszt és a neuroblaszt sejtek fejlődnek ki.

A glioblaszt sejtek gliasejtekké fejlődnek és megőrzik önmegújító képességüket, és gyakran osztódnak.

A glioblasztok radiál gliát is képeznek, biztosítva az asztrociták, ependymák és oligodendrociták létrejöttét.

A radiálglia sejtek nyúlványai lehetővé teszik a neuronok endimálisból a marginális rétegbe jutását (radiális migráció).

A neuronok posztmitotikus sejtek, osztódásra képtelenek.

A velőcső körül növekedő rétegek: endimális, közbülső és marginális rétegek.

Gerincvelő fejlődése:

A negyedik héten a közbülső réteg ventrálsan elhelyezkedő bazális és dorzálsan elhelyezkedő hónalji lemezre differenciálódik.

Hónalji lemezből alakul ki a szürkeállomány hátsó fele, bazális lemezből pedig az elülső.

A bazális lemezben fejlődő somato-motoros neuronok axont fejlesztenek, melyek elhagyják a gerincvelőt, és az ugyanazon szegmensben fejlődő harántcsíkolt izommal létesítenek kapcsolatot. Ez az ideg-izom szinapszis kezdetleges formája.

A sulcus limitans szintjén fejlődő vegetatív neuronok axont fejlesztenek, és elhagyva a gerincvelőt, autonóm dúcsejtekkel kommunikálnak.

A hónalji lemez neuronjai tovább osztódnak, és olyan magokat hoznak létre, melyek funkcionálisan kapcsolatban vannak a szenzoros információ feldolgozásával.

A szenzoros stimulust a pszeudo-unipoláris sejtek a hónalji lemezbe szállítják.

Ezek a sejtek a ganglionlécből differenciálódtak, és létrehozták a hátsó érző gyökeret a szegmensekben.

Ezek a szenzoros neuronok perifériális nyúlványai receptorokkal állnak kapcsolatban.

Az axonkötegek a marginális régióban találhatók. Vagy rövid, szegmensek közötti kapcsolatokhoz tartoznak, vagy a fő fel-, és leszálló pályákhoz, melyek összekötik a szegmenseket.

A velőcső feji végének kezdeti tagozódása

A velőcső feji végéből 3 agyhólyag alakult ki: prosencephalon, mesencephalon és rhombencephalon.

További differenciálódás után:

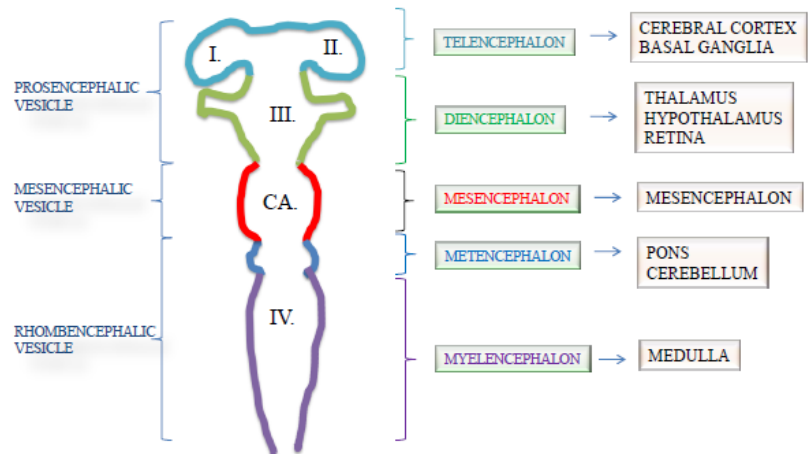
- prosencephalon -> telencephalon, diencephalon
- mesencephalon -> mesencephalon
- rhombencephalon -> metencephalon, myelencephalon

Üregek:

- prosencephalon: oldalkamra, 3. agykamra
- mesencephalon: cerebral aqueduct
- rhombencephalon: 4. agykamra

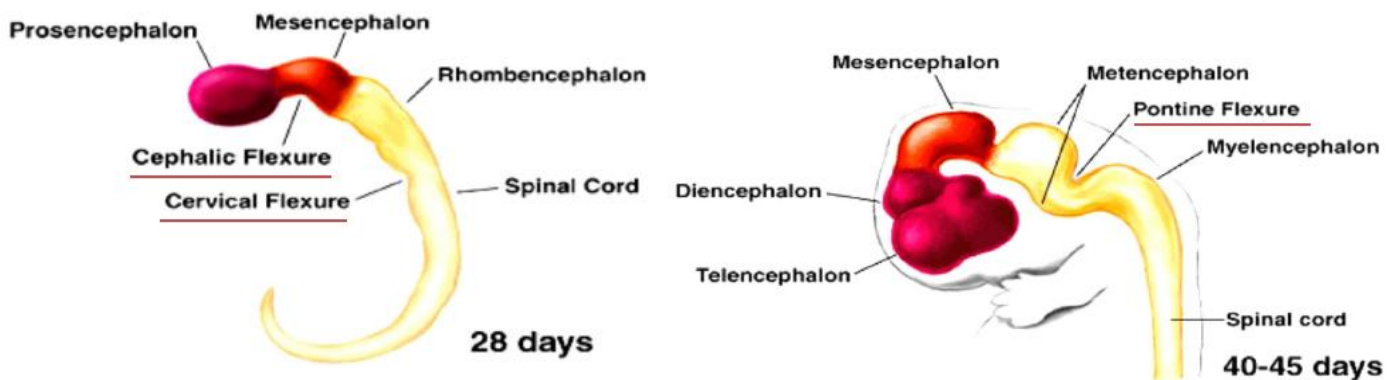
További differenciálódás:

- Telencephalon: agykéreg, törzsmagok
- Diencephalon: thalamus, hypothalamus, retina
- Mesencephalon: középagy
- Metencephalon: kisagy, híd
- Myelencephalon: nyúltvelő



Hajlatok:

- Nyaki: gerincvelő és a nyúltagy között
- Feji: középagy szintjén
- Pontin hajlat: rhombencephalon szintjén



36. Az agyhólyagok és az üregrendszer kifejtett agyban megfigyelhető származékai

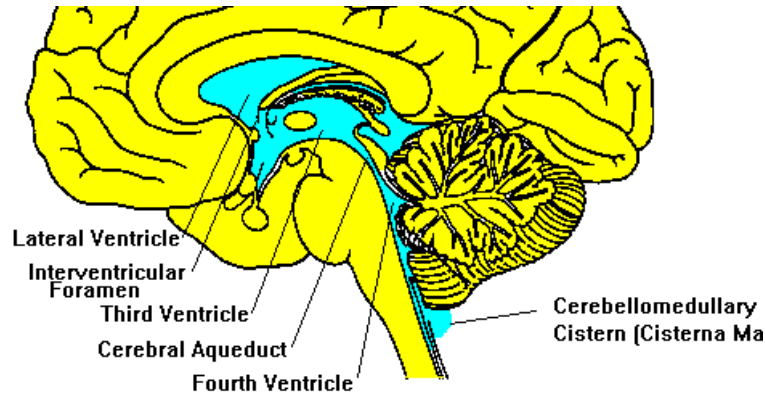
Az agyhólyagok üregrendszere

CSF: Cerebrospinal fluid

- a laterális, 3rd, 4th ventricle gyártja
- egy irányban folyik: „bentről” kifelé
- majd belekertül a véráramba
- összesen ~1,5 dl
- naponta ~5 dl termelődik

Feladatai:

1. Védelem: ütköző, védi az agyat köröskörül
2. Felhajtóerő: az agy nettó tömege az 1,4 kg helyett 50gram → kicsi a nyomás az agy alsó felszínén
3. A veszélyes anyagok elszállítása: egy irányban áramlik: el az agytól: gyógyszereket, mérgeket
4. Az egy endokrin rendszere: hormonokat szállít az agyon belül a felhasználási helyükre



Agyhólyagok kialakulása:

Koponya (+szív) gyorsabban fejlődik, 3 hólyag:

- elő -(prosencephalon)-,
 - 2 egységre válik szét:
 - köztiagy (diencephalon, eredetihez hasonló, szem idegrésze ebből fejlődik ki),
 - oldalirányba kitér a végagy (2 telencephalon hólyag)
- közép -(mesencephalon)-,
 - nem nagyon változik, vastagodik
- utóagyi -(rhombencephalon) hólyag.
 - metencephalon (agytörzs híd és kisagyi része)
 - myelencephalon (nyúltvelő)

2 hajlat:

- cephalikus: mesencephalon területén
- cervikális: gerincvelő, és nyúltvelő között → hasi oldal felé homorúak
- hídi hajlat: - pontális: hát felé → agytörzs: nyúltvelő, híd, kisagy

Elülső agyhólyag differenciálódása: diencephalon helyén marad, kiboltosul 2 hólyag, ami először előlről hátrafelé majd hátulról előre és lefelé fog nőni, vagyis betéríti a di-, és mesencephalont.

A prosencephalon további tagozódása

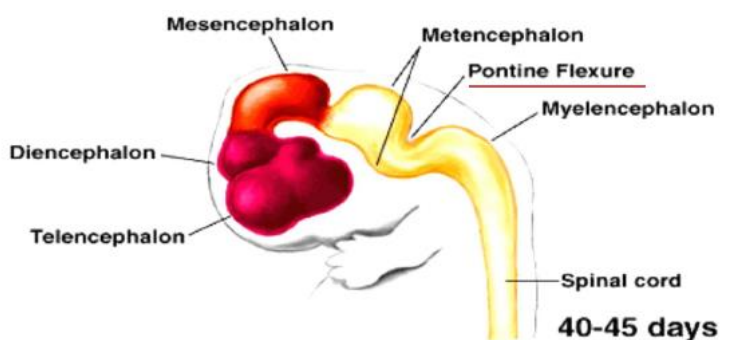
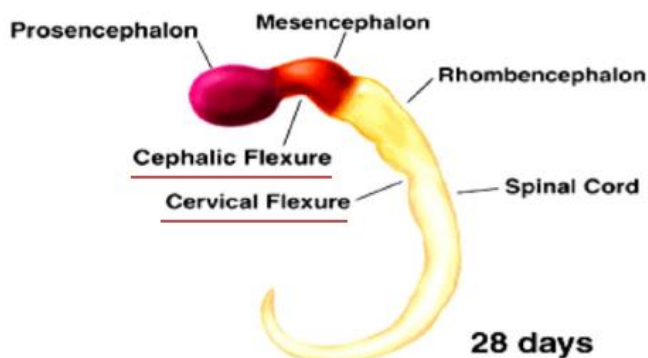
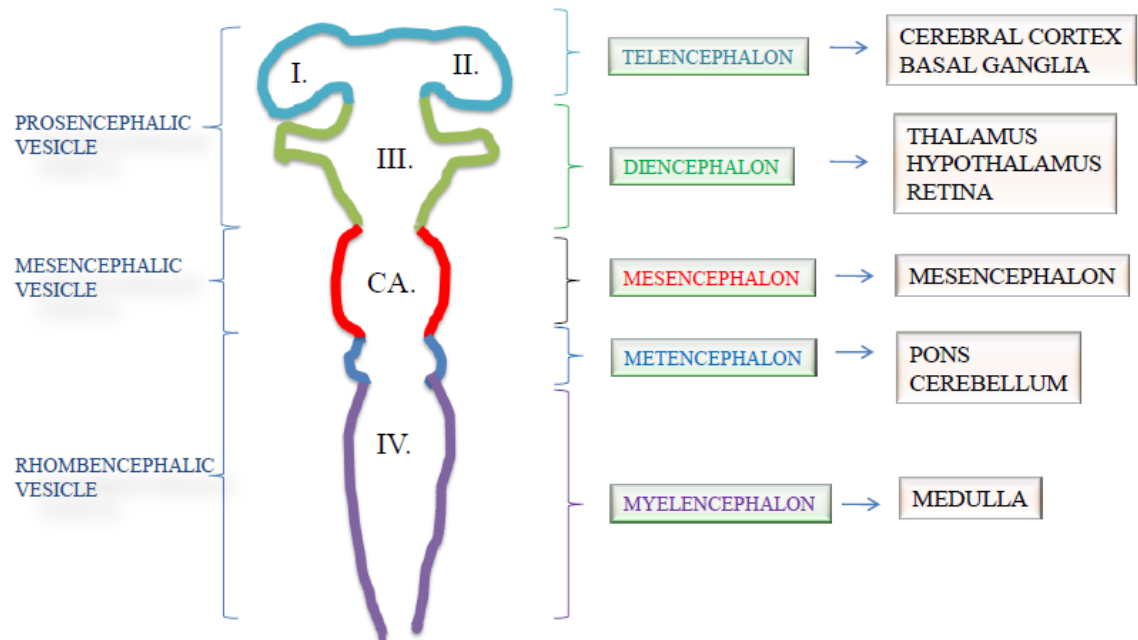
Prosencephalon származékai: kéreg területei:

- frontal lobe
- parietal lobe
- insula mélybe kerül (frontális, parietális, temporális körbenövi)
- occipital lobe
- temporal lobe

3 agyhólyagból származó struktúrák is üregesek:

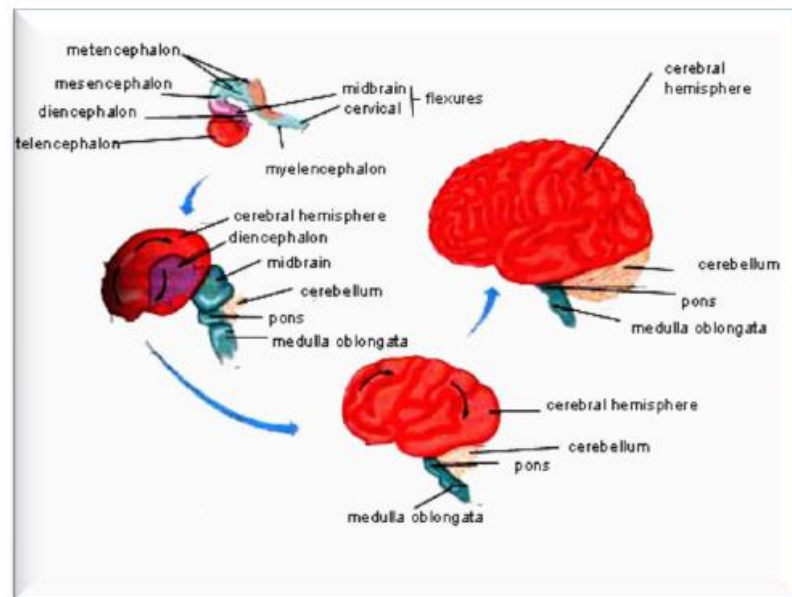
- telencephalon: oldalkamrák,
- diencephalon: 3. agykamra, mesencephalon: agyvízvezető
 - rhombencephalon: 4. agyhólyag

SCHEMATIC ILLUSTRATION OF BRAIN VESICLES AND THEIR DERIVATIVES



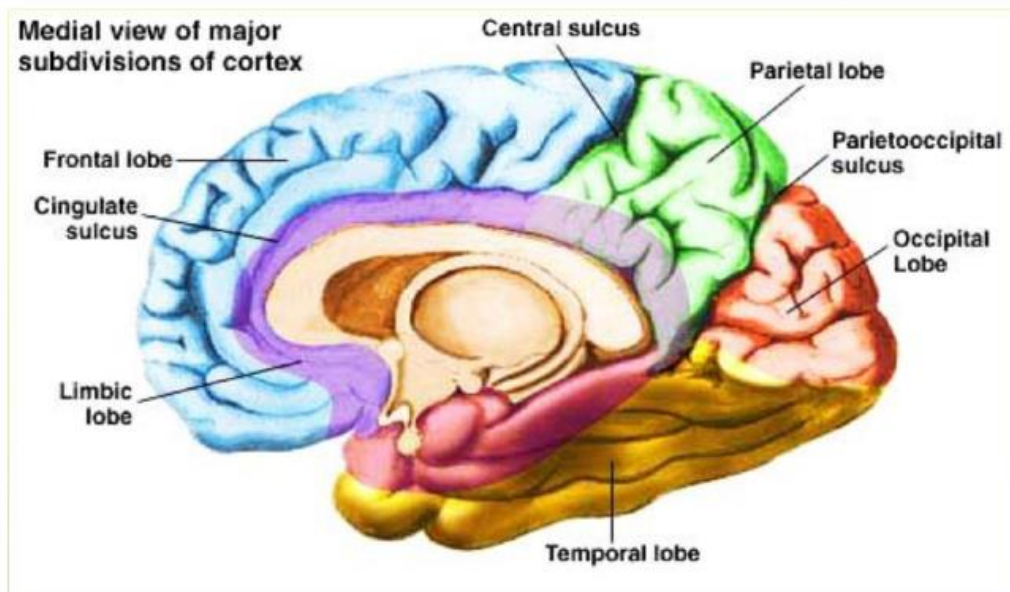
DIFFERENTIATION OF THE PROSENCEPHALON

D
I
E
N
C
E
P
H
A
L
O
N



T
E
L
E
N
C
E
P
H
A
L
O
N

Derivatives of prosencephalon



Itt a vége, fuss el véle!