**Szegedi Tudományegyetem**
**Általános Orvostudományi Kar**
**Anatómiai, Szövet- és Fejlődéstani Intézet**

**Mihály András**

# ANATOMIA ESSENTIALIS III.

# (ORVOSI NEUROANATÓMIA)

Szeged, 2006.

# ELŐSZÓ

A központi idegrendszer (KIR) csontokkal védett, lágy szöveti struktúrákból áll. Az agyvelő az agykoponya üregében helyezkedik el, ahol nemcsak a koponyaalap és a calvaria csontjai, hanem az agyburkok és az agyburkok lemezei között lévő agy-gerincvelői folyadék, a liquor cerebrospinalis is védelmezi. Mivel azonban a koponyacsontok (főleg a calvaria csontjai) törékenyek, az agyvelő igen sérülékeny. A mechanikai trauma által okozott sérülések többnyire maradandó agykárosodást okoznak. A gerincvelő hasonlóképpen védett: a gerinccsatorna (canalis vertebralis) erős csontos, porcos, szalagos védelmet nyújt. A gerincvelői agyburkok és a liquor védelmező hatásait kiegészíti a gerinccsatornában jelenlévő epidurális térség, amely zsírszövet tartalma révén is mechanikai védelmet nyújt. Ennek ellenére nem ritkák a gerincvelői léziók, amelyek többnyire csigolyatörések következtében jelentkeznek.

A KIR morfológiája bonyolult: megértése, megtanulása komoly absztrakciós képességeket igényel. Jellemző módon, még a 17. században sem tudták az agyvelőt pontosan, hiba nélkül ábrázolni; holott a tudományos igényű anatómiai ábrázolás ekkorra már nem jelentett gondot, hiszen Vesalius alapvető könyve, a „Fabrica” már megjelent. Sokat segít a tanulásban az egyes struktúrák között lévő funkcionális kapcsolatok megértése, illetve a struktúrák funkció felőli megközelítése (pl.: a neocortex felszínén történő tájékozódás esetén, az egyes neocortex funkciók lokalizálása). A struktúra a gerincvelő szintjén még viszonylag egyszerű: ezért a gerincvelő szerkezetének megértése alapvetően fontos, annál is inkább mert az agytörzs tulajdonképpen a gerincvelő folytatása, és szerkezete sok szempontból levezethető a gerincvelő szerkezetéből. Az agytörzs szerkezetének megértése kulcsot ad a felsőbb szintek szerkezetének megértéséhez, hiszen a diencephalon az agytörzshöz kapcsolódik, nemcsak anatómiai szempontból, hanem a kapcsolatok és a funkció szintjén is. A diencephalontól felfelé pedig érdemes rendszerekben gondolkodni (pl.: thalamocorticalis rendszerek, limbikus rendszer, extrapyramidalis rendszer), mert így az anatómiai képletek értelmet nyernek, és jobban megjegyezhetők. Hangsúlyozzuk, hogy modern képalkotó eljárásokkal (pl.: MRI) az anatómiai leírásokban szereplő struktúrák láthatóvá tehetők, és vizsgálhatók. Ezért ismeretük minden orvos számára fontos és elengedhetetlen. A jegyzet nem törekszik teljességre (ez a kézikönyvek feladata); a medikusok számára lényeges fogalmakat és

információkat szeretnénk átadni. Ezt a célt szolgálják a jegyzetben található vázlatos ábrák is. A tanulás során tanácsos ezeket önállóan reprodukálni (ezt mindenki meg tudja tenni, nem kell hozzá rajztehetség), mert a saját kézzel készített rajzok segítik a tanulást és a hosszú távú memória kialakulását. A cél ugyanis, hogy ne csak rövidtávú emlékeink („vizsgamemóriánk”) legyenek, hanem a klinikai tanulmányok során használható-hasznos tudásunk, amelyre felépíthetjük a betegségekkel kapcsolatos tudnivalókat. A szövegben vastag betűkkel írtuk az orvosi szakkifejezéseket, és azokat a bekezdéseket, amelyek különösen fontosak. A szerzői neveket első alkalommal nagybetűkkel szedtük: ezek a szerzői nevek a klinikai tankönyvekben és a szakzsargonban is használatosak, ezért ismeretük fontos.

Szerző itt köszönetet mond lektorának, Dr. med. Csillik Bertalan Professzor Úrnak, az MTA doktorának, a Belga Királyi Akadémia és a Német Természettudományi Akadémia (Leopoldina) tagjának, hogy szakmai szempontból ellenőrizte a szöveget. A szövegben látható radiológiai felvételeket a SZTE ÁOK Radiológiai Klinikájától kaptuk: ezúton köszönjük ezeket Dr. habil. Palkó András tanszékvezető egyetemi tanár Úrnak. Az MRI felvételeket Dr. Kardos Lilla, a Nemzetközi Egészségügyi Központ Kft. Képalkotó Centrum Igazgatója adta át: ezúton köszönjük. Köszönet illeti Dr. Weiczner Roland tanársegéd Urat, aki a kézirat szerkesztésében segített igen sokat. Az ábrák szerkesztését, digitalizálását Dr. Fenyő Róbert végezte. A fényképek a Gellért Albert Múzeum preparátumait örökítik meg, a fényképezés és digitális feldolgozás Dezső Mihály fényképész érdeme.

Szeged, 2006. augusztus

Dr. habil. Mihály András
tanszékvezető egyetemi tanár
az orvostudomány doktora

# BEVEZETÉS: RÖVID SZÖVETTANI ÖSSZEFOGLALÓ

Az emberi idegrendszer a **központi idegrendszerből** és a **perifériás idegrendszerből** áll. Előbbihez soroljuk a gerincvelőt és az agyvelőt, utóbbi a vegetatív idegrendszert, a perifériás idegeket és az érző dúcokat foglalja magába.

A **központi idegrendszer** szövetei idegsejteket, gliasejteket, kevés kötőszövetet és ereket tartalmaznak. A szövetben csak kevés sejtközötti állomány található, az extracelluláris tér pedig igen kicsiny (csak elektronmikroszkóppal látható).

Az **idegsejtek** (**neuronok**) elektromos impulzusok vezetésére specializált, osztódásra már nem képes sejtek. A neuronok nyúlványokkal rendelkeznek, melyek a sejttestből indulnak ki. Ezek a nyúlványok a **dendritek,** illetve az **axon**. Egy idegsejten sok dendritet találhatunk, azonban axonból mindig csak egy van. Mind a dendritek, mind pedig az axon membránjai olyan ionegyensúlyt tartanak fenn, amelynek változásai elektromos jeleket (pl.: depolarizációt, hiperpolarizációt, akciós potenciált) tudnak létrehozni. A nyúlványok közötti összeköttetéseket **szinapszisnak** nevezzük **(1. Táblázat)**. A szinapszis sejtközötti kapcsolat (junkció), melynek részletes felépítése csak elektronmikroszkóppal vizsgálható. Egyes junkciók a nexusokhoz hasonló morfológiát és biokémiai összetételt mutatnak: ezek az **elektromos szinapszisok**. A szinapszisok másik típusában az akciós potenciálok kémiai anyagokat szabadítanak fel a nyúlványból. Ezek a **kémiai szinapszisok**. A szinapszisnak két része van: a **preszinaptikus axonvégződés** és a **posztszinaptikus dendrit** vagy egy **sejttest.** A preszinaptikus és posztszinaptikus elemek egymással kapcsolódnak. A kapcsolatok kissé hasonlóak a hámsejtek közötti intercelluláris junkciókhoz (lásd: citológia). A kapcsolódás helye az idegsejt membránján lévő speciális terület, ahol a két sejtmembránt egy keskeny rés **(szinaptikus rés)**, és az azt kitöltő extracelluláris makromolekulákból álló mátrix választja el egymástól. **A preszinaptikus végződés az 1. számú neuron, a posztszinaptikus dendrit vagy sejttest a 2. számú neuron része.** A preszinaptikus axonvégződés kémiai anyagokat tartalmaz (főként peptideket és aminosavakat), melyeket **transzmitter** anyagoknak hívunk – egyszerűen azért, mert ezek az anyagok juttatják át az elektromos jeleket egyik sejtről a másikra **(2. Táblázat)**. A folyamat neve **kémiai szinaptikus transzmisszió,** magyarul kémiai

ingerület áttevődés. A transzmitterek kis hólyagocskákban, vezikulákban tárolódnak – ezek a **szinaptikus vezikulák**. Minden transzmitter molekulának saját **receptora** van az idegsejt membránjában - ezek a receptorok sok gyógyszer célpontjai is. A transzmitter receptorok egyik csoportja **(ionotróp receptorok) ioncsatornákhoz** kötődnek a membránban, amelyek a helyi ionkoncentrációt és a membrán elektromos töltését képesek megváltoztatni **(2. Táblázat)**. A transzmitterek másik csoportja **(metabotróp receptorok)** G-proteinek révén enzimeket regulálnak, amelyek biokémiai folyamatok révén (pl.: foszforiláció) okoznak ionáram-változásokat. A transzmitter felszabadulását a preszinaptikus idegvégződésen át érkező ingerület váltja ki. A szinaptikus vezikulák exocitózissal ürítik ki transzmitter tartalmukat, ezután a transzmitter átdiffundál a szinaptikus résen és a posztszinaptikus membránon, kötődik a receptorhoz. A transzmitter–receptor kölcsönhatás az ioncsatornák zárása/nyitása révén a posztszinaptikus membrán elektromos tulajdonságainak megváltozását idézi elő (posztszinaptikus depolarizáció vagy hiperpolarizáció jön létre). A szinapszis kémiai anyagai így képesek az elektromos jeleket az egyik sejtről a másikra átjuttatni: az 1. neuron elektromos jele kémiai transzmittert szabadít fel, amely a szinaptikus résen átjutva megváltoztatja a 2. neuron membránjainak elektromos tulajdonságait – vagyis egy újabb elektromos szignált produkál. Az idegsejtek **(3. Táblázat)** és nyúlványaik (a dendritek és az axonok) alkotják a központi idegrendszer **szürkeállományát.**

**A gliasejtek (4. Táblázat)** száma a központi idegrendszer minden részében meghaladja az idegsejtek számát. Kisebbek, mint az idegsejtek, és proliferációra képesek (osztódó sejtek). A glia proliferációhoz specifikus (többnyire kóros) molekuláris jelekre van szükség. A központi idegrendszerben háromféle gliasejtet különböztetünk meg, ezek az **astrocyta,** az **oligodendrocyta,** az **ependyma** és a **microglia**. Az astrocyták a neuronok társai – segítenek a transzmitterek szintézisében és a neuronokat körülvevő extracelluláris tér összetételének (pl.: pH, ionkoncentrációk) fenntartásában. Az oligodendrocyták az axonok körül velőshüvelyt **(myelin)** képeznek – a myelin az axont elektromosan szigeteli és segíti az elektromos impulzusok vezetését. A microglia sejtek mezodermális eredetű fagociták és elsősorban a gyulladásokban játszanak szerepet. A gliasejtek és az axonok egy része alkotja az agy és a gerincvelő **fehérállományát**. A központi idegrendszeri fehérállomány jellegzetes betegsége a **sclerosis multiplex**, amely az axonokat borító myelin pusztulásával kezdődik. Az ependyma az agykamrákat béleli.

Az idegszövet gazdag vérellátással rendelkezik. Az agy és a gerincvelő felszínén nagyméretű erek futnak. A szövet belsejében olyan kisméretű erek és kapillárisok vannak, amelyek fala igen jól zár és az anyagok (oxigén, széndioxid, cukor, aminosavak, vitaminok, gyógyszerek, stb…) transzportját szigorúan ellenőrzi. Ennek a szigorú szabályozásnak a **vér-agy-gát** a neve. A vér-agy-gát bármilyen károsodása komoly patológiai következményekhez, leggyakrabban **agyödémához** vezet. A nagyobb agyi erek sérülése **agyvérzést (stroke, szélütés)**, **agyi infarktust** vagy **intracranialis vérzést** idéz elő, melyek mindegyike az életet veszélyezteti, és minden esetben az idegsejtek pusztulásához, az asztrociták és a microgliasejtek burjánzásához vezet. A glia proliferáció során az agyban vagy a gerincvelőben hegszövet keletkezik, amely semmiféle funkcióra nem képes. A központi idegrendszer idegsejtjei nem tudnak osztódni, így az agyban és a gerincvelőben nincs regeneráció, vagyis a fent említett betegségek az idegrendszeri funkciók elvesztéséhez vezetnek. Ilyen funkcióvesztés a beszédzavar, a látás zavara, az akaratlagos mozgások elvesztése (bénulás), illetve olyan kóros mozgások kialakulása, amelyeket akarattal nem befolyásolhatunk (pl.: izomrángások, izomremegés).

Normális körülmények között az agyi vérkeringés legfontosabb szabályozója az agyműködés maga: a fokozott neuronális aktivitás hatására jelentősen nő a szöveti vérátáramlás. Az agy felszínén futó nagy erek vegetatív- és érző beidegzéssel is rendelkeznek.

**1. Táblázat: Az interneuronális szinapszisok főbb élettani és morfológiai tulajdonságai.**

| **Paraméterek (elektronmikroszkópia, mikroelektrofiziológia)** | **Elektromos szinapszis** | **Kémiai szinapszis** |
|---|---|---|
| **Pre- és posztszinaptikus membránok távolsága (szinaptikus rés)** | 2-4 nm (“gap junction”-höz hasonló) | 40-100 nm |
| **Ultrastruktúra jellegzetessége** | Connexonok | Szinaptikus vezikulák |
| **Ingerület átviteli szignálja** | Ionok, kis molekulák | Kémiai transzmitterek (lásd 2. Táblázat) |
| **Szinaptikus késés** | Nincs | 1-5 msec |
| **Transzmisszió iránya** | Mindkét irányban | Egyirányú |
| **Átvihető információ** | Az ionáramok és a kisméretű molekulák nem annyira információt, mint inkább kommunikációt jelentenek | A többfajta transzmitter és a nagyszámú transzmitter receptor miatt jelentős információ mennyiség adható át |
| **Előfordulása** | Emlős KIR-ben előfordulnak, de nem gyakoriak | Az emlős KIR domináns szinapszis típusa |
| **Morfológiai megjelenése (leggyakrabban)** | Neuron-neuron; astrocyta-neuron | Axo-dendritikus; axo-szomatikus; axo-axonális; dendro-dendritikus |

**2. Táblázat: Transzmitter anyagok az emlős központi idegrendszerben, és a transzmitterekhez rendelhető receptorok és ionáramok.**

| TRANSZMITTER | RECEPTOR | IONÁRAM/EXCITABILITÁS |
|---|---|---|
| **Acetilkolin** | **Nikotinos receptor (ionotróp); muszkarinos receptor (metabotróp)** | **$Na^+$, $K^+$, $Ca^{++}$ Excitatorikus hatások** |
| **Glutaminsav** | **NMDA, AMPA és kainát típusú ionotróp receptorok; metabotróp receptorok** | **$Na^+$, $K^+$, $Ca^{++}$ Excitatorikus hatások** |
| **4-aminovajsav (GABA)** | **GABA "A" (ionotróp) és "B" (metabotróp) típusú receptorok** | **$Cl^-$, $K^+$, $Ca^{++}$ Gátló hatások** |
| **Glicin** | **Glicin receptor (ionotróp)** | **$Cl^-$ Gátló hatások** |
| **Dopamin** | **Dopamin 1, 2, 3, 4, 5 típusú receptorok (metabotróp receptorok)** | **$Ca^{++}$, $K^+$; enzimek működését befolyásolják; $D_1$, $D_5$ excitatorikus; $D_{2,3,4}$ inhibitorikus** |
| **Szerotonin** | **Legalább hét különböző típus (metabotróp receptorok)** | **$Na^+$, $K^+$ Gátló hatások** |
| **Noradrenalin** | **Alfa- és béta adrenerg receptorok (metabotróp receptorok)** | **$Ca^{++}$, $K^+$ Alfa: gátló hatások Béta: moduláló hatás** |
| **Neuropeptidek** | **A neuropeptidek nagy száma miatt a receptorok is sokfélék (metabotróp receptorok)** | **Saját ioncsatornájuk nincs, biokémiai folyamatokkal, közvetetten modulálják az ioncsatornákat** |

**3. Táblázat: A KIR főbb és igen jellegzetes morfológiájú neurontípusai, és transzmittereik.**

| **Neuron** | **Hol található** | **Fő transzmittere (emellett más transzmitterek-neuropeptidek is lehetnek bennük)** | **Típusa (projekciós neuron, interneuron)** |
|---|---|---|---|
| **Primer szenzoros neuron** | Érző ganglionok | Glutaminsav | Pseudounipolaris sejt, amelynek centrális axonja a gerincvelőbe és az agytörzsbe halad, perifériás axonja pedig a receptorokhoz. |
| **Deiters-féle motoneuron** | Gerincvelő, lamina IX | Acetilkolin | Multipolaris projekciós neuron, a vázizmokhoz halad. |
| **Renshaw-féle sejt** | Gerincvelő, lamina VII | Glicin | Az ún. recurrens gátlás interneuronja. |
| **Purkinje-sejt** | Kisagykéreg | GABA | A kisagykéreg projekciós neuronja. |
| **Kosársejt** | Kisagykéreg, nagyagykéreg | GABA | Fontos gátló interneuron. |
| **Szemcsesejt** | Kisagykéreg | Glutaminsav | Fontos ingerlő interneuron. |
| **Golgi-sejt** | Kisagykéreg | GABA | Gátló interneuron. |
| **Mitrális sejt** | Bulbus olfactorius | Glutaminsav | A bulbus projekciós neuronja. |
| **Kandeláber-sejt** | Nagyagykéreg | GABA | Fontos nagyagykérgi interneuron. |
| **Betz-féle piramissejt** | Gyrus precentralis | Glutaminsav | A piramispályába projektáló óriás (cca. 90-110 μm) neuron. |

**4. Táblázat: A KIR főbb gliasejt-típusai.**

| Glia | Hol található | Morfológiája | Funkciója |
|---|---|---|---|
| **Astrocyta** | Fehérállomány és szürkeállomány. | Nyúlványos sejt, a sejtek között gyakori a nexus, a citoplazma GFAP-t tartalmaz. | Transzmitterek felvétele, metabolizmusa, ionok és víz felvétele és transzportja, barrierek létesítése. Proliferációra képes. |
| **Oligodendroglia** | Döntően fehérállomány, de a szürkeállomány is. | Kevés nyúlvánnyal rendelkező apró sejt. | Myelinhüvely képzése, fenntartása. |
| **Ependyma** | Az agykamrákat bélelő sejt. A plexus choroideust borító köbös hámsejt is az ependyma származéka. | Hengerhám-szerű (a plexusoknál köbhám) sejt, felszínén csillók és microvillusok vannak. | Az agy-liquor barrier kialakítása; plexus choroideusnál a vér-liquor barrier fenntartása. |
| **Microglia** | Fehérállomány és szürkeállomány (vándorlásra képes, mozgékony sejt). | A nyugvó microglia kevés nyúlvánnyal rendelkezik. | Monocyta eredetű sejt, immunglobulin receptorokkal rendelkezik. Proliferációra, fagocitózisra képes immunsejtnek tekinthető. |

# 1. A KÖZPONTI IDEGRENDSZER (KIR) ANATÓMIAI JELLEMZŐI

A központi idegrendszer (KIR) a gerincvelőből és az agyvelőből áll; ez a két struktúra **fejlődéstani**, **anatómiai** és **funkcionális-pathológiai egységet** képez. Fejlődéstani szempontból az **ektodermális velőcső** származékai. A velőcső vastag, differenciálatlan neuroepithelium falából fejlődnek a neuronok és a gliasejtek. A cső ürege differenciálódva kialakítja a KIR kamrarendszerét. Az agykamrák és a canalis centralis összefüggő, ependymával bélelt üregek, amelyek a **liquor cerebrospinalis**nak **(röviden: liquor)** nevezett tiszta folyadékot tartalmazzák.

## 1.1. A központi idegrendszer fejlődéstani eredete és anatómiai struktúrái

A velőcső caudalis része henger alakú, falának többrétegű neuroepitheliuma a gerincvelő szürkeállományát és fehérállományát alakítja ki. Az ürege egyre szűkül, míg végül kialakul belőle a **canalis centralis**, amely a KIR kamrarendszerének gerincvelői szakasza. A gerincvelő megőrzi elnyúlt hengeres alakját, és a test középvonalában marad, összegyűjti a perifériás szövetekből (kültakaró, izmok, ízületek, zsigerek) érkező idegeket. Az agyvelő a velőcső feji végének származéka: rohamos fejlődése során sokkal nagyobb lesz, mint a gerincvelő. A velőcső itt kitágul, és ún. **agyhólyagokat** alakít ki. Első lépésben három agyhólyag jelenik meg, amelyek egymás után, cranio-caudalis irányban sorjáznak: a **prosencephalon**, a **mesencephalon** és a **rhombencephalon**. A gyors növekedés és sejtproliferáció következtében a prosencephalonból mindkét oldalt **telencephalon** hólyagok nőnek ki – a majdani nagyagy féltekék. A telencephalon ürege az **oldalkamrákat (ventriculus lateralis)** alakítja ki. A prosencephalon középső része a telencephalon hólyagok közé szorul: ez lesz a **diencephalon (köztiagy)**. A köztiagy ürege a **III. agykamra (ventriculus tertius)**. A prosencephalon tehát három további agyhólyagra differenciálódik: két telencephalon hólyag és egy középső diencephalon hólyag

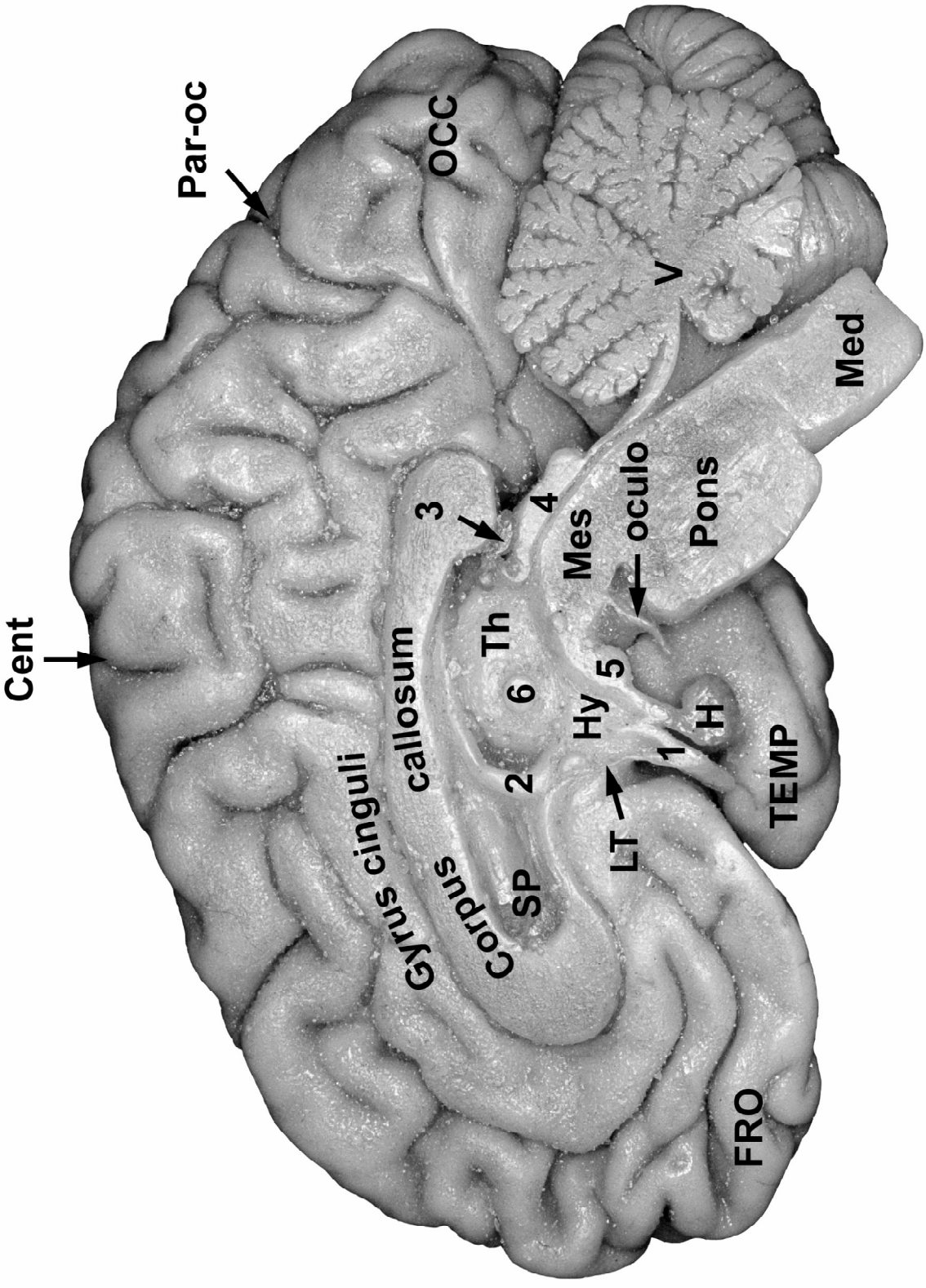
fejlődik belőle. A **mesencephalon** nem osztódik: az agytörzs legfelső részét, a középagyat alakítja ki, ürege keskeny vezeték, az **aqueductus cerebri**. A rhombencephalon két részre oszlik: a cranialis **metencephalon** a **híd (pons)** és **a kisagy (cerebellum)** előfutára. A caudalis **myelencephalon** a **nyúltvelővé (medulla oblongata)** differenciálódik. A rhombencephalon ürege a **IV. agykamra (ventriculus quartus)**. Amíg a nyúltvelő közvetlen folytatása a gerincvelő nyaki szakasza, addig a IV. agykamra a canalis centralisszal folytonos. A KIR anatómiai felosztása és az agyhólyagok érett struktúrákká történő differenciálódását az 5**. Táblázatban** összefoglaltuk.

A **gerincvelő (medulla spinalis)** anatómiai szempontból egyszerű, és egyes szakaszain csupán a vastagsága változik. A gerincvelői idegek **(nervi spinales)** ventralis és dorsalis gyökérrostok **(fila radicularia)** formájában kapcsolódnak hozzá. A gerincvelőt zsákként borítják az agyhártyák, amelyek a **gerinccsatornához (canalis vertebralis)** rögzítik. A subarachnoidalis térben lévő liquor mindenütt körülveszi.

A gerincvelő folytatásába eső **agytörzs (truncus cerebri)** három jól elkülönült szakaszra tagolódik: a **nyúltvelő (medulla oblongata, bulbus)**, a **híd (pons)** és a **középagy (mesencephalon)** felszínén az **agyidegek (nervi craniales)** figyelhetők meg **(6. Táblázat)**. Az agytörzs dorsalis felszínéhez a **kisagy (cerebellum)** kapcsolódik a **kisagykarok (pedunculi cerebellares)** révén: ezek vaskos fehérállomány kötegek, amelyek a kisagyba haladó és a kisagyat elhagyó pályákat tartalmazzák. A kisagy és az agytörzs dorsalis felszíne a **IV. agykamra** sátor alakú üregét rejti.

A mesencephalon cranialisan a diencephalonban folytatódik. A **diencephalon** leginkább az agyvelő ventralis felszínén látható, ahol a látóideg kereszteződés **(chiasma opticum)** és a mesencephalon basisa között foglal helyet. A diencephalon többi része rejtett: az agyféltekék mély struktúrái takarják. Ha az agyféltekéket egy középsíkú (median sagittalis) metszéssel elválasztjuk, a diencephalon dorsalis és ventralis részei, vagyis a **thalamus**, a **hypothalamus**, és a **III. agykamra** medialis felszíne megfigyelhetők. A III. kamra elülső fala a **lamina terminalis** vékony agyszöveti lemez, amely a prosencephalon hólyag maradványának tekinthető.

A telencephalon hólyagokból két nagy **hemispherium cerebri** fejlődik. A jobb és bal hemispheriumot a **fissura longitudinalis cerebri** választja el. A fissura alján a hemispheriumokat összekötő nagy fehérállomány-commissura található: ez a **corpus callosum**. A féltekéket az **agykéreg (cortex cerebri)** borítja, amely szürkeállomány.




Cent: sulcus centralis; Par-oc: sulcus parietooccipitalis; FRO: polus frontalis; OCC: polus occipitalis; SP: septum pellucidum; TEMP: polus temporalis; Th: thalamus; Hy: hypothalamus; H: hypophysis cerebri; oculo: nervus oculomotorius; Mes: mesencephalon; Med: medulla oblongata; V: vermis, 1: chiasma opticum; 2: fornix; 3: corpus pineale; 4: tectum mesencephali; 5: corpus mammillare

Az emberi agykéreg **tekervények (gyrusok)** és **barázdák (sulcusok)** rendszeréből áll. Az agykéreg alatt fehérállomány van, amely az agykéregbe érkező illetve onnan távozó idegrostokból áll. A hemispherium tetejének horizontalis metszetén a fehérállomány agykéreggel szegélyezett egységes struktúra, az ún. **centrum semiovale**. A centrum semiovale síkja alatt (vagyis a hemispheriumok mélyén) a **basalis ganglionok (nuclei basales)** rendszere található. Ezek igen nagy szürkeállomány struktúrák, amelyek a telencephalon falának származékai. A fejlődés folyamán részint a thalamus felszínéhez nyomódnak, részint körülnövi őket a hemispheriumok fehérállománya, ezért csak az agyszeleteken tűnnek elő. Egyik tagjuk, a **nucleus caudatus** azonban az oldalkamrába türemkedik és ott látható. Másik nagy basalis dúc a **nucleus lentiformis** a thalamustól lateralisan helyezkedik el, és szeleteléssel tárható fel.

## 1.2. A központi idegrendszer burkai, vérellátása és az agykamrák

A velőcsővel egyidőben fejlődnek-differenciálódnak az **agyhártyák (meninges)**. A velőcső felszínét borító vékony mesoderma réteg és ectoderma eredetű sejtek folytonos hártyákat képeznek a KIR felszínén. Ezek a hártyák védelmezik az idegszövetet, segítik a vérerek behatolását a megfelelő agyterületekbe és egy zárt, folytonos folyadékteret hoznak létre az agyvelő és a gerincvelő körül. A térség neve **spatium subarachnoideum**. A subarachnoidalis térben liquor van, vagyis az agyvelő és a gerincvelő folyadékkal töltött csontos üregben található. Ez a folyadéktér további védelmet biztosít a lágy és sérülékeny idegszövetnek. Az agyhártya külső lemeze igen kemény, tömött rostos kötőszövet: a **pachymeninx** vagy **dura mater (kemény agyhártya)**. A belső lemez (amely a subarachnoidalis teret létrehozza) lágyabb szövet, több rétegben veszi körül a KIR-t: a **leptomeninx (lágy agyhártya)**.

A KIR vérellátását két pár artéria szolgáltatja: a jobb és bal **arteria vertebralis** (az arteria subclavia ágai) és a jobb és bal **arteria carotis interna** (az arteria carotis communis ágai). Az arteria vertebralis a foramen magnumon át jut a koponyába, illetve a subarachnoidalis térbe. Az arteria carotis interna az os temporale canalis caroticusán keresztül jut a koponya üregébe. Az arteria vertebralis ágai a gerincvelőt is ellátják. Az agyvelő vénás vérét a **vena jugularis interna** vezeti el a vena

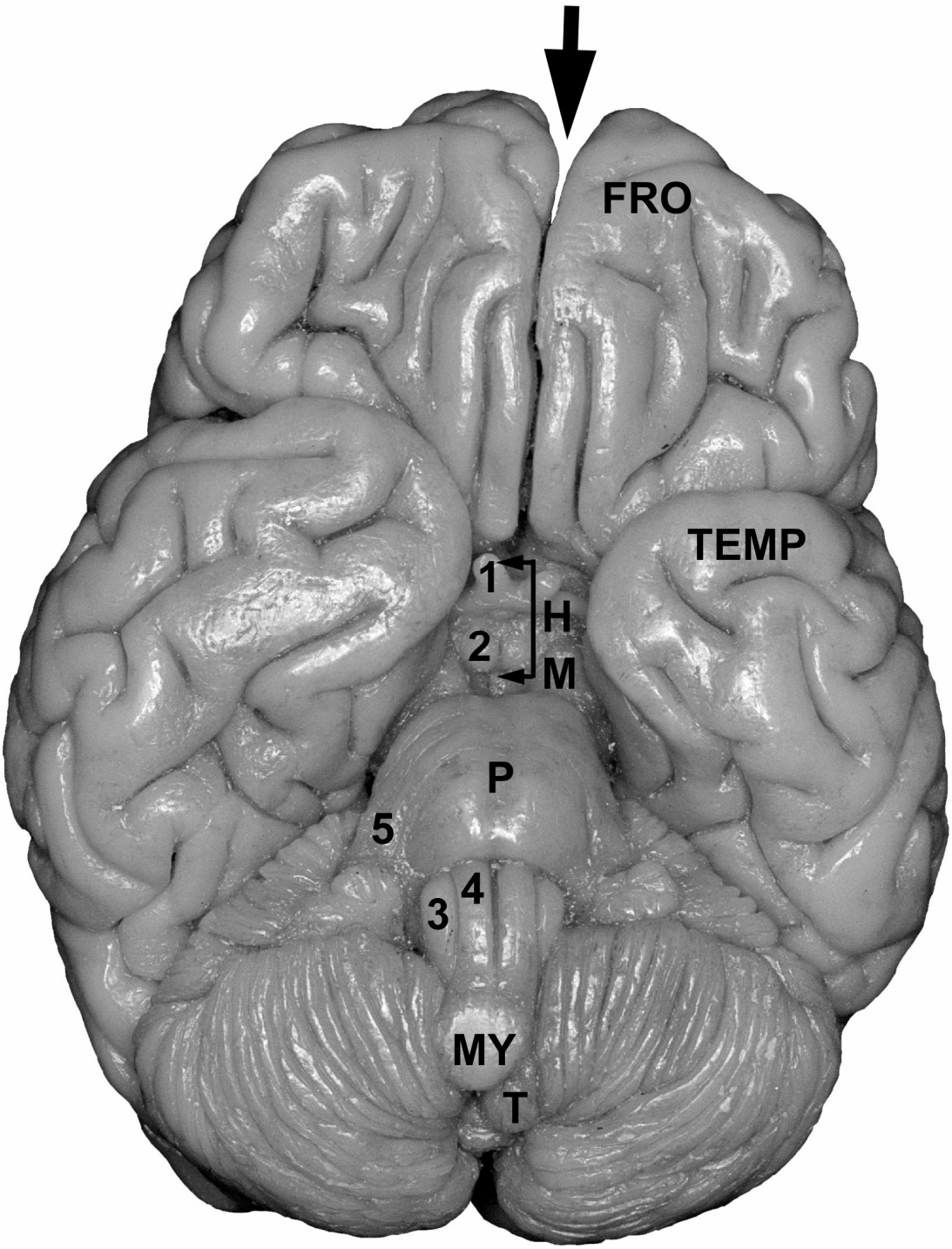
brachiocephalica-ba. A gerincvelő vénái a gerinccsatornában lévő **plexus venosus vertebralis internusba** ömlenek. A gerinccsatorna vénás fonatát a szegmentális vénák vezetik el (venae intercostales, venae lumbales, etc...).

Az agykamrákban **liquor cerebrospinalis** található. A folyadékot speciális kapilláris fonatok termelik, amelyek a kamrák üregébe betüremkedett lágy agyhártyai képződmények, a **plexus choroideusok**. A **plexus choroideus** belsejében fenestrált kapillárisok vannak, kamrai felszínét pedig jól záró **egyrétegű köbhám** borítja, amely a kamrákat bélelő ependyma származéka. A kapillárisokból kiszűrődő folyadék a plexus köbhámsejtek aktív transzportja révén kerül a kamra üregébe. A plexusok az oldalkamrában, a III. és a IV. agykamrában találhatók. A liquor folyamatosan termelődik és kering. A keringés az oldalkamrákból a **foramen interventriculare**-n keresztül a III. agykamrába, onnan az **aqueductus cerebri** révén a IV. kamrába irányul. A IV. agykamrából a liquor a subarachnoidalis térbe kerül, ahol a keringés iránya a sinus sagittalis superior. A nagy vénás sinus falában lévő mikroszkopikus "szelepek" **(villi arachnoideales)** a liquort végül a vénás vérbe terelik. A liquorkeringést tulajdonképpen a liquortérben uralkodó nyomás és a központi vénás nyomás különbsége tartja mozgásban. A liquorkeringés kóros akadályoztatása esetén hydrocephalus (vízfejűség) alakul ki.

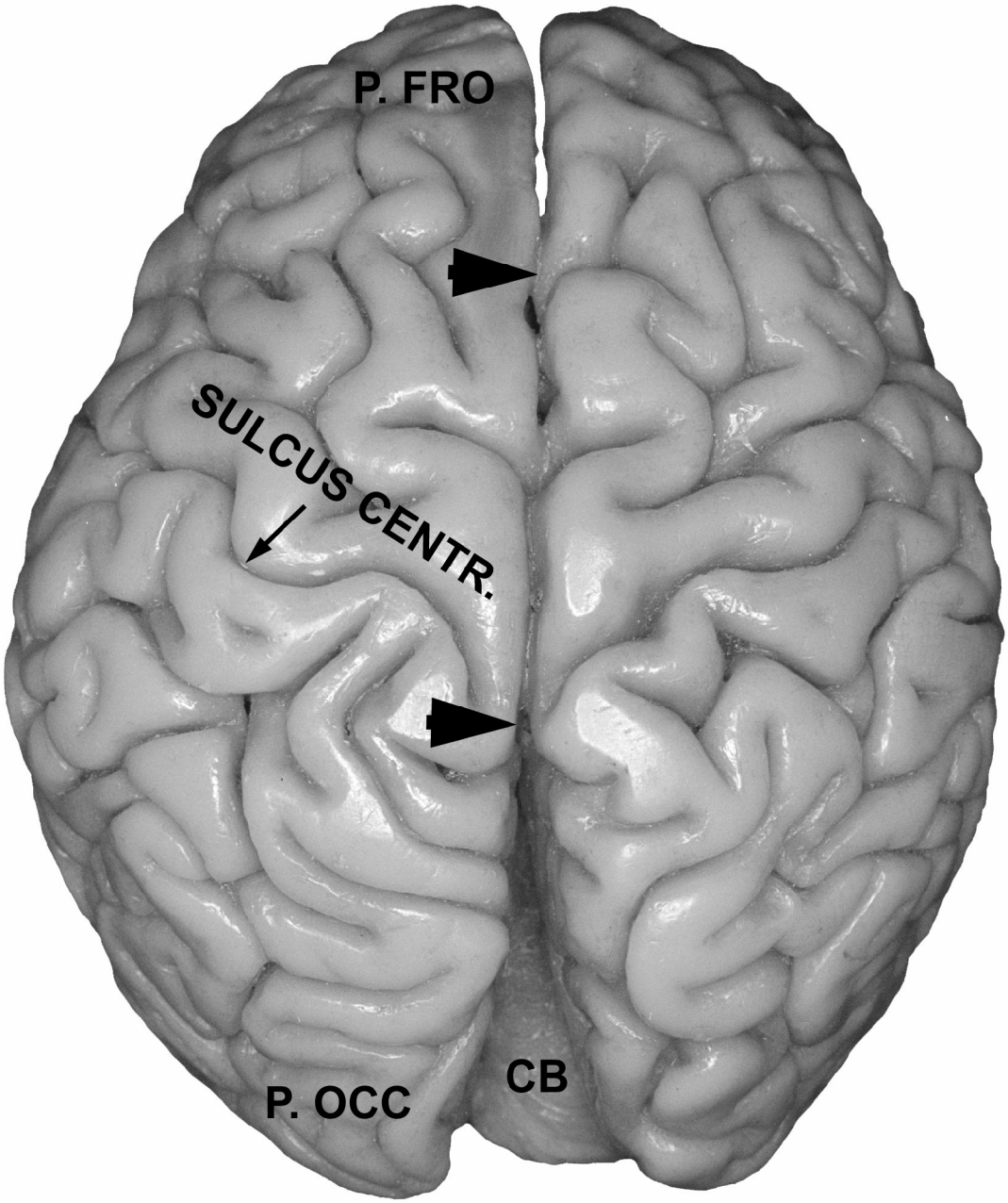
## 1.3. Tájékozódás az agyvelő felszínein

**A basalis felszínen** legelöl a neocortex frontalis lebenyének alsó (orbitalis) felszíne és a **polus frontalis** (a lebeny elülső vége) látható. Ezen a felszínen megfigyelhető még a **bulbus olfactorius (szaglógumó)**, és a folytatásába eső **tractus olfactorius**, amely a látóideg kereszteződés (chiasma opticum) előtt kiszélesedve a **trigonum olfactoriumban** végződik. Mivel a bulbus és a tractus könnyen leválik az agyvelőről, régi anatómusok agyidegnek vélték. Valójában az első agyideg a fila olfactoria rendszere, amely a lamina cribrosán áthaladva a bulbus olfactoriusban végződik.

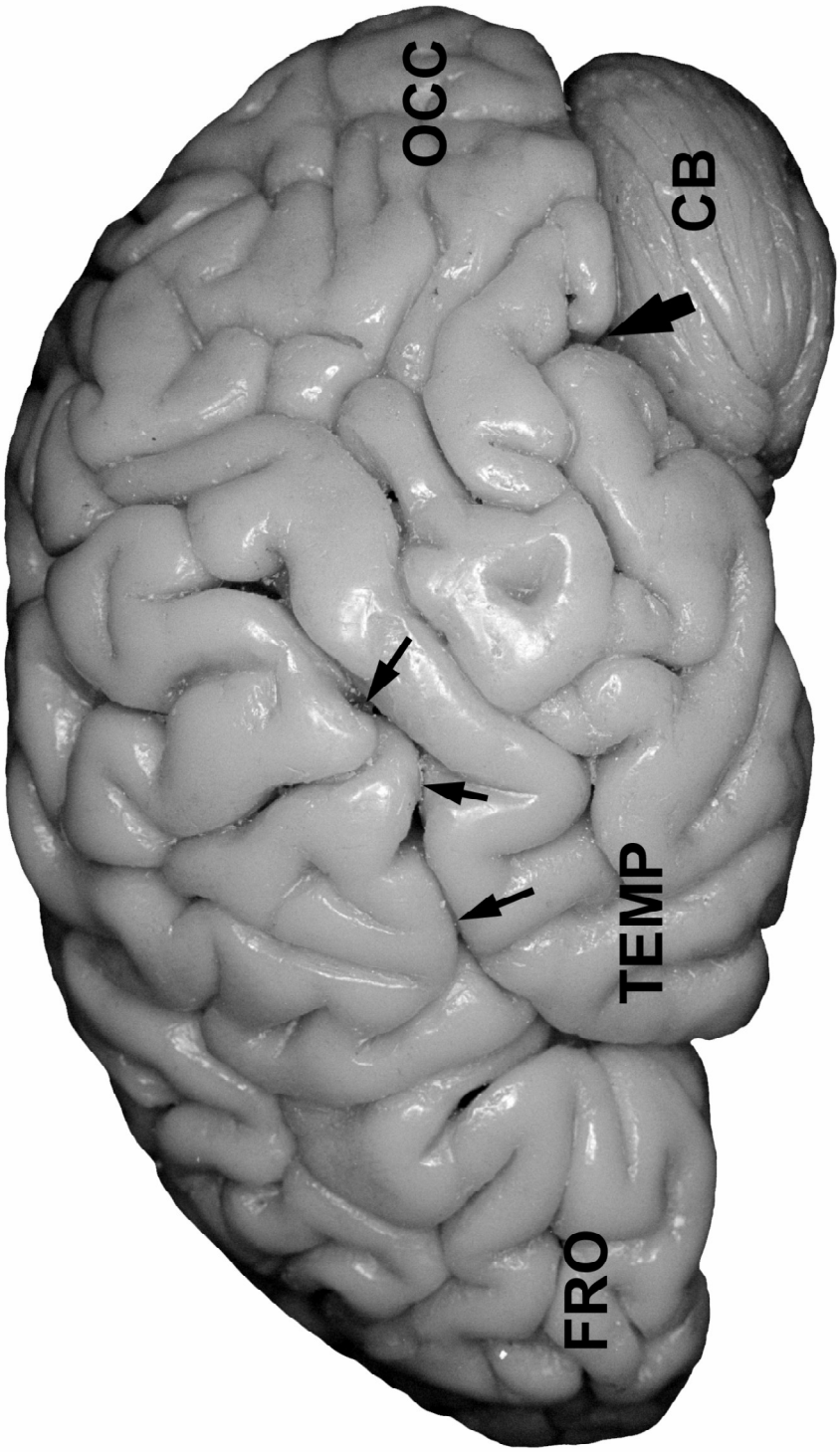
A trigonum olfactorium mögött lyuggatott felszínű szürkeállományt látunk: ez a **substantia perforata anterior**, ahol erek lépnek át. A frontalis lebeny mögött, a basalis felszínen a temporalis lebenyek alsó felszínei és a **polus temporalis** különíthetők el. Hátrafelé, a temporalis lebeny anatómiai határ nélkül megy át az occipitalis lebeny basalis felszínébe, végül pedig a **polus occipitalis** következik.




FRO: polus frontalis; TEMP: polus temporalis; H: hypothalamus; 1: nervus opticus; 2: corpus mammillare; M: mesencephalon; P: pons; MY: medulla oblongata; T: tonsilla cerebelli; 3: oliva inferior; 4: pyramis; 5: pedunculus cerebellaris medius. Nyíl: fissura longitudinalis cerebri




Nyilak: fissura longitudinalis cerebri. Vékony nyíl: sulcus centralis (ROLANDO). P.FRO: polus frontalis; P.OCC: polus occipitalis; CB: cerebellum




A kis nyilak a sulcus lateralis cerebri-re mutatnak, A vastag nyíl az incisura preoccipitalis-t jelzi (a temporalis és occipitalis lebeny határa). CB: cerebellum.

A trigonum olfactorium mögött, középen **a látóideg (nervus opticus)** kereszteződése **(chiasma opticum)** látható. A chiasma folytatása a **tractus opticus**, amely eltűnik a felszínről, és a diencephalon felé veszi az útját. A chiasma mögött a **hypophysis cerebri** található, mely az **infundibulummal (hypophysis nyél)** kapcsolódik a hypothalamushoz. Az infundibulum körül szürke, dombszerű agyállomány, a **tuber cinereum** látszik. A tuber cinereum mögötti páros gömbölyű képletek, a két **corpus mammillare** szintén a hypothalamus részei. A két corpus mammillaret az **agykocsányok (crus cerebri; pedunculus cerebri)** határolják. Az agykocsányok hátrafelé haladva összeérnek, köztük háromszögletű mélyedés, a **fossa interpeduncularis** látszik. A fossa interpeduncularis alja lyukacsos, mert erek hatolnak át rajta: ez a **substantia perforata posterior**. A fossa interpeduncularisban a **nervus oculomotorius** fut. A fossa interpeduncularis már a mesencephalon része; mögötte a híd, majd a nyúltvelő alkotják a basalis felszín képleteit. A híd felszínén megfigyelhető a **nervus trigeminus** kilépése. A híd és nyúltvelő szögletében a **nervus facialis**, a **nervus vestibulocochlearis** és a **nervus abducens** gyökérrostjai láthatók. A nyúltvelőből kilépő agyidegek: **nervus glossopharyngeus**, **nervus vagus**, **nervus accessorius** és a **nervus hypoglossus (6. Táblázat)**. A basalis felszínen még a kisagy féltekéi és vermise is megfigyelhetők.

**Az agyvelő lateralis felszíne** tulajdonképpen a féltekéket borító **neocortex** képleteiből áll. Megkülönböztetjük a **neocortex lebenyeit (lobus frontalis, lobus parietalis, lobus occipitalis, lobus temporalis)**, és a lebenyekre jellemző tekervényeket és barázdákat. Ezeket részletesen az agykéregről szóló fejezetben ismertetjük. A kisagy oldalsó felszínén a kisagyféltekék látszanak. A féltekéket kívülről a kisagykéreg borítja, amely jellegzetes keskeny “tekervényeket” a **foliumokat** alakítja ki. Az agytörzs oldalsó felszínét részben a nagyagy, részben a kisagy féltekéi takarják.

**A medialis felszín** részben természetes, részben metszett felszín. A medialis felszín képleteit ugyanis akkor láthatjuk jól, ha az agyvelőről median sagittalis metszetet készítünk, átvágjuk a corpus callosumot, a III. agykamra képleteit, az agytörzset és a kisagyat. A medialis felszínen a nagyagyfélteke lobus frontalisa, lobus parietalisa és lobus occipitalisa, és azok képletei mutatkoznak. Jól látható a hemispheriumok legnagyobb összeköttetése, a **corpus callosum**. A corpus callosum elöl a **septum pellucidumot** veszi körül. A septum mögött a **fornix** figyelhető meg, amely vaskos rostköteg a hippocampus és a hypothalamus között. A fornix mögött a **foramen**

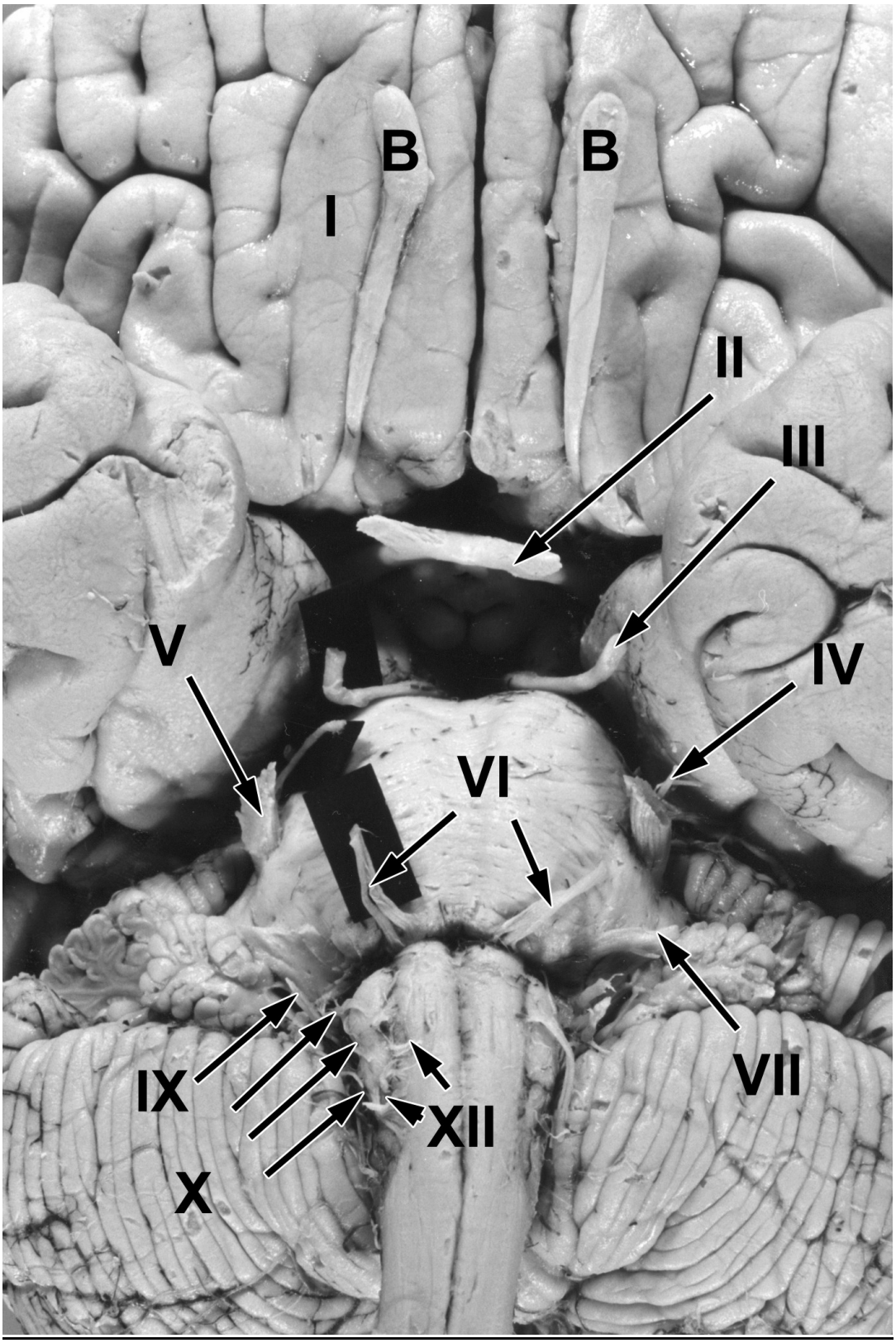
**interventriculare** látszik, amely az oldalkamra nyílása. A III. agykamra elülső határa a **lamina terminalis**, amely alul az átmetszett **chiasma opticumban** végződik. A **tuber cinereum** és az **infundibulum** a III. kamra aljzatát is képezik, majd hátrafelé a III. agykamra fokozatosan szűkülve átmegy a középagy üregébe: ez az **aqueductus cerebri (aqueductus mesencephali)**. A III. agykamra teteje vékony agyszöveti lemez, melyen át a plexus choroideus türemkedik a III. agykamrába. Az aqueductus cerebri már a középagy metszett felszínén látható: felette a **tectum mesencephali** és a **glandula pinealis (tobozmirigy**; amely a diencephalon hátulsó képlete) látszik. Az átmetszett agytörzs felett a kisagy féltekéit összekötő vermis és a IV. agykamra figyelhetők meg. A háromszög alakú IV. agykamra sátorszerű lemezekkel **(velum medullare inferius et superius)** kapcsolódik az agytörzs dorsalis felszínéhez, a háromszög csúcsa pedig a vermis állományába nyomul: ez a **fastigium**. Ez a jellegzetes kép az MRI felvételeken is jól látható. A IV. agykamra aljzatát az agytörzs (híd és nyúltvelő) dorsalis felszíne alakítja ki: ez a **fossa rhomboidea**. Neve az embryonalis rhombencephalon alakjára utal.

# A KÖZPONTI IDEGRENDSZER VAGY NEURAXIS (SYSTEMA NERVOSUM CENTRALE) ANATÓMIAI FELOSZTÁSA

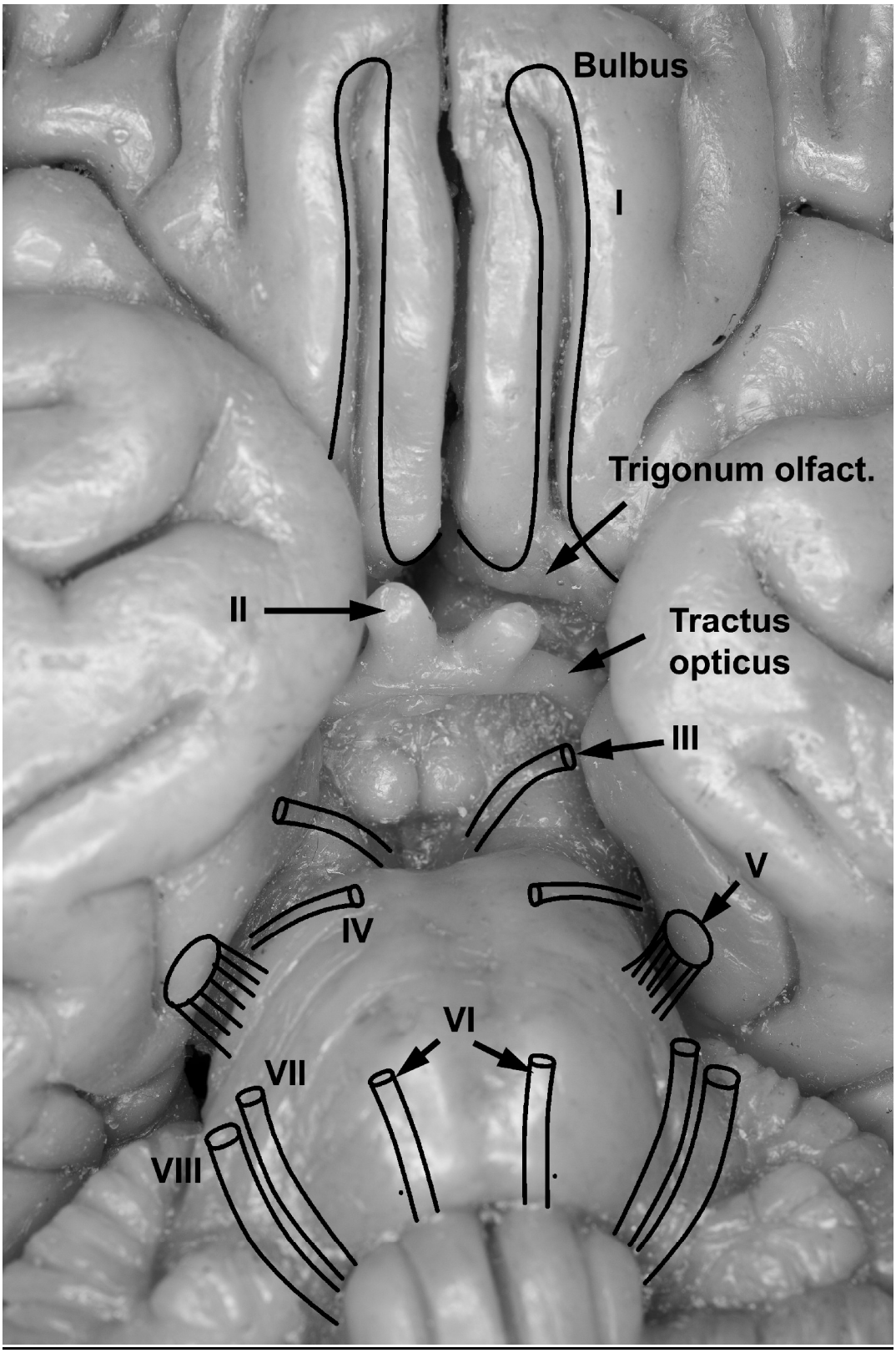
- **Medulla spinalis: a velőcső caudalis részének származéka.**
- **Encephalon: a velőcső cranialis részének, az agyhólyagoknak származéka.**

**5. Táblázat: Az agyvelő (encephalon) további felosztása.**

| Elsődleges agyhólyag neve | Másodlagos agyhólyag neve | Agyvelői struktúra neve | Kamrarendszer megfelelő része |
|---|---|---|---|
| *Rhombence-phalon* | *Myelencephalon* | *Medulla oblongata (bulbus)* | *Canalis centralis, Fossa rhomboidea; IV. agykamra (ventriculus quartus)* |
| | *Metencephalon* | *Pons Cerebellum* | |
| *Mesencephalon* | *Mesencephalon* | *Mesencephalon* | *Aqueductus cerebri* |
| *Prosencephalon* | *Diencephalon* | *Thalamus Hypothalamus Epithalamus Metathalamus Subthalamus* | *III. agykamra (ventriculus tertius)* |
| | *Telencephalon* | *Telencephalon/ Cerebrum: hemispherium cerebri; cortex cerebri; pars basalis telencephali; Nuclei basales.* | *Oldalkamra (ventriculus lateralis)* |




Agyidegek gyökérrostjai az agyvelő basalis felszínén.
B: bulbus olfactorius. Formalinos preparátum. A nervus trochlearis (IV) a tectumból lép elő, és lefelé kanyarodik az agytörzs mentén.




Agyidegek topográfiája az agyvelő basalis felszínén.
Bulbus: bulbus olfactorius. Trigonum olfact: trigonum olfactorium. A nervus trochlearis (IV) a tectumból lép elő, és lefelé kanyarodik az agytörzs mentén.

**6. Táblázat: az agytörzsi agyidegek funkciója és lokalizációja. Az I. agyideg (nervus olfactorius) és a II. agyideg (nervus opticus) nem kapcsolódik az agytörzshöz.**

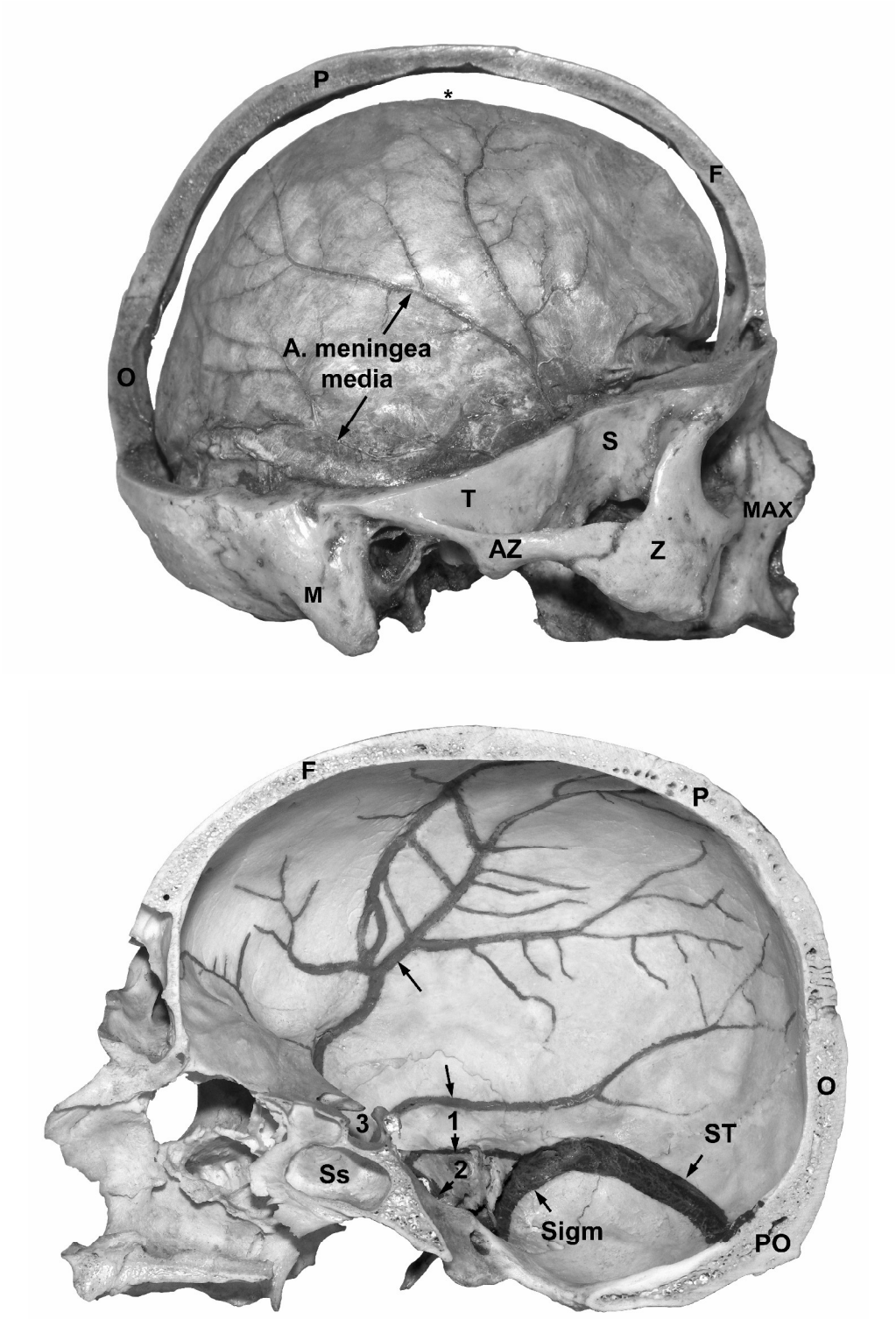
| **AGYIDEG** | **MAGJAINAK AGYTÖRZSI LOKALIZÁCIÓJA** | **FUNKCIÓ** |
|---|---|---|
| **Nervus oculomotorius (III)**<br>**Közös szemmozgató ideg** | Középagy | A szemizmok motoros beidegzése. |
| **Nervus trochlearis (IV)**<br>**Sodorideg** | Középagy | Egy szemizom motoros beidegzése. |
| **Nervus trigeminus (V)**<br>**Háromosztatú ideg** | Középagy, híd, nyúltvelő | A rágóizmok motoros- és érző-, a fej bőrének, az orrüreg és szájüreg nyálkahártyájának, a fogaknak és a szemgolyónak érző beidegzése. |
| **Nervus abducens (VI)**<br>**Távolító ideg** | Híd | Egy szemmozgató izom motoros beidegzése. |
| **Nervus facialis (VII)**<br>**Arcideg** | Híd | A mimikai arcizmok motoros beidegzése, a nyelv ízlelőbimbóinak érző beidegzése. |
| **Nervus vestibulo-cochlearis (VIII)**<br>**Egyensúlyozó- és hallóideg** | Híd és nyúltvelő (a hallás- és az egyensúlyérzet magvai elkülönülnek) | Specifikus érzékszervi ideg: a belsőfül egyensúlyi- és halló receptorainak ingerületét közvetíti. |
| **Nervus glossopharyngeus (IX)**<br>**Nyelv-garat ideg** | Nyúltvelő | Egyes garatizmok motoros beidegzése, a garat nyálkahártyájának és néhány nyelv-ízlelőbimbónak érző beidegzése Ezen kívül a carotis receptorok idege. |
| **Nervus vagus (X)**<br>**Bolygó ideg** | Nyúltvelő | A lágyszájpad, a garat- és gégeizmok és a nyelőcső motoros beidegzése, a garat, gége valamint a mellkas és a hasüreg zsigereinek érző beidegzése; a fenti zsigerek parasympathicus beidegzése. |
| **Nervus accessorius (XI)**<br>**Járulékos ideg** | Nyúltvelő és nyaki gerincvelő | Hozzájárul a garat motoros beidegzéséhez, gerincvelői szakasza a fejbiccentő- és a trapézizmot idegzi be. |
| **Nervus hypoglossus (XII)**<br>**Nyelv alatti ideg** | Nyúltvelő | Nyelvizmok motoros beidegzése. |

# 2. AZ AGYHÁRTYÁK

Az agyhártyák (*gör.:* **meninx; meninges;** *lat.:* **mater = burok)** az embrionális velőcső körül kialakuló ún. **ectomesenchyma** rétegből alakulnak ki. Már a fejlődés kezdetén két réteg különül el, egy külső **(ectomeninx)** és egy belső **(endomeninx)**. A külső rétegből a kemény agyhártya **(pachymeninx)**, a belsőből a lágyagyhártya **(leptomeninx)** fejlődik, együtt az idegrendszerrel. Emiatt az agyburkok híven követik a központi idegrendszer felszínét, védő réteget képezve a csontok és az agy-gerincvelő között. Az agyhártyagyulladás a **meningitis**, súlyos betegség, mert könnyen átterjedhet a központi idegrendszer szöveteire, az agyra és a gerincvelőre. Mivel az agyhártyákban kötőszövet van, a súlyos meningitisek agyhártyai hegesedést okozhatnak, ami maradandó idegrendszeri károsodással jár.

## 2.1. PACHYMENINX

A **kemény agyhártya** (görögül **pachymeninx**; latinul **dura mater**) sűrű szövésű, tömött rostos kötőszövet, amely kemény burkot képez az agy és a gerincvelő körül. **Külső és belső rétege van**, a külső réteg összenő a csontok periosteumával. Ebben a külső rétegben haladnak a dura mater erei és idegei. A külső rétegben elvétve csontképző sejtek lehetnek – ez okozhatja a dura meszesedését idősebb korban. A belső réteg kemény, tömött kötőszövet, amely a koponya üregében **vastag lemezeket** képez: a lemezek az agyvelő támasztását és egyes anatómiai részeinek elválasztását szolgálják. Ilyen lemezek a **falx cerebri (nagyagy sarló; a nagyagy féltekék között)**, a **falx cerebelli (kisagy sarló; kisagy féltekék között)**, és a **tentorium cerebelli (kisagy sátor)**, amely a hátsó- és középső koponyagödör között feszül, és külön rekeszben tartja, támasztja és védi az agytörzset és a cerebellumot. A tentorium U-alakú nyílása, az **incisura tentorii**, az agytörzset veszi körül. **A dura nemcsak a calvariát, hanem a basis cranii-t is tökéletesen beborítja, és a foramen magnumnál beterjed a gerinccsatornába.** Ily módon **dura mater encephali**-t (a koponyaüregben) és **dura mater spinalis**-t (a canalis vertebralisban) különböztethetünk meg.




Felső kép: dura mater encephali. A preparálás miatt zsugorodott dura elvált a csontoktól (*). F: os frontale; P: os parietale; O: os opccipitale; T: os temporale; S: os sphenoidale; MAX: maxilla; Z: os zygomaticum; AZ: arcus zygomaticus, PO: protuberantia occipitalis externa.

Alsó kép: az arteria meningea media barázdái (nyilak) a koponya belső felszínén. Sigm: sinus sigmoideus benyomata; ST: sinus transversus benyomata. 1: sinus petrosus superior; 2: sinus petrosus inferior (benyomatok); 3: fossa hypophysialis; Ss: sinus sphenoidalis.

## 2.1.1. Dura mater encephali

A dura itt szorosan a csontokhoz tapad, és az egész koponyaüreget kibéleli, a basis cranii összes nyílását fedi és zárt dura-üreget hoz létre. Borítja a sella turcica-t **(diaphragma sellae)** és teljesen szeparálja a hypophysist. Az előbbiekben említett **falx** és **tentorium** a koponya üregében vannak. A falx cerebri a két nagyagyfélteke között található (a fissura longitudinalisban). A falx cerebelli sokkal keskenyebb, a vermis cerebelli felé nyúlik, jelezve a kisagyféltekéket. A **tentorium cerebelli** az os temporale pars petrosa-ja felső szélén tapad és elválasztja egymástól a középső és hátulsó koponyaárkot. Nyílása, az **incisura tentorii** a clivus-szal alagútszerű struktúrát hoz létre – ezen halad át az agytörzs. Helyenként a dura két lemezre válik és csatornaszerű, endothellel bélelt, keményfalú vénákat alakít ki: ezek az agyvelő illetve a **dura sinusai**, amelyek vénás öblök, az agy vénás vérét gyűjtik össze és továbbítják a vena jugularis internába. A dura erei és idegei a dura és a periosteum között haladnak: artériái az **arteria meningea** nevet viselik. Az artériák az arteria ophthalmica és az arteria carotis externa ágai: legnagyobb az **arteria meningea media**, amely a foramen spinosumon át lép a koponyába. Idegei többnyire a nervus trigeminus ágrendszeréhez tartoznak **(nervi meningei)**.

## 2.1.2. Dura mater spinalis

A foramen magnumnál a dura a gerinccsatornába fordul, ahol hosszú, csőszerű zsákot, durazsákot hoz létre. A durazsák a 2. keresztcsonti csigolya magasságában végződik. Innen egy kötőszövetes köteg **(filum terminale externum)** halad lefelé, és tapad a hiatus sacralis szélén. A durazsák a foramen magnum szélein és a membrana atlantooccipitalison rögzül, és itt még egységes. Kissé lejjebb azonban a dura két lemeze eltávolodik egymástól: a **külső (endostealis) réteg** a canalis vertebralist béleli, hozzátapad a csigolyák periosteumához, ligamenta flava-hoz és a csigolyaközti porckorongokhoz. A **belső (meningealis) réteg** a külsőtől több milliméter távolságra halad, és a két réteg között jelentős **epiduralis tér** alakul ki. Az epiduralis térben zsírszövet és vénás fonat **(plexus venosus vertebralis internus)** található.

# 2.2. LEPTOMENINX

A lágyburok áttetsző, hálózatos réteg, amely a dura belső felszínét borítja, finom hálózattal rögzül az agy és a gerincvelő felszínéhez, és hűen követi azokat. Durához tapadó rétege az **arachnoidea mater (pókhálóhártya)**, agyvelőt és gerincvelőt borító rétege a **pia mater**. A két réteget finom, hálózatos trabecula rendszer köti össze, és a trabeculák között a **spatium subarachnoideum (spatium leptomeningeum)** található. Az arachnoidea finom kollagénrostos kötőszövetből és a rostokat borító lapos sejtekből áll, amelyek jól záró réteget képeznek, és határolják a subarachnoidealis teret. A trabeculák kollagénrost kötegek, amelyeket szintén borítanak a lapos sejtek. A pókhálóhártya különleges képletei a **villi arachnoideae** és a **granulationes arachnoideae (PACCHIONI)**. A villusok és a granulációk a subarachnoidalis térből az agyi vénás vérbe vezetik a liquort, így biztosítva a liquor normális cirkulációját. A villusok az arachnoidea nyúlványai, amelyek a dura materen átfúródva a sinus sagittalis superiorba nyílnak. Tulajdonképpen szelepként működő mikroszkópikus csövecskék, amelyeket az leptomeninx lapos sejtjei és a sinus endotheliuma bélelnek. A liquor a nyomáscsökkenés irányában (vagyis a sinus vénás vérébe) távozik. A granulációk már szabad szemmel is láthatók, nagyobb, gombafej-alakú képződmények. A sinusba türemkedő felszínüket a sinus endothelje borítja, belsejükben az arachnoidea sejtjei találhatók, a sejtek közötti tér pedig a subarachnoidalis térrel folytonos. A granuláció tetején kapilláris méretű csatornákon át ürül a liquor. A villusok a magzati- és korai csecsemőkorban jellegzetesek, később granulációkká növekednek. A granulációk a korral egyre nagyobbak és komplexebbek lesznek – azonban szerkezetük nem változik.

A pia mater szintén lapos sejtek rétegeiből áll: a sejtek között szoros kapcsolatok (tight junction, macula adherens) vannak. Az agyvelő és a gerincvelő felszínét folyamatos és tökéletesen záró astroglia réteg borítja **(membrana limitans gliae superficialis)**. A glia külső oldalán vastag basalis lamina van, amelyhez a glia hemidesmosomákkal rögzül. A basalis lamina felett következnek a pia mater sejtjei, 2-4 réteget alkotva. A subarachnoidealis tér a pia sejtrétegek és az arachnoidea mater lemeze közötti tér. A subarachnoidealis térben liquor cerebrospinalis található, és itt haladnak a központi idegrendszer erei is. Az ereket a lapos leptomeningealis sejtek és némi perivascularis tér veszik körül. Az erek ágai innen lépnek az agyállományba,

ahol egy ideig a pia mater sejtek és keskeny kötőszöveti tér kíséri őket: ezek az ún. **Virchow-Robin-féle rések**. Ezek a perivascularis rések közlekednek a subarachnoidalis térrel.

A subarachnoidealis tér helyenként kitágul: ott, ahol az agy felszíne eltávolodik a koponya illetve a gerinccsatorna felszínétől. Ezek a **subarachnoidealis tér cisternái**. A cisternák több $cm^3$ liquort tartalmaznak, és némelyik alkalmas arra is, hogy liquor mintákat nyerjünk. A cisternákban néhol tág agyi vénák haladnak. A legfontosabb cisternák a következők:

**1. Cisterna lumbalis;** a gerinccsatornában lévő durazsák alsó részében van (L2-S2).

**2. Cisterna magna (cerebellomedullaris);** a kisagy, nyúltvelő és membrana atlantooccipitalis között.

**3. Cisterna superior (ambiens);** a tectum mesencephali felett van, a vena cerebri magna fut benne.

**4. Cisterna interpeduncularis;** az agyalapon, a fossa interpeduncularisnak megfelelően.

**5. Cisterna chiasmatica;** a sulcus chiasmatis területén.

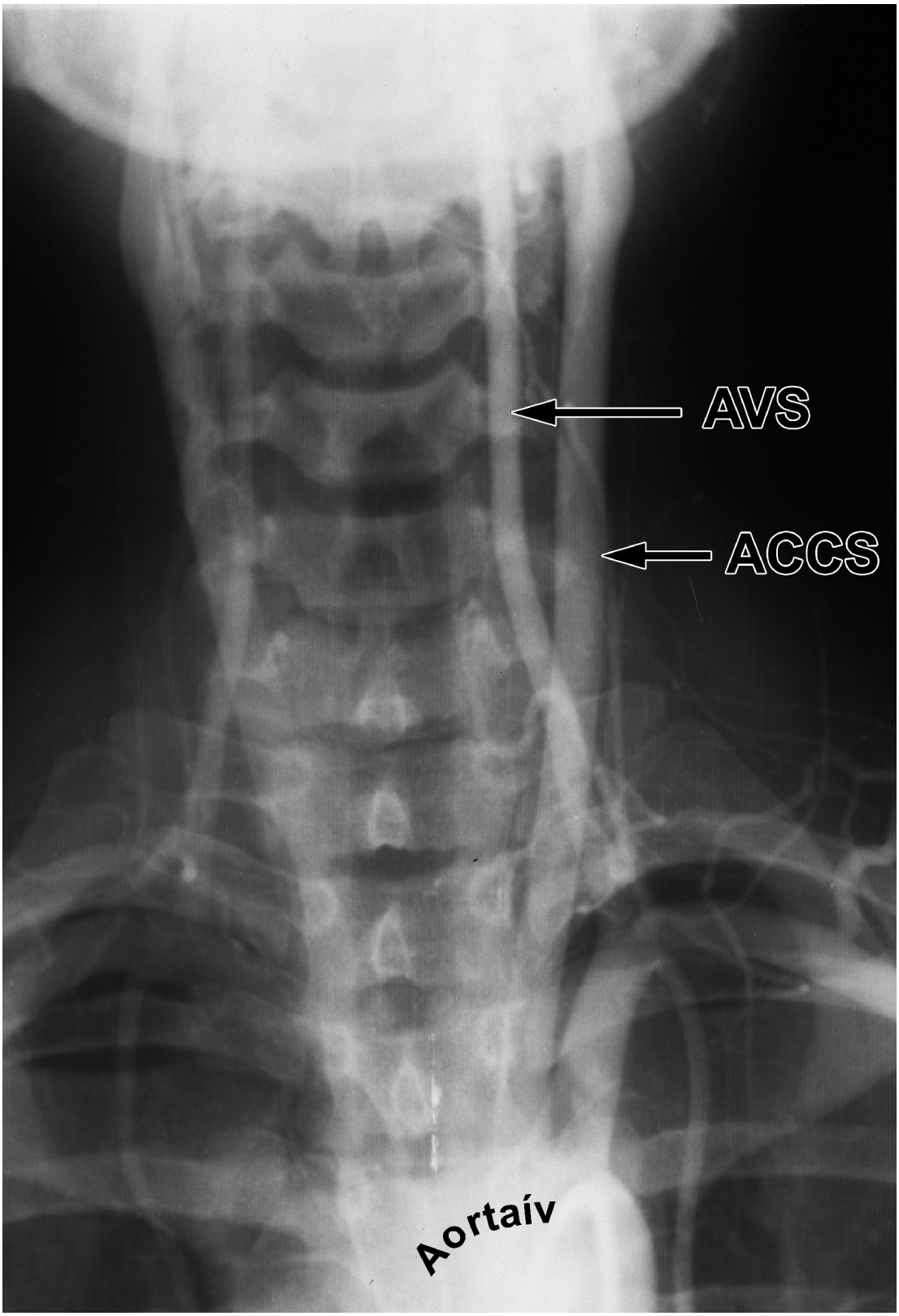
**6. Cisterna pericallosa;** a corpus callosum felett, a két agyfélteke között.

**7. Cisterna fossae lateralis cerebri;** a fossa lateralis cerebri felett van, a vena medialis superficialis fut benne.

A cisternák közül gyakorlati jelentősége van azoknak, amelyek a testfelszín felől punkciós tűvel elérhetők, mert a módszer liquor vételezésére alkalmas. Ilyen cisternák a cisterna lumbalis és a cisterna magna.

# 3. A KÖZPONTI IDEGRENDSZER VÉRELLÁTÁSA

A központi idegrendszer artériái az **arteria carotis interna** és az **arteria vertebralis** ágai, amelyek az agyalapon bonyolult, és igen fontos anastomosis-rendszert képeznek. Az anastomosis-rendszert felfedezője után **WILLIS-körnek (circulus arteriosus Willisii)** nevezzük. A gerincvelő vérellátásához még ún. szegmentális artériák is



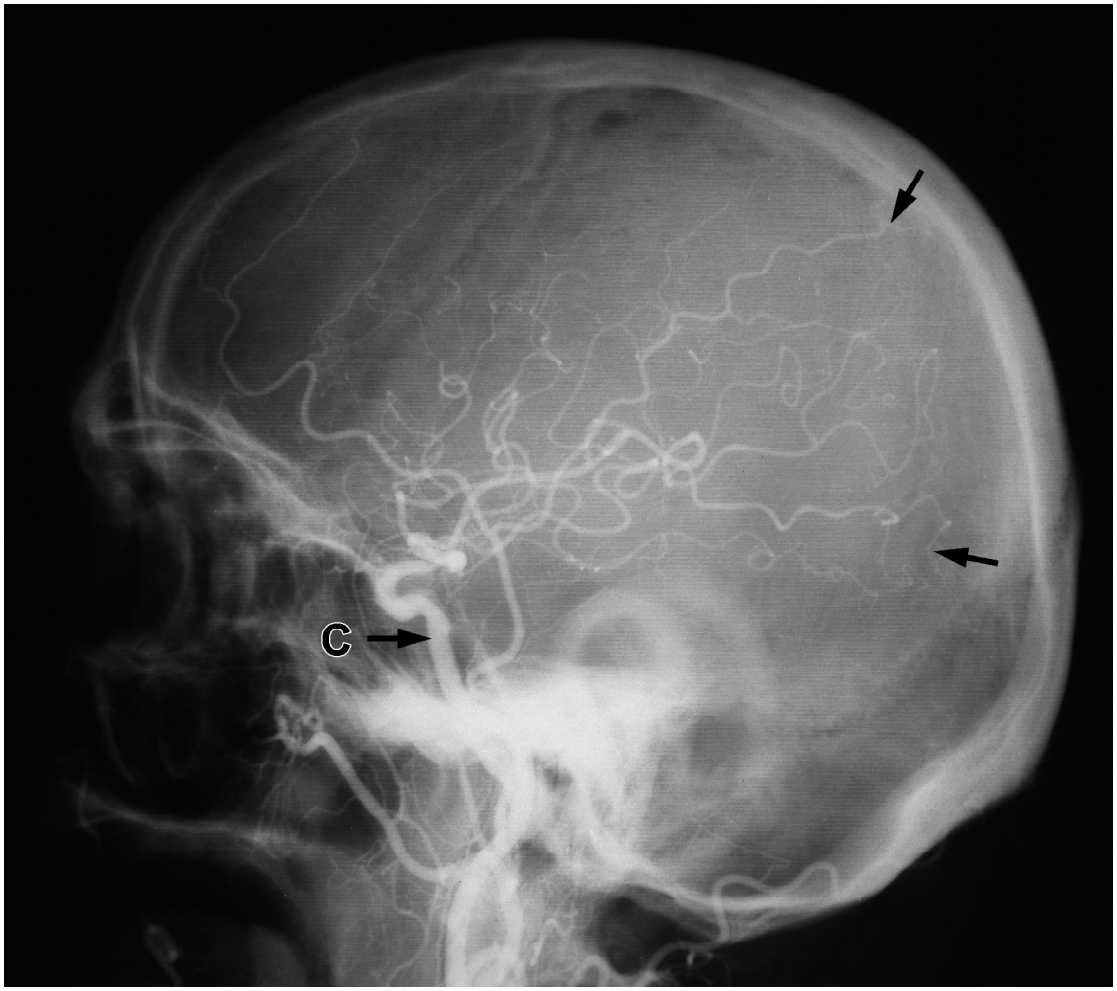

A KIR fő artériái: AVS - arteria vertebralis sinistra (az arteria subclavia-ból); ACCS - arteria carotis communis sinistra.

hozzájárulnak, amelyek az arteria vertebralis nyaki szakaszából, az arteria intercostalisokból és az arteria lumbalisokból erednek. A vénás elvezetést a gerincvelő és agyvelő saját vénái, valamint a dura sinusok végzik. A dura sinusok vérét a **vena jugularis interna** gyűjti össze. A központi idegrendszer nagyobb artériái, amelyek a subarachnoidalis térben haladnak, sympathicus beidegzést kapnak a ganglion cervicale superiusból. Megjegyzendő azonban, hogy az agyi keringés fő regulátora az agyszövet metabolikus aktivitása, amely az elektromos tevékenységtől függ. Az agyi erek, arteriolák, venulák és kapillárisok endothelje igen jól zár, vagyis extracellularis transport egyáltalán nincsen. Az endothelben nincs pinocytosis sem, és a transendothelialis transzportot molekuláris szabályozás irányítja. Ez a jelenség a **vér-agy gát**, amely gyakorlatilag megakadályozza, hogy szérum-komponensek (fehérjék, lipidek) az agyszövetbe jussanak. A vér-agy gát másik fontos jellemzője, hogy a transzport intenzitását az agyszövet aktivitása szabályozza.

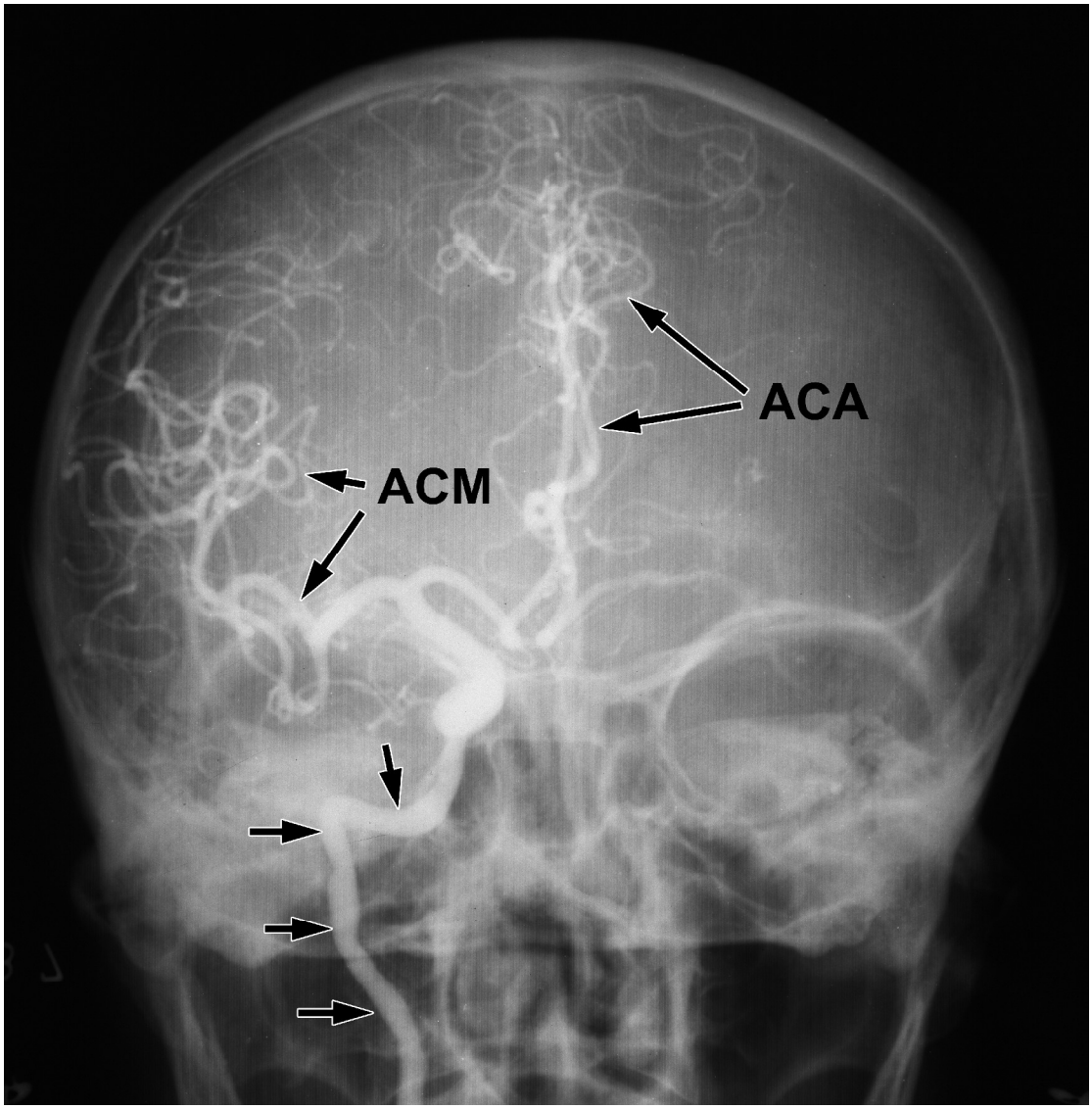
# 3.1. AZ ARTERIA CAROTIS INTERNA ÁGRENDSZERE

Az arteria carotis interna a canalis caroticuson át érkezik a koponyába. Ágakat ad a középfülhöz, a hypophysishez és a dura materhez. Első jelentős ága az **arteria ophthalmica**, amely az orbita felé halad a canalis opticuson át. Az arteria ophthalmica ágrendszerét a „Látás neuroanatómiája” című fejezetben ismertetjük. Az agyvelőhöz négy jelentős ágat ad: ezek mind a subarachnoidealis térben haladnak.

- **Arteria cerebri anterior (ACA):** a két hemispherium között halad és a chiasma opticum előtt leadja a vékony **arteria communicans anteriort**, amely a két ACA-t köti össze. A felületes ága a corpus callosum mentén haladva a neocortex medialis felszínét látja el, egészen a precuneus területéig. Mély ágai az area perforata anterioron át hatolnak be az agyszövetbe és ellátják a törzsdúcok elülső-ventralis részeit, a septalis areát, lamina terminalist és a corpus callosum rostrumát.
- **Arteria cerebri media (ACM):** igen erős, vastag ág, amely a sulcus lateralis mélyén halad. Számos mély ága van, amelyek a basalis ganglionokat,




Az arteria carotis interna (C) és az arteria cerebri media felszínes ágai (a nyilak között). Az angiográfiás képen az arteria carotis externa néhány ága is látható (a. occipitalis, a. maxillaris, a. meningea media).




Az arteria carotis interna (nyilak), valamint az arteria cerebri anterior (ACA) és arteria cerebri media (ACM) ágrendszere. Antero-posterior irányú felvétel.

thalamust és a capsula internát látják el. Felületes ágrendszere a neocortex egész superolateralis felszínéhez eljut, és külön ágakkal látja el az egyes lebenyeket.

- **Arteria choroidea anterior:** kicsiny, de igen fontos ág, amely a hypothalamust, a thalamust, a subthalamikus régiót, a középagy felső részét, a hippocampust, tractus opticust és a radiatio optica-t látja el. Ágai táplálják az oldalkamra alsó szarvában lévő plexus choroideust.
- **Arteria communicans posterior:** az arteria cerebri posteriorral képez anastomosist. Apró ágai az area perforata posteriorban kerülnek a mélybe és ellátják a diencephalont, valamint a középagy tegmentumát és basisát.

# 3.2. AZ ARTERIA VERTEBRALIS ÁGRENDSZERE

Az arteria vertebralis az arteria subclavia ága. Eredése után belép a 6. nyakcsigolya foramen transversariumába és a foramenekben haladva, a foramen magnumon átlép a koponyába. Előre haladva megkerüli a nyúltvelőt, a nyúltvelő-híd határon a két artéria egyesül és létrehozza az **arteria basilarist**. Az arteria vertebralis ágai a gerincvelőhöz, a nyúltvelőhöz és a kisagyhoz haladnak.

- **Arteria spinalis posterior:** a két arteria lefelé halad a gerincvelő dorsalis felszínén, mint páros ágacskák a radix dorsalis két oldalán. Szegmentális tápláló ágakat kapnak a gerincvelő egész hosszában.
- **Arteria spinalis anterior:** a kétoldali artériák egyesülnek és az egyesült artéria a gerincvelő fissura mediana anteriorja előtt húzódik a gerincvelő egész hosszában. Szegmentális tápláló ágakat kap a gerincvelő egész hosszában.
- **Arteria cerebellaris posterior inferior:** az oliva magasságában ered, majd dorsalis irányba tér és a vallecula cerebelliben oszlik ágaira. Ellátja a nyúltvelőt, a 4. agykamra plexus choroideusát és a cerebellum hátsó lebenyének alsó részét.

Az **arteria basilaris** a híd felszínén a sulcus basilarisban halad felfelé, majd a híd felső szélén két erős ágra válik: ezek az **arteriae cerebri posteriores (ACP)**. Az arteria basilaris a híd és a kisagy artériája. Ágai:

- **Arteria labyrinthi:** a meatus acusticus internuson át a belsőfülbe kerül, és ott ágazódik el.
- **Arteria cerebellaris anterior inferior:** hátra és felfelé halad és a kisagy hátsó lebenyét látja el. Ágakat ad a hídhoz és a medulla felső részéhez is.
- **Arteria cerebellaris superior:** a kisagy felső felszínén ágazik el, a lobus anteriorhoz és a tectumhoz ad ágakat.
- **Rami ad pontem:** a gerincvelői vasocorona mintájára, körkörös ágakkal a hidat táplálják az arteria basilarisból egymással párhuzamosan eredő ágak.
- **Arteria cerebri posterior (ACP):** vastag ágak, amelyek nem ritkán megkettőződve erednek az arteria basilarisból. Az arteria communicans posteriorokkal anasztomizálnak. Ágakat adnak a mesencephalonhoz, a diencephalonhoz, a hippocampushoz, és az oldalkamra plexus choroideusaihoz. Felszíni ágai a neocortex occipitalis lebenyét és a temporalis lebeny medialis részét (gyrus parahippocampalis, gyrus fusiformis) látják el.

## 3.2.1. A circulus arteriosus Willisii

A Willis-féle anastomosis az agyvelő basalis felszínén, a subarachnoidalis térségben található. Az arteria carotis internából eredő **arteria communicans posteriorok** az ACP-ba csatlakoznak, összekötve ezzel az arteria carotis interna és az arteria vertebralis rendszereit. Az anastomosist elöl az **arteria communicans anterior** kiegészíti, összekötve a jobb és bal ACA-t. Ily módon zárt, körkörös anastomosis alakul ki a két oldal artériái között. Meg kell jegyezni azonban, hogy az összekötő artériák (főleg az arteria communicans anterior) igen vékonyak, és semmi esetre sem képesek arra, hogy acut elzáródás esetében átfolyást biztosítsanak a másik oldal felé. Az anastomosisok kis kapacitását bizonyítja, hogy az egyik oldali carotisba fecskendezett kontrasztanyagok nem jutnak át a másik oldalra, csakis az injektálás oldalán tüntetik fel az agyi ereket.

Az agyi artériák megjelenítését több radiológiai módszer lehetővé teszi: ezek közül először a kontrasztanyag befecskendezésével készült angiográfiát **(**pl.: **carotis**

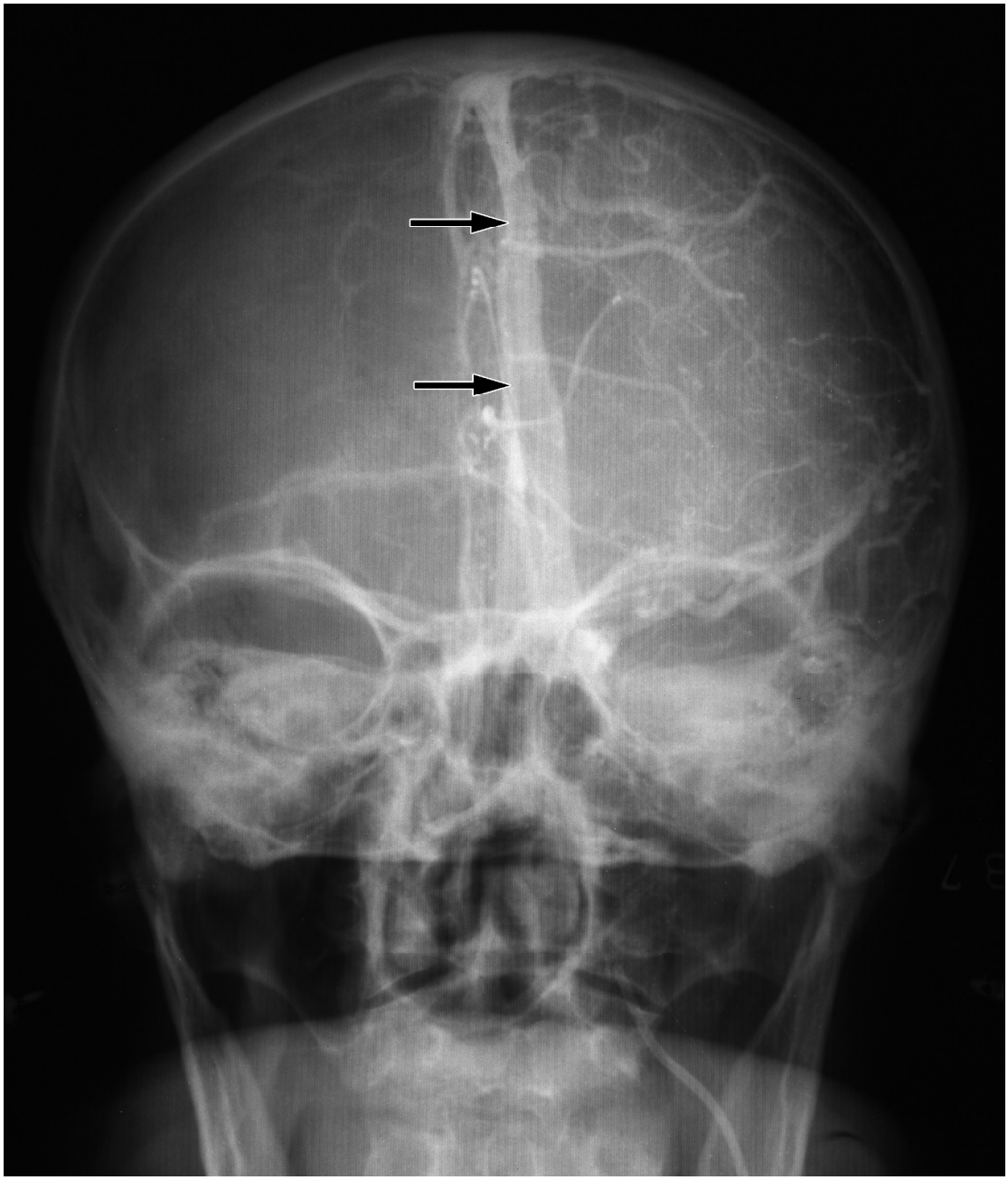
**angiographia)** használták. Az angiográfiás felvételek kiválóan alkalmasak az artériák anatómiai jellegzetességeinek tanulmányozására. A kontrasztanyag egy idő után a vénás rendszerben is feltűnik, ezért az angiographia ún. „vénás fázisában" az agyi vénák is tanulmányozhatók.

# 3.3. AZ AGYVELŐ VÉNÁI

Az agy vénás vérét vékony falú vénák gyűjtik össze, amelyek végül valamely dura sinusba ömlenek. A fontosabb vénás törzsek a következők:

- **Venae superiores cerebri:** a hemispheriumok felületén találhatók és a neocortex vérét vezetik a sinus sagittalis superiorba.
- **Vena media superficialis cerebri:** a sulcus lateralisban halad és a sinus cavernosusba ömlik. Két anasztomotikus vénája van: a **vena anastomotica inferior (LABBÉ)** és a **vena anastomotica superior (TROLARD)**. Előbbi a sinus transversushoz, utóbbi a sinus sagittalis superiorhoz halad.
- **Vena basalis (ROSENTHAL):** a temporalis lebeny medialis-alsó felszíne felől kanyarodik felfelé, és a cisterna superiorban haladó vena cerebri cerebri internával egyesül.
- **Vena cerebri interna:** a **vena thalamostriaták** és **vena choroideák** egyesüléséből keletkezik, és a 3. agykamra felett halad a cisterna superior felé.
- **Vena cerebri magna (GALENUS):** a két vena cerebri interna és a vena basalisok egyesüléséből keletkezik, a cisterna superiorban, és a sinus rectusba ömlik.

Az angiográfia fent említett módszere vénák tanulmányozását is lehetővé teszi. Az angiográfia vénás fázisában a kontrasztanyag a vénás rendszerbe ér, kirajzolja a nagyobb vénákat és sinusokat, amelyek morfológiája ilyenkor jól megfigyelhető.



Carotis angiográfia vénás fázisa: jól látható a sinus sagittalis superior (nyilak) és a beléje ömlő felszínes vénák.

# 3.4. A DURA MATER VÉNÁS SINUSAI

A vénás sinusokat a dura mater kettőzetei alakítják ki. Emiatt a sinusok merev falú, belülről endothellel bélelt tág vénás öblök, amelyek a bennük uralkodó alacsony nyomás és a kemény falszerkezet miatt jelentős szívó hatást gyakorolnak az agyi vénás keringésre. A sinusok nemcsak a vénás vért gyűjtik – a liquor cerebrospinalis is az agyvelő vénás sinusaiba „csordogál”. A koponya üregében jellegzetes elhelyezkedést mutatnak – nevüket többnyire anatómiai helyzetükről kapták.

- **Sinus sagittalis superior: a falx cerebri felső szélében.**
- **Sinus sagittalis inferior: a falx cerebri alsó szélében.**
- **Sinus rectus: a tentorium cerebelli és a falx cerebri érintkezésében.**
- **Sinus transversus: a tentorium cerebelli os occipitalén való tapadása mentén.**
- **Sinus sigmoideus: a halántékcsont sulcus sinus sigmoidei nevű barázdájában fut, a sinus transversus folytatásaként, a tentoriumhoz már nincs semmi köze.**
- **Sinus petrosus superior: a tentorium cerebelli a sziklacsont élén rögzül, itt alakul ki a sinus.**
- **Sinus petrosus inferior: a sziklacsont alsó élében.**
- **Sinus sphenoparietalis: az ékcsont kis szárnyának élében halad.**
- **Sinus occipitalis: a falx cerebelli tapadásának megfelelően.**
- **Sinus cavernosus: az ékcsont teste két oldalán.**
- **Sinus intercavernosus anterior: a sinus cavernosusokat elöl összeköti.**
- **Sinus intercavernosus posterior: a sinus cavernosusokat hátul összeköti.**
- **Plexus basilaris: a clivust borító dura állományában lévő lapos üregrendszer.**

A vér a sinus sigmoideus felé áramlik és mivel a sinus sigmoideus folytatódik a vena jugularis interna bulbusában, a vena jugularis interna-ba kerül.

A **plexus basilaris** szabálytalan dura-rések összessége, amelyek az agytörzs alatti clivus durájában találhatók. A sinus petrosus inferiorba és a sinus intercavernosus posteriorba ömlenek. A sinus sagittalis superior, sinus rectus, sinus transversus és

sinus occipitalis a protuberantia occipitalis interna területén találkoznak: ez a hely a **confluens sinuum** (a sinusok összefolyása).

A sinus sagittalis superior speciális jelentőséggel bír: itt történik a liquor cerebrospinalis felszívódása. A leptomeninx itt ún. arachnoid szemcséket (granulationes arachnoideae) képez, amelyek átfúrják a sinust alkotó duralemezt és benyúlnak a sinus üregébe, és szelepként működve, a nyomáskülönbségnek megfelelően engedik át a cerebrospinalis folyadékot a sinus vénás vérébe.

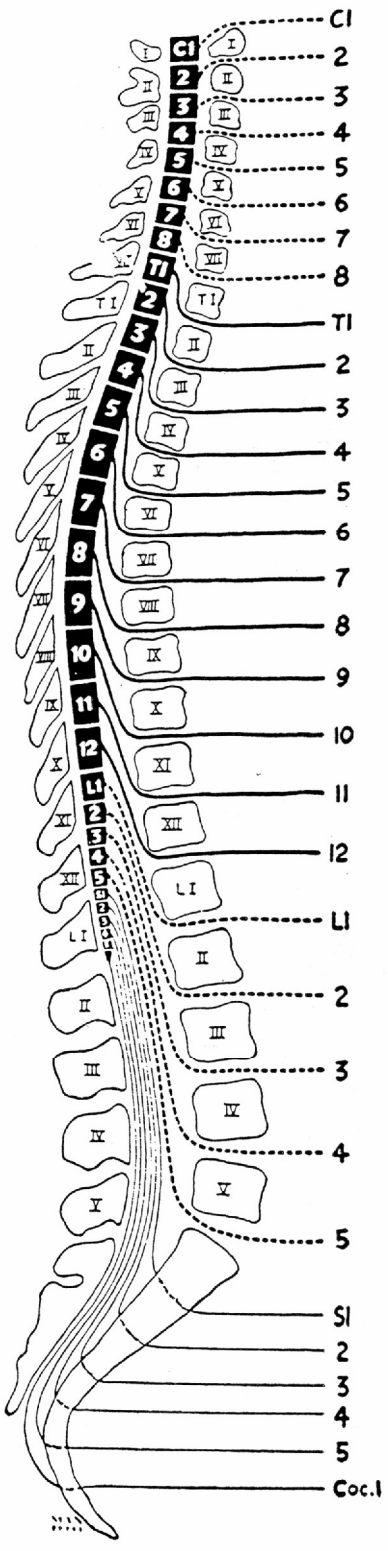
Újszülöttben és fiatal csecsemőkben a koponyatetőn lévő fonticulus major (nagykutacs) a sinus sagittalis superior felett található. Mivel a kutacs tömött rostos kötőszövet (tehát nem csont), a koponyatető felől, szükség szerint a sinusból vérmintát vehetünk.

## 6. Táblázat: a dura sinusok anatómiai és topográfiai jellemzői.

| **Sinus** | **Helyzete, viszonya durához** | **Topográfiája (közelében lévő képletek)** |
|---|---|---|
| **Sinus sagittalis superior** | A falx cerebri felső szélében, közvetlenül a calvaria alatt, a középvonalban halad. | Belé ömlenek a hemispheriumok felszínes vénái (venae superiores cerebri) és a vena anastomotica superior. |
| **Sinus sagittalis inferior** | A falx cerebri alsó szélében halad. | |
| **Sinus rectus** | A tentorium cerebelliben halad. | Beléje ömlik a vena cerebri magna. |
| **Sinus transversus** | Az os occipitale belső felszínén, a sulcus sinus transversi területén halad. | Ide ömlik a vena anastomotica inferior. |
| **Sinus petrosus superior** | Az os temporale pars petrosa felső szélén van. | Érintkezik a nervus trigeminus gyökerével. A sinus cavernosus vérét a sinus transversusba vezeti. |
| **Sinus petrosus inferior** | Az os temporale pars petrosa alsó szélén van. | Kapcsolatban van a plexus basilaris rendszerével. |
| **Sinus sphenoparietalis** | Az ékcsont kis szárnyának élét követi az os parietale felé halad. | Dura vénák ömlenek belé. |
| **Sinus sigmoideus** | A sinus transversus folytatása, a sulcus sinus sigmoidei-ben halad, és folytatódik a vena jugularis interna-ban. | A halántékcsontban lévő antrum mastoideumot (légtartalmú üreg) vékony csontlemez választja el tőle. |
| **Sinus occipitalis** | A legkisebb sinus, falx cerebelli tapadásának megfelelően alakul ki. | |
| **Sinus cavernosus** | Az ékcsont teste két oldalán található tág sinus. | Igen jelentős, mert kettőzetei közt haladnak az arteria carotis interna, és a III., IV., VI., V/1 agyidegek orbita felé haladó szakaszai. Belé ömlik a vena media superficialis cerebri, a sinus sphenoparietalis és a vena ophthalmica superior. |

# 4. A GERINCVELŐ (MEDULLA SPINALIS) NEUROANATÓMIÁJA

A gerincvelő a neuraxis alsó része – a **canalis vertebralis**ban található. Felnőttben kb. 45 cm hosszú, súlya kb. 30 g. A gerinchez hasonlóan a gerincvelőt is nyaki **(pars cervicalis)**, háti **(pars thoracalis)**, ágyéki **(pars lumbalis)**, keresztcsonti **(pars sacralis)** és farkcsonti **(pars coccygealis)** szakaszokra osztjuk. A gerincvelőből 31 pár gerincvelői ideg **(nervus spinalis)** ered, amelyek a gerincvelő szelvényeiből (**segmentum spinale**) lépnek ki. A gerincvelői szelvényeket számozzuk: **8 cervicalis (C 1 – 8), 12 thoracalis (T 1 – 12), 5 lumbalis (L 1 – 5), 5 sacralis (S 1 – 5)** és **egy coccygealis (Cocc)** szelvényt különítünk el. A gerincvelői szelvény testfelszíni megfelelője a **dermatoma**, vagyis az a bőrfelszín, amelyet a szegmentális gerincvelői ideg ellát. A gerincvelői idegek mellső és hátsó gyökerekkel **(radix anterior, radix posterior)** kapcsolódnak a gerincvelőhöz, amelyek vékony rostokra bomlanak mielőtt a gerincvelőhöz csatlakoznának: ezeket **fila radicularia** névvel illetjük. A radix posteriorban a primer érző neuronok centralis axonjai, a radix anteriorban a motoros neuronok és a preganglionaris vegetatív neuronok kilépő axonjai futnak. A dorsalis gyökéren szürkés színű megvastagodás látszik – ez a **ganglion sensorium nervi spinalis**, egyszerűbben **hátsógyöki ganglion** vagy **gerincvelői érző dúc, amelyben a primer érző neuronok találhatók**. A ganglionok száma a szelvények számával egyezik. A gerincvelői idegek a csigolyák közötti nyílásokon **(foramen intervertebrale)** lépnek ki a gerinccsatornából. Az érző dúcok a foramen intervertebrale-ban találhatók. A gerincvelő az atlas magasságában kezdődik és a gerinccsatorna azon részén végződik ahol az első és a második ágyéki csigolyák közti porckorong **(discus intervertebralis)** található. Itt a gerincvelő kúpszerűen elkeskenyedik: ez a **conus medullaris**, amelynek végéből vékony, gliából és kötőszövetből álló nyúlvány, a **filum terminale** húzódik a durazsák alsó végéig. Ebből következik, hogy felnőttben a gerincvelői szelvények magasabban vannak, mint a nekik megfelelő csigolyák, ezért az alsó thoracalis, lumbalis, sacralis és coccygealis idegek lefelé haladva tudják csak elérni a foramen intervertebralét. Ezek a lefelé haladó ventralis és dorsalis gyökerek valamint a filum terminale alkotják a **cauda equinát**, amely kitölti a durazsák és a subarachnoidalis tér azon részét,

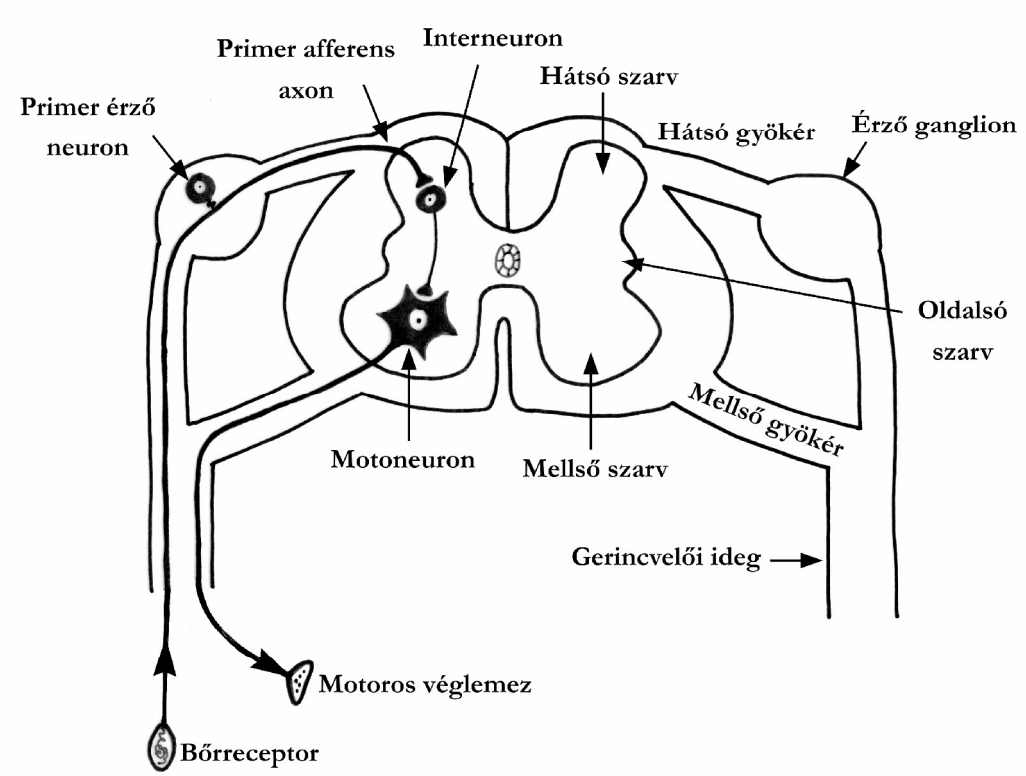


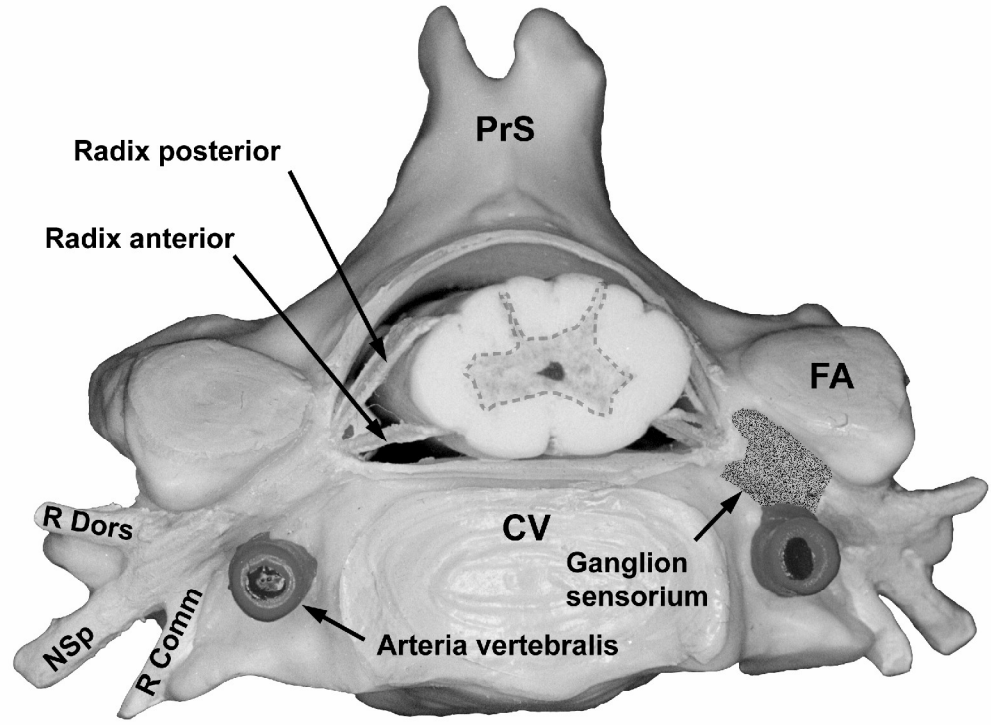

A gerincvelői szegmentumok és a csigolyák viszonya, valamint a gerincvelői idegek kilépése a gerinccsatornából (Carpenter, 1982).

amelyben már nincs gerincvelő. A subarachnoidalis tér ezen szakasza a **cisterna lumbalis** – a lumbalpunctio szokásos helye. A durazsák és a cisterna kb. a második sacralis csigolya magasságában ér véget. A durazsák végét egy kötőszövetes köteg, az ún. **filum terminale externum** a farokcsonthoz rögzíti.

A gerincvelő lefelé haladva vékonyodik – a cervicalis és a lumbosacralis szakaszain azonban megvastagodásokat mutat: ezek az **intumescentiák**. Az intumescentiák a plexus brachialis és a plexus lumbosacralis eredéseinél találhatók és a mellső szarvi szürkeállomány tömegessége miatt alakulnak ki. Az **intumescentia cervicalis a C 3 – T 2** szelvények, az **intumescentia lumbosacralis pedig a L 1 – S 3** szelvények között található. A gerincvelő ventralis felszínén a **fissura mediana anterior**, dorsalis felszínén a **sulcus medianus posterior** található a középvonalban, a gerincvelő egész hosszában. A sulcus medianus posterior két oldalán a **sulcus posterolateralis** található – a sulcus vonalában lépnek be a gerincvelőbe a hátsó gyökér érzőrostjai.

A gerincvelő fehérállományra és szürkeállományra oszlik – a fehérállomány kívül, a szürkeállomány pedig belül található. A szürkeállomány középvonali részében fut a **canalis centralis**, amely a velőcső üregének származéka, a KIR kamrarendszerének része, és mint ilyen liquort tartalmaz. A fehérállományban a gerincvelő pályarendszerei (axonok és gliasejtek) találhatók. A fehérállomány „kötegekre” **(funiculus)** osztható – a funiculusok határait a felszínen a dorsalis és a ventralis gyökérrostok jelzik. A **funiculus dorsalis/posterior** a hátsó köteg; a **funiculus lateralis** az oldalsó köteg; a **funiculus ventralis/anterior** pedig az elülső köteg. A fehérállományban haladó pályákat a funiculusok szerint rendszerezzük – ez mint topográfiai szempont a klinikai diagnosztikában is jól alkalmazható mert a kötegek átlagos röntgen CT és MRI képeken is elkülöníthetők. A fehérállománynak azt a részét, amely a canalis centralis ventralis oldalán, a fissura mediana anterior mélyén található **commissura alba anterior**nak nevezzük. A keresztezett gerincvelői pályák ezen a helyen kereszteződnek. A szürkeállományban neuronok, gliasejtek és ezek nyúlványai találhatók. A szürkeállomány jellegzetes „pillangó” alakot mutat a gerincvelő keresztmetszetein. A szürkeállomány dorsalis, ventralis és intermedier részeit „szarvaknak” **(cornu)** nevezzük; a **cornu posterius** főleg érző, a **cornu anterius** mozgató-, és az intermedier zónában található **cornu laterale** vegetatív preganglionaris neuronokat tartalmaznak. A keresztmetszeten „szarvaknak” tűnő szürkeállomány a gerincvelő egész hosszában folyamatos **columnák**at alkot, és ebben a szürkeállományban (a columnákban) különféle neuroncsoportok vannak, amelyeket




A gerincvelői szelvény vázlatos rajza (felül). A nyaki gerincvelő elhelyezkedése a gerinccsatornában (alul). PrS: processus spinalis; FA: facies articularis; CV: corpus vertebrae.
NSp: nervus spinalis; RDors: ramus dorsalis; RComm: ramus communicans.

a **gerincvelő nucleusai**nak nevezünk. A **columna posterior** a hátsó szarvak, a **columna anterior** a mellső szarvak, a **columna intermedia** pedig az intermedier zóna (és a cornu laterale) megfelelője.

# 4.1. A SZÜRKEÁLLOMÁNY FINOMSZERKEZETE

A gerincvelő szürkeállományát a neuronjai, az astrocyták, oligodendroglia sejtek, microglia sejtek, erek, axonok, dendritek és szinapszisok alkotják. A középvonali szürkeállomány, amelyben a canalis centralis található keskeny összeköttetés a kétoldali intermedier zónák között: összeköttetés jellege miatt **commissura grisea** a neve. A nagyobb neuronok nucleusokba tömörülnek – a nucleusok nemcsak anatómiai képletek, hanem rendszerint funkcionális egységet is alkotnak. A nucleusok között vannak olyanok, amelyek minden szakaszon megtalálhatók; mások csak bizonyos szegmentumokban. A következőkben a fontosabb gerincvelői magcsoportokat soroljuk fel, a hátsó szarvtól a mellső szarv felé haladva.

## Substantia gelatinosa (ROLANDO)

A gerincvelő egész hosszában megtalálható a hátsó szarv tetején. Apró, sűrűn egymás mellé préselt neuronokból áll, emiatt a boncoláskor készített keresztmetszeten is elkülönül (főleg ha nagyítóval nézzük) – szürke, homogén zselészerű állomány. Neuronjai főleg a nocicepcióban vesznek részt.

## Nucleus proprius cornu posterioris

A nucleus proprius a Rolando-állomány alatt található, annál nagyobb mag, amely közepes méretű idegsejtekből és axonkötegekből áll – emiatt lazább szerkezetű. Szenzoros átkapcsoló mag a hátsó szarvban: a spinothalamikus pálya neuronjai is megtalálhatók benne. Minden szegmentumban megtalálható.

## Nucleus dorsalis (nucleus thoracicus; CLARKE-féle mag)

Csupán a T 1 és a L 3 szegmentumok közötti gerincvelő szakaszokon található. A hátsó szarv tövében, annak medialis oldalán helyezkedik el. Nagy neuronjaiból indul ki a tractus spinocerebellaris posterior.

## Nucleus intermediolateralis, nucleus intermediomedialis

Csupán a C 8 és a L 3 szelvények közti szakaszokon, az intermedier zónában találhatók. A **nucleus intermediolateralis** a cornu laterale-t alkotja, a **nucleus intermediomedialis** medialisabban helyezkedik el. Acetilkolinerg sympathicus preganglionaris neuronokat tartalmaznak, amelyek axonjai a mellső gyökéren keresztül elhagyják a gerincvelőt és paravertebralis valamint prevertebralis ganglionokhoz haladnak.

## Nuclei parasympathici sacrales

A sacralis szelvényekben található parasympathicus preganglionaris idegsejt-csoportok. A szürkeállományon belüli lokalizációjuk az előző (intermedilateralis és intermediomedialis magok) magcsoportéhoz hasonló. Axonjaik a sacralis parasympathicus plexusokhoz csatlakoznak.

## A mellső szarv motoneuron csoportjai

A columna anterior motoneuronjai a gerincvelő egész hosszában, az általuk beidegzett izmoknak megfelelő csoportokat – vagyis nucleusokat alkotnak. A legtöbb szelvényben **anterolateralis**, **anteromedialis**, **posterolateralis** és **posteromedialis** csoportokat különítünk el: a motoneuronok a gerincvelő hossztengelyének megfelelően, columna-szerűen csoportosulnak. A medialisan lévő neuronok az axiális izomzatot, a lateralisak a végtagok izmait innerválják. Ennek megfelelően a medialis magok (nucleus anteromedialis és posteromedialis) a gerincvelő egész hosszában megtalálhatók, míg a lateralisak (nucleus anterolateralis és posterolateralis) csupán az

intumescentiák területén. A fenti csoportokon kívül említést érdemel a nyaki gerincvelőben a **nucleus nervi accessorii (C 1 – C 5)** és a **nucleus phrenicus (C 3 – C 6),** a sacralis szakaszon pedig az **ONUF-féle mag (S 2 – S 4)**, amely a nervus pudendus motoros rostjait szolgáltatja**.** Az Onuf-féle mag férfiakban jóval több neuront tartalmaz, mint nőkben. A nyaki gerincvelő **(C1, C2)** fehérállományában, a hátsó szarv fejétől lateralisan speciális érző mag található: a **nucleus cervicalis lateralis**.

# 4.2 . A REXED-FÉLE LAMINÁK

A gerincvelő neuronjainak kísérletes tanulmányozása szükségessé tette egy megbízható és minden szegmentumra érvényes taxonómia kidolgozását. Mivel elektrofiziológiai kísérletekben az elektródákat többnyire a gerincvelő dorsalis felszíne felől vezetik a szürkeállományba, célszerű a neuronokat a hátsó szarv apikális részétől indulva rendszerezni. Ezt tette **B. REXED** svéd kutató **1952-ben publikált cytoarchitectonikai** leírásában, amelyben a macska gerincvelő szürkeállományát tíz laminára osztotta a neuronok csoportosulása, sűrűsége és fénymikroszkópos hasonlósága alapján. Azóta kiderült, hogy a Rexed-féle laminák más emlősökben és az emberi gerincvelőben is felfedezhetők, valamint hogy a fentiekben ismertetett nucleusok a legtöbb esetben lamináknak felelnek meg. A laminákat római számokkal jelöljük.

**Lamina I**: a hátsó szarv csúcsa, amelyet **WALDEYER-féle zona marginalis**nak is nevezünk. Közepes méretű neuronokat tartalmaz.

**Lamina II**: megfelel a substantia gelatinosa Rolandi-nak.

**Lamina III**: az előzőhöz hasonló szerkezetű réteg, azonban már nagyobb idegsejteket is tartalmaz.

**Lamina IV**: axonokat és közepes méretű neuronokat tartalmaz. Lamina III és IV alkotják a nucleus proprius-t.

**Lamina V**: vastag lamina, amely a hátsó szarv „nyakát” alkotja, közepes nagyságú idegsejtekkel.

**Lamina VI**: a hátsó szarv bázisa. Az V. és VI. lamina nem mindig különíthető el

**Lamina VII**: az intermedier zóna (columna intermedia) – széles lamina, amelyben a gerincvelői vegetatív preganglionaris neuronok találhatók. A **Clarke-féle nucleust** is ebben a laminában találjuk. A lamina ventralis része elfoglalja a motoneuron columnák közötti teret: itt találhatók a **RENSHAW-féle sejtek** (a motoneuronok recurrens gátlásáért felelős neuronok) is.

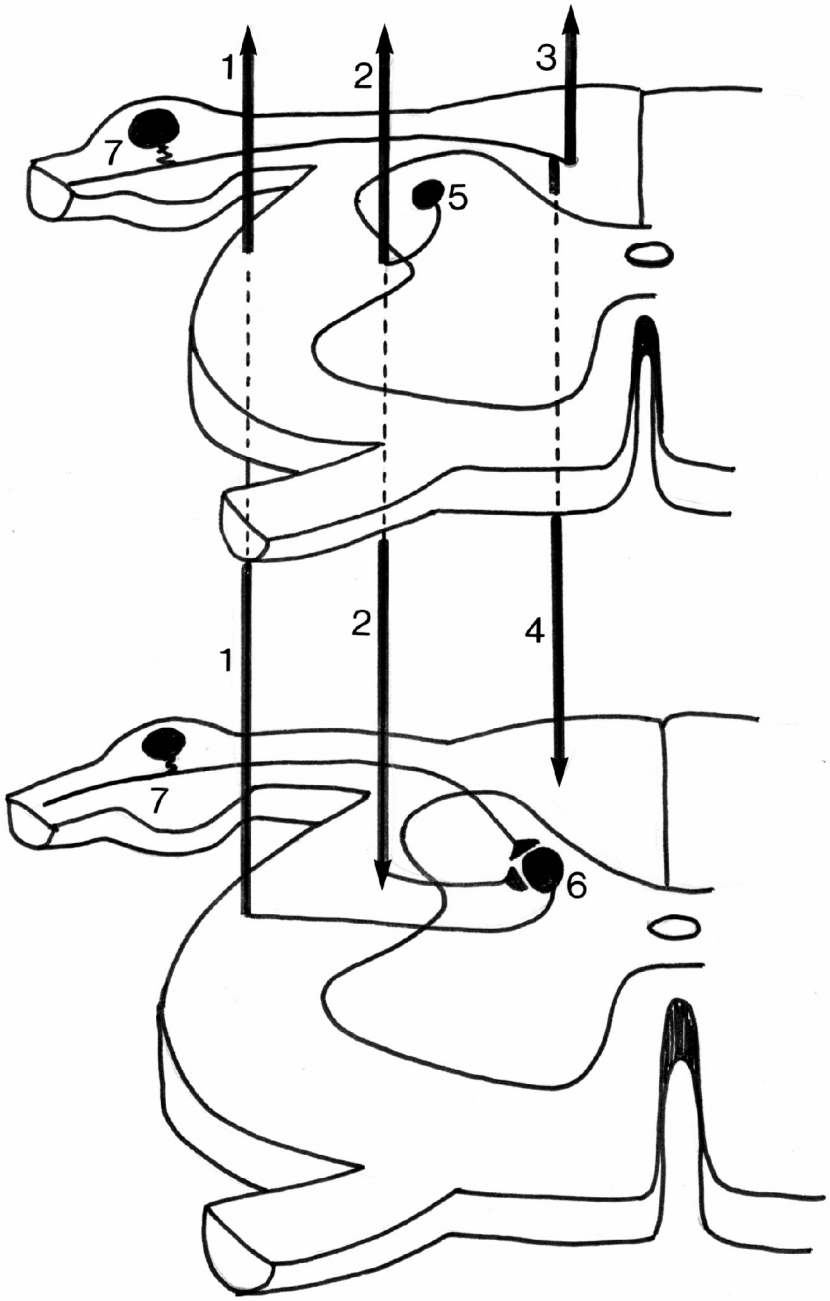
**Lamina VIII**: a mellső szarv azon részei, amelyeket nem foglalnak el a motoneuronok – mivel a motoneuron-columnák kiterjedése és nagysága változó, ez a lamina is változó helyzetű és nagyságú az egyes gerincvelői szakaszokban. A legtöbb szakaszon a mellső szarv medialis oldalát foglalja el. Interneuronokat tartalmaz.

**Lamina IX**: azok a területek a mellső szarvban, amelyekben motoneuronok vannak – ez a lamina nem rétegszerű, hanem a nucleusoknál leírt hosszanti, oszlopszerű szürkeállomány. Nagy motoneuronokat **(DEITERS-féle sejtek, alfa-motoneuronok)** és kis motoneuronokat **(gamma motoneuronok)** tartalmaz.

**Lamina X**: a canalis centralis körüli szürkeállomány, amelyet az előzőekben commissura grisea névvel illettünk.

# 4.3. A FEHÉRÁLLOMÁNY SZERKEZETE: A GERINCVELŐBEN HALADÓ PÁLYÁK

**Pályáknak nevezzük azokat az axonrendszereket, amelyek eredete és végződése a központi idegrendszer határozott struktúrái (agykéreg, nucleusok) között definiálható, és funkciójuk, vagyis az általuk szállított információ is hasonló.** A fehérállomány hosszú pályái a gerincvelő és az agyvelő különböző részei között létesítenek kapcsolatot és a gerincvelőben végződő, ún. leszálló- valamint a gerincvelőben kezdődő ún. felszálló pályákból állnak. Mindkét csoportban vannak keresztezett és keresztezetlen pályák. A pálya kereszteződése azt jelenti, hogy az axonok a neuraxis bizonyos pontján átlépnek a középvonalon, és az eredetükkel ellentétes oldalon végződnek. A leszálló pályák részben a motoros szabályozásban, részben a hátsó szarv funkcionális kontrolljában, részben vegetatív szabályozásban játszanak szerepet. A felszálló pályák nagyrészt érző információt szállítanak az agytörzsbe és a thalamusba. A hosszú pályák egy része ún. **szomatotópiát** mutat, ami




A felszálló és az interszegmentális pályák elvi felépítése.

1. Felszálló pálya axon, amely a gerincvelői szürkeállományban ered (pl.: tractus spinocerebellaris posterior).

2. Interszegmentális pálya axon.

3. Felszálló pálya axon, amely a primer szenzoros neuron központi nyúlványa.

4. A primer szenzoros neuron leszálló kollaterálisa, amely interszegmentális kapcsolatot létesít.

5. Hátsó szarvi neuron, amelyből az interszegmentális axon ered.

6. Gerincvelői neuron, amelynek axonja felszálló pályához tartozik.

7. Primer szenzoros neuron az érző ganglionban.

azt jelenti, hogy az azonos szelvényekből eredő axonok egy csoportban haladnak és a szelvényenkénti csoportok hagymalevél-szerűen egymás mellé rendeződnek – a pályák ilyen értelmű rendezettsége a **KAHLER-féle szabály**. A gerincvelő rövid pályái a gerincvelő szegmentumait kötik össze, ezért **intersegmentalis** vagy **propriospinalis** pályáknak nevezzük őket. A propriospinális axonok többsége a szürkeállomány szélén halad, azt vékony rétegben teljesen körülfogja. Anatómiai szempontból a pályákat a funiculusokban elfoglalt helyük szerint csoportosítjuk.

## 4.3.1. Funiculus posterior

A hátsó kötegben két felszálló érző pálya fut: a **fasciculus gracilis (GOLL)** és a **fasciculus cuneatus (BURDACH)**. A két fasciculust vékony glia septum választja el. A hátsókötegi felszálló pályák a **primer szenzoros neuronok centrális nyúlványai, amelyek a hátsó gyökéren keresztül lépnek a gerincvelőbe és a hátsó szarvba küldött kollaterális leadása után pályát alkotva a nyúltvelő felé tartanak**. Megjegyzendő azonban, hogy a pályákban olyan axonok is futnak, amelyek a gerincvelői neuronokból erednek. A pályák a nyúltvelő alsó részében található nucleus gracilisben és nucleus cuneatusban végződnek. A fasciculus gracilis medialisan, a **septum medianum posterius** mentén található (a septum medianum posterius gliaszövetből álló sövény, amely a sulcus medianusnak megfelelően a középvonalban található). A fasciculus gracilist alkotó axonok a coccygealis, sacralis, lumbalis és alsó thoracalis szelvények gyökereiből szedődnek össze, vagyis az alsó testfélből hoznak információt. A fasciculus cuneatus a háti szakaszon kezdődik és a felső thoracalis és cervicalis szegmentumok gyökereiből szedődik össze. Ily módon a lumbalis intumescentia területén csak a fasciculus gracilis található meg, a két pálya együtt jellegzetesen a cervicalis keresztmetszeteken látható. Mindkét pálya keresztezetlen, eredésükkel azonos oldalon haladnak felfelé. A hátsó kötegi felszálló pályák rendkívül fontosak mert precíz, mozgással és tapintással összefüggő információkat szállítanak. A kéz bőrének tapintótestecskéiből (pl.: a Meissner-féle végződésből), a mély nyomást érzékelő Vater-Pacini testecskékből, ízületi receptorokból, ínorsóból és izomorsóból eredő impulzusaik a lokalizációs és diszkriminatív (= elkülönítő) tapintást, és a testrészeink (pl.: az alsó végtag részeinek)

pontos helyzetét közvetítik. **A pályák által szállított információ az ún. epikritikus szenzibilitás: súly-, mély-, vibráció-érzés és diszkriminatív tapintás.**
**A pályarendszer sérülésekor minden ilyen információ elvész, és az ilyen betegeknek bőrérzékelési zavarai és súlyos járászavarai vannak.**

## 4.3.2. Funiculus lateralis, funiculus anterior

Az **oldalsó köteg**ben felszálló és leszálló pályák egyaránt futnak. Az érző pályák közül a spinocerebellaris pályák és spinothalamikus pálya a legfontosabbak. Mint látni fogjuk, a spinothalamikus pálya átnyúlik a mellső kötegbe is. A leszálló pályák közül a keresztezett piramispálya a legfontosabb. Ezen kívül itt haladnak a rubrospinalis, raphespinalis, hypothalamospinalis, reticulospinalis és spinoreticularis pályák. Az **elülső köteg**ben halad a spinothalamikus pálya rostjainak kb. a fele, a spinoolivaris pálya és leszálló pályák, amelyek a motoros szabályozásban játszanak szerepet: a keresztezetlen piramispálya, a tectospinalis, vestibulospinalis, reticulospinalis pályák és a fasciculus longitudinalis medialis. A felszálló érző pályákat és a leszálló (motoros) pályákat külön rendszerezzük.

## 4.3.3. FELSZÁLLÓ ÉRZŐ (és egyéb) PÁLYÁK

### ● Tractus spinocerebellaris posterior (FLECHSIG; keresztezetlen pálya)

A kisagyba haladó pálya a Clarke-féle mag neuronjaiból indul és az oldalköteg szélén található. A primer szenzoros neuronok kollaterálisai a Clarke-mag nagy neuronjain végződnek és többnyire azon axonok kollaterálisai, amelyek egyébként a hátsó kötegi felszálló pályákban futnak. Eredetük is hasonló: bőr- és ízületi mechanoreceptorok és izomreceptorok. Mivel a pálya a kisagyban végződik, az általa szállított információ nem tudatosul, és a pálya izolált sérülése sem okoz klinikai tüneteket.

## ● Tractus spinocerebellaris anterior (GOWERS; keresztezett pálya)

Eredete nem köthető a Clarke-féle maghoz: neuronjai az V. , VI. és VII. laminákban találhatók a sacralis és lumbalis szegmentumokban. A primer szenzoros neuronok axonjai ezeken a sejteken végződnek, és ezért a pálya két neuronból (primer szenzoros neuron + V.,VI.,VII. lamina neuronjai) áll, a második neuronok axonjai kereszteződnek és vastag axonjaik révén gyors vezetést biztosítanak. A pálya a kisagyban végződik. Az információ eredete és jellege azonos a tractus spinocerebellaris posterioréval. Mindkét pálya az alsó testfélből (alsó végtag, törzs) szállít ingerületet. A felső végtag spinocerebellaris információit a **tractus cuneocerebellaris** közvetíti – ez a pálya a nyúltvelőben van, ezért ott említjük részletesebben.
Mindkét spinocerebellaris pálya a kisagykéregben végződik, moharostok formájában.

## ● Tractus spinothalamicus lateralis (EDINGER; keresztezett pálya)

A spinothalamikus pálya a legfontosabb és legnagyobb érzőpályák egyike. **Az oldalsó és az elülső kötegben halad**, közvetlenül a gerincvelő felszíne alatt, ezért sebészeti beavatkozás végezhető rajta – ez a **tractotomia spinalis**, a pálya izolált átmetszése krónikus fájdalom csillapítása céljából. A pálya rostjai a Kahler-szabályt követik: a sacralis szelvényekből eredő axonok felszínesen, a cervicalis eredetűek mélyen, a szürkeállomány közelében találhatók. A spinothalamikus pálya nemcsak szomatotópiát mutat, hanem rostjai az érzéskvalitások szerint is elkülönülnek. Az oldalsó kötegben futó pályarész **hő-** és **fájdalomérző** rostokat tartalmaz, a mellső kötegben haladó rostok **tapintás**t és **nyomásérzés**t közvetítenek. A spinothalamikus pályával kapcsolatos primer érző neuronok a **gerincvelő I., IV., V., VI., VII. és VIII. lamináiban** kapcsolódnak át, illetve ezekből a Rexed-laminákból erednek a pálya axonjai, amelyek felfelé haladtukban kereszteződnek. Nem tudjuk pontosan, hány gerincvelői interneuron van a primer érző afferens és a pálya eredő neuronja között. **A kereszteződés helye a commissura alba anterior**. Vannak olyan rostok is, amelyek nem kereszteződnek. Az agytörzsben a hő-, fájdalom-rostok különválnak a többitől, és elkülönülten érkeznek a thalamusba. Feltételezhető, hogy azok a fájdalomérzékelő

rostok, amelyek az I. laminából erednek nemcsak a klasszikus ventrolateralis spinothalamikus pályában, hanem a funiculus posteriorban, annak lateralis részében is haladnak, mint **dorsolateralis spinothalamikus pálya**. A fent említett (és a spinothalamikus pálya átmetszését célzó) tractotomia után ugyanis a fájdalom nem szűnik meg minden esetben. **A spinothalamikus pálya által szállított érzéskvalitások az ún. protopathiás szenzibilitás körébe tartoznak (pathos = betegség; protos = első; a fájdalom, mint a betegség első jele).**

A spinothalamikus pálya pusztulása a hő-, fájdalom-, és elemi tapintásérzés elvesztését okozza. Teljes érzéskiesés a gerincvelő harántléziója után jön létre. A spinothalamikus lézió ritka esete a **syringomyelia** nevű fejlődési rendellenesség. Ilyenkor a canalis centralis kóros tágulata összenyomja és elpusztítja a commissura alba anterior axonjait – tehát a kereszteződő spinothalamikus rostokat is. Mivel a rendellenesség leginkább a nyaki szakaszon alakul ki, a felső végtag bőrének érzéstelensége a betegség egyik következménye. A fájdalomérzés teljes hiánya miatt a betegek súlyos bőrsérüléseket szenvedhetnek el anélkül, hogy reagálnának erre. A mondabeli római Mucius Scaevola, aki tűzbe tartotta egyik karját, hogy az őt foglyulejtő etruszk katonákat bátorságával elrettentse, valószínűleg syringomyeliában szenvedett.

## 4.3.4. Egyéb felszálló pályák

**Tractus spinoreticularis:** a felszálló rostok a **formatio reticularis precerebellaris magjaiban** végződnek, a nyúltvelőben és a hídban. A spinoreticularis rostok a spinothalamikus pálya rostjai között, azokkal keveredve haladnak. Eredő idegsejtjeik az V., VII. és VIII. laminában találhatók. A primer afferensek a bőrből és mélyebb szövetekből mechanikai- és fájdalomingereket hoznak a pálya eredő neuronjaihoz. A pálya által szállított szenzoros információ nem tudatosul – a formatio reticularis révén eloszlik az agytörzsben és a diencephalonban. A pályában felszálló szenzoros információ reflexek, az agytörzs valamint a diencephalon tónusos aktivitása és a hypothalamikus funkciók szabályozásában játszik szerepet.

**Tractus spino-olivaris:** proprioceptív információt szállít az oliva inferior magkomplexumához. Emberben lokalizációja nem ismert.

**Tractus spinocervicalis:** a pálya eredő neuronjai a III-V. laminákban találhatók. A primer afferensek a bőrből jönnek (szőrtüszők, hőreceptorok, mechanoreceptorok). A pálya azonos oldalon, a funiculus lateralisban halad felfelé és a C1 – 2 szegmentumokban, a funiculus lateralisban található szürkemagban **(nucleus cervicalis lateralis)** végződik. Az átkapcsolódás után a nucleus cervicalis lateralisból eredő axonok a lemniscus medialishoz csatlakoznak.

## 4.3.5. LESZÁLLÓ MOTOROS (és egyéb) PÁLYÁK

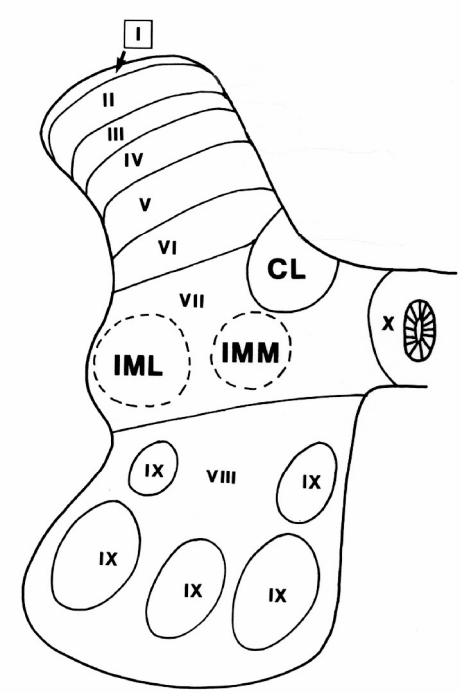
### ● Tractus corticospinalis cruciatus (keresztezett, vagy lateralis piramispálya)

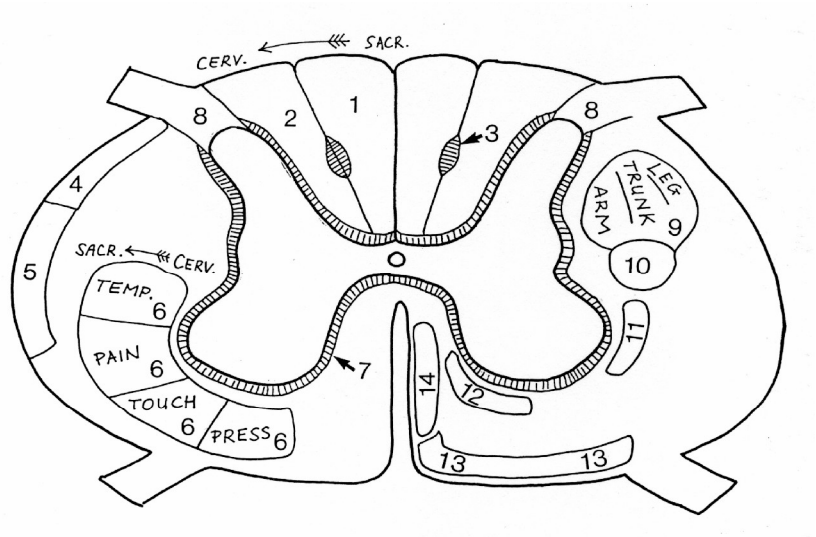
A funiculus lateralisban található igen fontos és nagy rostrendszer. Eredete az agykéregben van – a kérgi piramissejtekből megszakítás nélkül halad lefelé a gerincvelőbe, ahol a IX. lamina motoneuronjain illetve a VII. és a VIII. laminák interneuronjain végződik. Kereszteződése a medulla oblongata zárt részében van. Az akaratlagos, célvezérelt mozgások kivitelezéséhez elengedhetetlen. A pálya sérülései izombénuláshoz vezetnek. Az agyvérzést követő ún. **hemiplegia** tulajdonképpen a tractus corticospinalis egyik oldali pusztulásának jele.

### ● Tractus corticospinalis directus (keresztezetlen, vagy anterior piramispálya)

Az agykéregből eredő nagy mozgatópálya rostjainak egy része nem kereszteződik a nyúltvelőben, hanem a gerincvelő funiculus anteriorjában halad lefelé. A keresztezetlen piramispálya a fissura mediana anterior mentén halad, és az axonok szegmentálisan kereszteződnek és így végződnek a motoneuronokon vagy az interneuronokon. Funkciója az előző pályáéval megegyezik.

A Rexed-laminák vázlatos helyzete. CL: nucleus thoracicus (Clarke); IML: nucleus intermediolateralis; IMM: nucleus intermediomedialis.




A gerincvelő felszálló és leszálló pályáinak vázlata.

1: Fasciculus gracilis; 2: Fasciculus cuneatus; 3: Interszegmentális axonköteg; 4: Tractus spinocerebellaris posterior; 5: Tractus spinocerebellaris anterior; 6: Tractus spinothalamicus; 7: Interszegmentális axonok; 8: Lissauer-féle pálya; 9: Oldalsó piramispálya; 10: Rubrospinalis pálya; 11: Lateralis reticulospinalis pálya; 12: Medialis reticulospinalis pálya; 13: Vestibulospinalis pálya; 14: Elülső piramispálya.

A hátsókötegi axonok és a spinothalamikus pálya szomatotópiáját a SACR → CERV irányba mutató nyíl jelzi. A spinothalamikus pálya axonjai a szállított érzéskvalitások alapján is szegregálódnak: hő-fájdalom-elemi tapintás-nyomás. Az oldalsó piramispályában szintén van szomatotópia: kívül haladnak az alsó végtagi, középen a törzshöz haladó, belül a felső végtagi rostok.

## ● Tractus rubrospinalis (MONAKOW)

A középagyi nucleus ruberből eredő, keresztezett pálya. A funiculus lateralisban, a piramispálya mellett halad lefelé és az V., VI., VII. lamina interneuronjain valamint a motoneuronokon végződik. Részt vesz a mozgások szabályozásában.

## ● Tractus reticulospinalis

A híd és a nyúltvelő formatio reticularisából eredő pályák. A hídból eredő pálya a funiculus lateralisban, a nyúltvelői pálya a funiculus medialisban halad lefelé. A pálya rostjai a VII. és VIII. laminák interneuronjain végződnek és a motoneuronokat befolyásolják – részt vesznek a testtartás szabályozásában. A locus coeruleusból leszálló noradrenerg pálya halad a gerincvelőbe. Különösen sűrű noradrenerg innervációt kapnak az intermediolateralis, intermediomedialis és a sacralis parasympathicus magok.

## ● Tractus vestibulospinalis

A nucleus vestibularis lateralisból eredő pálya a lateralis és elülső funiculus határán található. A VII. és VIII. laminák interneuronjain (az ún. *premotor* neuronokon) és a IX. lamina sejtjein végződik és részt vesz a mozgások szabályozásában.

## ● Tractus raphespinalis

A formatio reticularis szerotoninerg neuronjaiból (a raphe magokból) eredő pálya a funiculus lateralis dorsalis részében halad és a hátsó szarvban végződik. A rostokból felszabaduló szerotonin a hátsó szarvi fájdalomérző rendszereket modulálja.

## ● Fasciculus longitudinalis medialis (FLM)

A funiculus anteriorban található, de csak a nyaki szelvényekben, lejjebb már nem. Az agytörzsi FLM-szal megegyező pálya, annak gerincvelőbe lenyúló része. A tectumot, a pretectumot, szemmozgató idegek magjait és a vestibularis magvakat integráló pálya, amely a nyakizmok beidegzését szabályozza: a VII. és VIII. lamina interneuronjain végződik.

### Kevésbé fontosak

#### Tractus tectospinalis

A colliculus superiorból ered, kereszteződik és a középvonal mentén halad lefelé. A nyaki szakaszon a FLM rostjaival együtt fut, a thoracolumbalis szakaszokon önállóan, a funiculus anteriorban. A legtöbb rost a nyaki szegmentumokban végződik – de jutnak rostok a caudalisabb szelvényekbe is; mindenütt a VII. és a VIII. lamina sejtjein végződik. A pálya olyan testtartási reflexekben vesz részt, amelyek fényingerek hatására jönnek létre (pl.: fej és törzs elfordítása a fényingert követve).

#### Tractus hypothalamospinalis

A funiculus lateralisban haladó pálya, amely a hypothalamus magjaiból ered és a thoracolumbalis sympathicus magok neuronjait, valamint a sacralis parasympathicus neuronokat idegzi be és regulálja a működésüket. Működése kevéssé ismert.

## 4.3.6. INTERSZEGMENTÁLIS (PROPRIOSPINALIS) PÁLYÁK

A gerincvelő szegmentumait sajátos neuronok, az ún. propriospinalis neuronok kapcsolják össze. Ezek a sejtek az V. – VIII. lamina sejtjei. Axonjaik kilépnek a fehérállományba és néhány szegmentummal feljebb vagy lejjebb végződnek motoneuronokon vagy más gerincvelői sejteken. A pályák a szürkeállományt veszik körül vékony réteg formájában: ez a **fasciculus proprius**. A hátsógyöki zónában a hátsó szarv feje és a radix posterior között vékony rostokból álló intersegmentalis

pálya van, amely a hátsó szarv érző funkcióiban játszik szerepet: ez a **LISSAUER-féle pálya (fasciculus dorsolateralis)**. A Lissauer-pálya rostjainak többsége az I. lamina és a substantia gelatinosa neuronjaiból ered. Végül, a funiculus posteriorban, a fasciculus cuneatus medialis oldalán a **SCHULTZE-féle komma-nyaláb (fasciculus interfascicularis)** figyelhető meg; ez azonban speciális interszegmentális összeköttetés, mert a hátsó kötegbe lépő primér szenzoros neuronok dichotomizáló nyúlványait tartalmazza.

# 4.4. A GERINCVELŐ VÉRELLÁTÁSA

A gerincvelő három fő artériája az arteria vertebralis rendszeréből származik: az **arteria spinalis anterior** az arteria vertebralisokból, két ággal ered, és egyetlen erős törzsként halad végig a fissura mediana anterior előtt. Két **arteria spinalis posterior** is ered az **a. vertebralis**ból, amelyek külön, a hátsó gyökerektől mediálisan, egyenként, vagy a radix előtt és mögött haladnak lefelé, végig a gerincvelő egész hosszában. Az artériákhoz ún. **radicularis artériák** csatlakoznak, amelyek a foramen intervertebralen át, szegmentálisan lépnek a gerinccsatornába és vért hoznak a gerincvelői artériás keringésbe (az arteria vertebralis egyedül nem tudná ellátni az egész gerincvelőt). A radicularis artériák az arteria vertebralis nyaki szakaszából, az intercostalis, lumbalis és sacralis artériákból erednek. A foramen intervertebralén belépve az elülső és hátulsó gyökérhez csatlakoznak és beleömlenek az arteria spinalisokba. A legnagyobb radicularis artéria az ún. **ADAMKIEWICZ-artéria**, amely az intumescentia lumbalis magasságában lép be a gerinccsatornába. A gerincvelő artériái a felszínen gyűrűszerű anasztomózisokat képeznek, és teljesen körülölelik a gerincvelőt: ez az ún. **vasocorona**. A kisebb erek ebből hatolnak a fehérállományba.

A vénák az artériákhoz hasonlóan futnak és ún. **vénás vasocoronát** alkotnak. A vénás elvezetés az ún. **radicularis vénák**on át történik. A foramen intervertebrale felé haladó vénák kapcsolatba kerülnek az epiduralis vénás fonattal **(plexus venosus vertebralis internus)**, majd a gerinc körül lévő külső fonattal **(plexus venosus vertebralis externus)**, végül a szegmentális vénák vezetik el a vért.

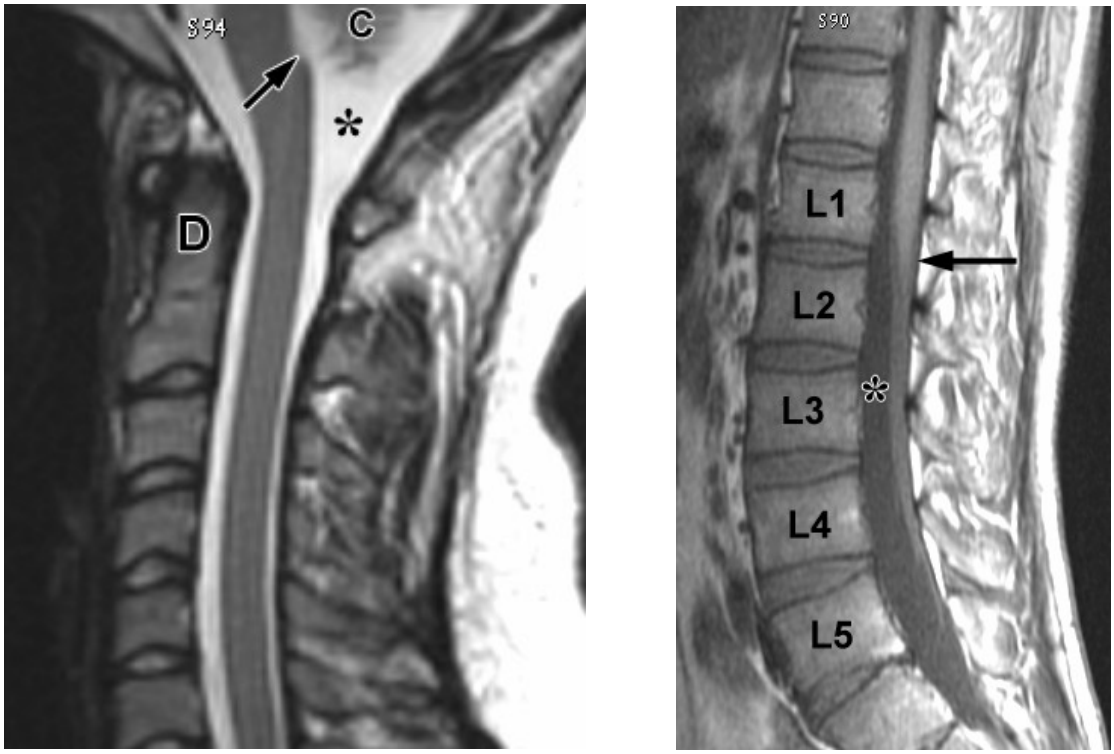
# 4.5. Klinikai megjegyzés

## A BROWN-SÉQUARD szindróma

**Esetleírás:** a 45 éves férfibeteget mentő hozza az osztályra. A beteg bal lábát nem tudja mozgatni. A nyak hátsó felszínén, a VII. nyakcsigolya magasságában enyhén vérző szúrt seb van, amely a gerincvelőt is elérte.

A beteg bal **lába mozgásképtelen**, ízületeinek passzív mozgatásakor nem érzi az ízület helyzetváltozásait. A **bal alsó végtagon vibrációérzés nincsen**, a **jobb alsó végtagon fájdalom- és hőérzékelés nincsen**. A bal felső végtagon a kéz ujjainak hajlítása erőtlen, az ujjak extensióban vannak. Radiológiai eljárással (MRI) a VII. nyakcsigolya szintjében a gerincvelő féloldali sérülése (hemisectio) és kompressziója látszik. A gerincvelő bal oldalán vérömleny figyelhető meg (C7 és T1 között). A szúrt sérülés tehát a gerincvelő féloldali átmetszését okozta, ami a **Brown-Séquard-szindrómában nyilvánult meg. A sérülés szintjén az azonos oldali alsó- és felső motoneuronok bénultak (a mellső szarv roncsolódása és a keresztezett piramispálya átmetsződése miatt). Az ellenoldalon a sérülés alatti (alsó végtag) bőrterületek fájdalom- és hőérzékelése megszűnt (a tractus spinothalamicus átmetszése miatt). Az azonos oldali vibráció- és ízületi helyzetérzés kiesését a hátsó kötegi pályák sérülése magyarázza.**

A beteg szúrt sebét feltárták és a vérömlenyt eltávolították a gerinccsatornából. Mivel a KIR nem regenerálódik, tartós károsodással kell számolni, és a műtéti seb gyógyulása után meg kell kezdeni a beteg rehabilitációját és fizioterápiás kezelését.




A gerincvelő és a durazsák MRI képei a nyaki- és lumbalis szakaszon. A nyaki szakasz felvételén a hátsó koponyaárok is látszik:
C - cerebellum; nyíl - obex; * cisterna cerebellomedullaris.
D: dens axis.
A lumbalis felvételen a cisterna lumbalis (*) és a conus medullaris (nyíl) figyelhető meg.

# AGYTÖRZS (TRUNCUS CEREBRI)

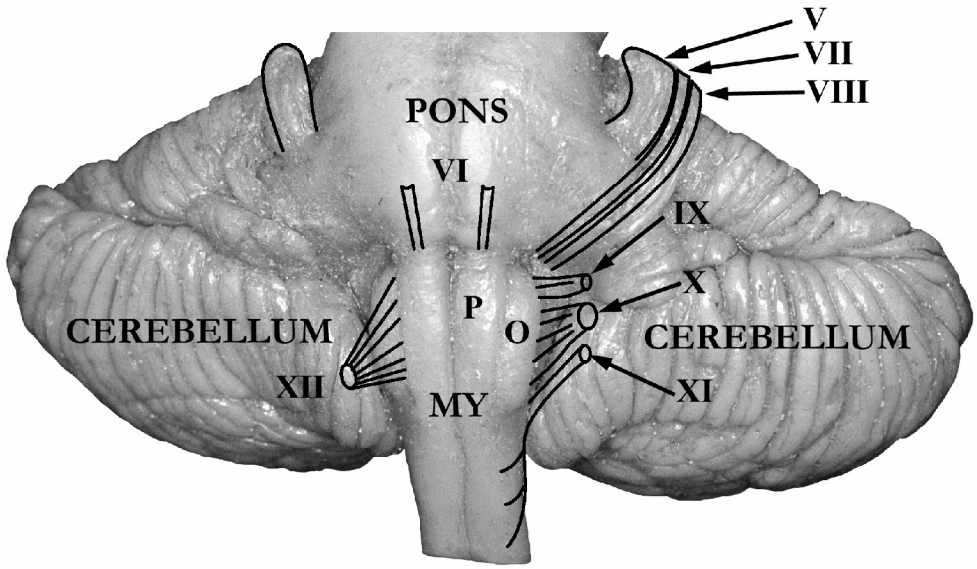
# 5. A NYÚLTVELŐ (MEDULLA OBLONGATA, BULBUS)

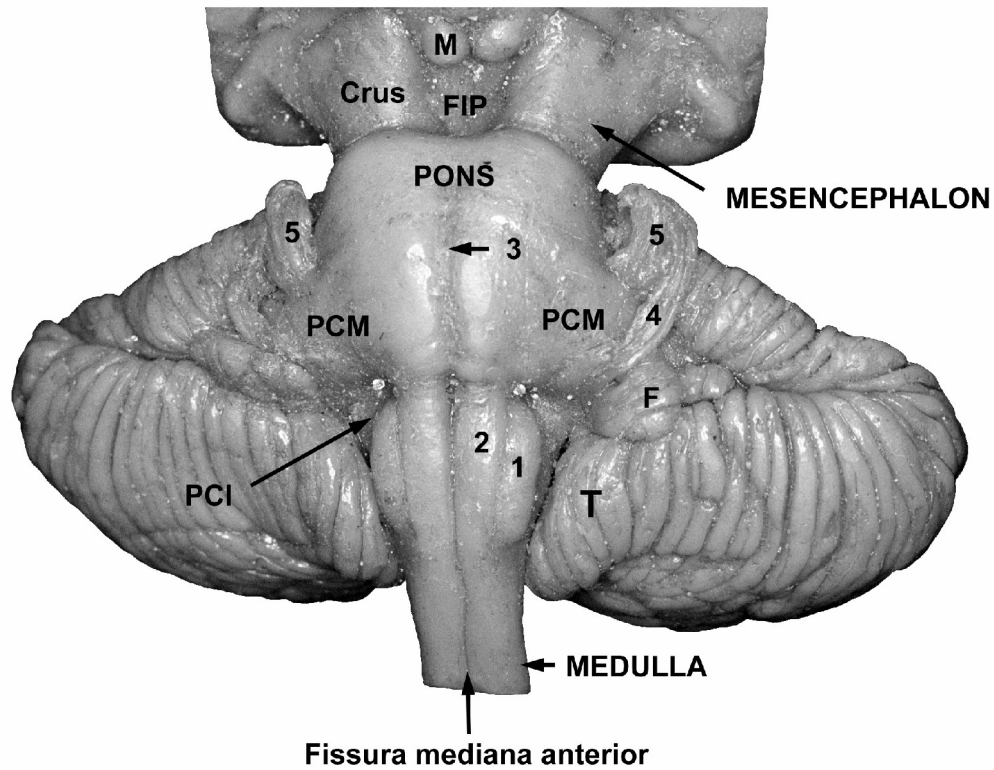
A medulla a foramen magnum szintjénél kezdődik mint a gerincvelő közvetlen folytatása. A gerincvelő és a nyúltvelő átmenete fokozatos, a híd és a nyúltvelő között viszont jól látható határ (haránt barázda – **sulcus bulbopontinus**) van. A nyúltvelőben (és az agytörzs többi szakaszain is) megszűnik a gerincvelői idegekre jellemző radix posterior és radix anterior rendszer. Az agyidegek (bár egy részük szintén a fila radiculariákhoz hasonló vékony gyökerekkel lép ki) nem rendelkeznek mellső- és hátsó gyökerekkel; kilépési helyük jól körülhatárolt képletek mentén van, ahol érző és mozgató rostjaik (ha vannak) együtt haladnak. Ily módon a gerincvelő/nyúltvelő határt az első nyaki ideg hátsó gyökereinek megszűnése jelzi – vagyis a dorsalis oldalon az átmenet világosan követhető. Ventralisan az átmenet kevésbé feltűnő.

A medulla ventralis felszínét a **fissura mediana anterior** osztja ketté – a fissura felfelé egyre sekélyebb lesz, és a híd-nyúltvelő szögletben háromszögletű mélyedéssé válik: ez a **foramen caecum**. A fissura két oldalán felfelé vastagodó kötegek – a **pyramis**ok – láthatók. A medulla alsó részében a két pyramist X alakú rostok kötik össze, amelyek jól láthatóak a fissurában: ez a **decussatio pyramidum**. A pyramisok a gerincvelő mellső kötegében folytatódnak. A pyramisoktól oldalt (vagyis a gerincvelői oldalsó kötegnek megfelelően) ovális kiemelkedés látszik: ez az **oliva**, amelyet mindkét oldalán egy-egy sulcus határol. A sulcusok a medulla hossztengelyében vannak és agyidegek gyökérszálai lépnek ki bennük. A sulcusok neve: **sulcus parolivaris medialis** (a fissurához közeli oldalon) és **sulcus parolivaris lateralis** (az új nevezéktan az előbbit **sulcus preolivaris**nak, az utóbbit **sulcus retroolivaris**nak nevezi). A medialis sulcusban a **nervus hypoglossus (XII)** gyökerei, a lateralis sulcusban a **nervus glossopharyngeus (IX)** és **nervus vagus (X)** gyökerei lépnek elő. Az olivától caudalisan a pyramist a **sulcus anterolateralis** határolja (ez a sulcus a preolivaris sulcus folytatása). A sulcus anterolateralis

A nyúltvelő és a híd agyidegeinek topográfiája.

MY: medulla oblongata. P: pyramis; O: oliva superior. Az agyidegek gyökereit római számok jelölik.




Az agytörzs ventralis felszínének anatómiája.

1: oliva inferior; 2: pyramis; 3: sulcus basilaris; 4: nervus facialis és nervus vestibulocochlearis rostjai; 5: nervus trigeminus rostjai; F: flocculus; T: tonsilla cerebelli; PCI: pedunculus cerebellaris inferior; M: corpus mammillare; FIP: fossa interpeduncularis.

folytatásában (a gerincvelő területén) az első nyaki ideg ventralis gyökerei találhatók. A sulcus parolivaris lateralis alsó részében és attól lefelé a **nervus accessorius (XI)** nyúltvelői gyökerei lépnek ki. A nervus azonban rendelkezik gerincvelői gyökerekkel is **(radix spinalis nervi accessorii)** – ezek a felső nyaki szegmentumokból erednek, de nem a radix anterior mentén, hanem a funiculus lateralis oldalán lépnek ki a gerincvelőből; ezután egységes törzzsé szedődnek össze, belépnek a koponya üregébe a foramen magnumon és csatlakoznak a nyúltvelői XI. radixokhoz.

A gerincvelői funiculus lateralis folytatásaként, a medulla oldalsó-dorsalis felszínén kötegbe rendeződött spinocerebellaris axonok a **corpus restiforme** nevű képletet alakítják ki.

A medulla dorsalis felszíne a gerincvelői funiculus posterior folytatása. A középvonalban a **sulcus medianus posterior** található, amelynek két oldalán a hátsó kötegi felszálló pályák – a **fasciculus gracilis** és **fasciculus cuneatus** – haladnak. A két pályát a felszínen sekély barázda választja el; a fasciculus cuneatus oldalán a **sulcus posterolateralis** található – a radix posteriorok belépési zónájának folytatásaként, de már gyökerek nélkül. A kötegek felfelé kiszélesednek és egy-egy tuberculumban végződnek: **tuberculum gracile** és **tuberculum cuneatum**. A tuberculumok alatt szürkeállomány, a hátsó kötegi felszálló pályák magvai (**nucleus fasciculi gracilis, nucleus fasciculi cuneati**) találhatók.

A két tuberculum felett kezdődik a **fossa rhomboidea**, vagyis a IV. agykamra aljzata. A kamra szélén a **tenia choroidea ventriculi quarti** látható, amely a kamra hátsó falát képező vékony agyszövet maradványa. A fossa rhomboidea a IV. agykamra aljzatát képezi, a kamrát rostralisan a **velum medullare superius** (a hídhoz tartozik), caudalisan a **velum medullare inferius** (a nyúltvelő része) határolja – mindkettő vékony agyszövetből álló lemez. A nyúltvelő dorsalis felszínén kinyíló canalis centralis egyre szélesedő kamrafelszínt hoz létre, amelyet ependyma borít. A fossa rhomboidea rombusz alakú terület, amely felfelé (kb.: a nyúltvelő-híd határig) szélesedik, majd felfelé a híd felső szintjéig szűkül; végül a híd-középagy határ felett, a középagyban keskeny (a canalis centralisnál kissé tágabb, de ahhoz hasonló) vezetékbe megy át: ez a vezeték az **aqueductus mesencephali (aqueductus cerebri)**.

A híd-nyúltvelő határon oldalsó recessusai vannak **(recessus lateralis)**, amelyek az **area vestibularis** nevet viselik – itt vannak a felszín alatt a VIII. agyideg agytörzsi magjai. Ebben a magasságban fehéres csíkok láthatók a felszínen, amelyek harántul haladnak és eltűnnek a középvonalban: **striae medullares** a nevük, és a VIII. agyideg

agytörzsi (kereszteződő) rostrendszereit tartalmazzák: innen ered régebbi nevük – **striae acusticae**.

A fossa rhomboidea felszínén, a középvonalban sekély barázda húzódik végig **(sulcus medianus)**. Alsó szeglete az **obex**, amelynek mélyén a canalis centralis nyílása található. Az obex fölött sajátos középvonali struktúra, az **area postrema** látszik. Az area postrema az ún. circumventricularis szervekhez (lásd később) tartozik. Az area postremától rostralisan, a sulcus medianus két oldalán medialis és lateralis háromszögletű kiemelkedés található. Medialisan a **trigonum nervi hypoglossi** (amelynek mélyén a XII. agyideg motoros magja helyezkedik el), lateralisan a **trigonum nervi vagi** (amely alatt a X. agyideg idegsejtjei vannak) különíthető el.

A striae medullares felett már a híd képleteit látjuk. A sulcus medianus két oldalán kötegszerű kimelkedés **(eminentia medialis)**, oldalt pedig újabb sekély barázda **(sulcus limitans)** figyelhető meg. Az eminentia medialis alsó vége gömbölyű formájú: ez a **colliculus facialis**, amely a hasonló nevű agyideg itt haladó rostjaitól keletkezik. Végül, a fossa rhomboidea felső részén a sulcus limitans két oldalán apró, kékes-fekete terület látszik: ez a **locus coeruleus**, amelyben melanin tartalmú idegsejtek vannak.

A medulla belső szerkezetét két keresztmetszeten tanulmányozzuk: az egyik metszet a nyúltvelő zárt részét, a másik a nyílt részt (a fossa rhomboidea területére eső szakaszt) foglalja össze.

# 5.1. A MEDULLA OBLONGATA FINOMSZERKEZETE

A medulla keresztmetszetein jól nyomon követhető a gerincvelői szürkeállomány jellegzetes „pillangó” alakjának különálló agyidegmagokká történő tagolódása. A nyúltvelőben a **XII., XI., X., IX., VIII.** és **V.** agyidegek képviseltetik magukat komplex magrendszerekkel vagy különálló, specializált magrendszerekkel. Az agyidegi struktúrák mellett speciális agytörzsi magrendszerek (az **oliva inferior** magkomplexuma és a nyúltvelői **formatio reticularis**), valamint a circumventricularis szervek egyike, az **area postrema** találhatók a

szürkeállományban. A fehérállományban a gerincvelőből már ismert pályák, a nyúltvelőben keletkező és felszálló pályák, valamint a nyúltvelőben végződő, magasabb szintről leszálló pályák találhatók. **A nyúltvelőben három jelentős pálya <u>kereszteződik</u>**:

**A: a tractus corticospinalis;**

**B: a lemniscus medialis;**

**C: a tractus olivocerebellaris.**

## 5.1.1. Mozgató agyidegmagok a nyúltvelőben

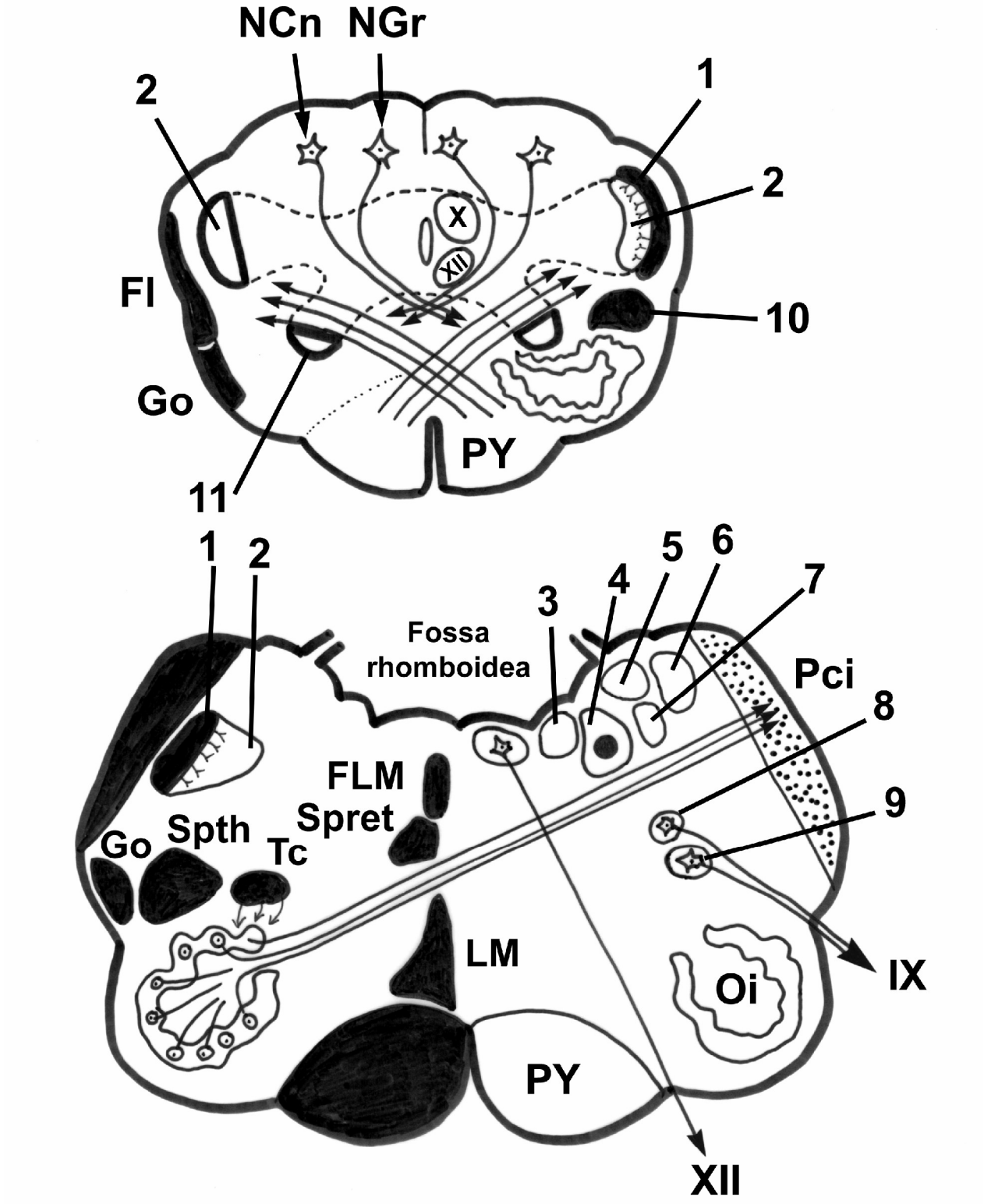
A tractus corticospinalis kereszteződése a gerincvelő-nyúltvelő átmenet felett található. A kereszteződő rostok megbontják a gerincvelői mellső szarv egységes szürkeállományát, és egy ún. **<u>ventrolateralis</u>** és egy ún. **<u>dorsomedialis motoros magoszlopot</u>** alakítanak ki (mindkét jelző a motoneuron csoportok helyzetére utal). A dorsomedialis mag a **nervus hypoglossus motoros magja** lesz – egy igen hosszan elnyúló neuron csoport, amely a nyúltvelő alsó részétől a nyúltvelő felső részéig húzódik, és mindvégig megtartja medialis és dorsalis helyzetét. Nagy, acetilkolinerg motoneuronok alkotják. A ventrolateralis mag hasonló hosszúságú, azonban nem homogén, mert három agyideg motoros idegsejtjeit tartalmazza – ezért **nucleus ambiguus** a neve (ambiguus = kétfelé hajló; ugyanis míg a X. és IX. agyidegek motoneuronjai egy folytonos oszlopot alkotnak, addig a XI. motoneuronjai caudalisan elkülönült kis csoportban találhatók). A nucleus ambiguusban alulról felfelé a **nervus accessorius,** a **nervus vagus** és a **nervus glossopharyngeus** harántcsíkolt izmokat beidegző acetilkolinerg motoneuronjait találjuk.

## 5.1.2. Parasympathicus agyidegmagok a nyúltvelőben

A medulla oblongata két preganglionaris parasympathicus neuroncsoportot tartalmaz: ezek a preganglionaris neuronok a nervus vagushoz és a nervus glossopharyngeushoz csatlakoznak. Mindkét magban acetilkolinerg neuronok vannak.

A **nucleus dorsalis nervi vagi** a nyúltvelő felső zárt részében jelenik meg, a XII. agyideg magjától dorsalisan, a canalis centralis oldalán. A mag folytatódik a nyílt részben is, ahol a **trigonum nervi vagi** alatti szürkeállományban található. A

A nyúltvelő átmetszetei zárt részén (felső rajz) és nyílt részén (alsó rajz). NCn: nucleus cuneatus; NGr: nucleus gracilis; Go: Gowers-pálya; PY: pyramis (tractus corticospinalis); FLM: fasciculus longitudinalis medialis; 10 és Spth: tractus spinothalamicus; Tc: fasciculus tegmentalis centralis (rubroolivaris pálya); Spret: tractus reticulospinalis; LM: lemniscus medialis; Pci: pedunculus cerebellaris inferior. 1: tractus spinalis nervi trigemini; 2: nucleus tractus spinalis nervi trigemini; X és 3: nucleus dorsalis nervi vagi; 4: nucleus tractus solitarii (a nucleus közepén fut a tractus solitarius); 5: nucleus vestibularis medialis; 6: nucleus vestibularis lateralis; 7: nucleus vestibularis inferior; 8: nucleus salivatorius inferior; 9 és 11: nucleus ambiguus; IX: nervus glossopharyngeus; XII: nervus hypoglossus; Oi: oliva inferior.
A felső rajzon a pyramispálya és a lemniscus medialis kereszteződése, az alsón a tractus olivocerebellaris kereszteződése látható. A felső rajz Szentágothai-Réthelyi: Funkcionális anatómia, 3. kötet, rajza alapján készült.


NCn
NGr
2
1
2
X
XII
Fl
10
Go
PY
11
1
2
3
4
5
6
7
Fossa
rhomboidea
Pci
8
FLM
Spret
9
Go
Spth
Tc
LM
Oi
IX
PY
XII

preganglionaris neuronok axonjai a nervus vagusban haladnak és prevertebralis dúcokban végződnek (plexus pulmonalis, plexus cardiacus kis ganglionjai, plexus myentericus, ganglion coeliacum, stb…).

A másik parasympathicus mag a **nucleus salivatorius inferior**, amelynek rostjai a nervus glossopharyngeushoz csatlakoznak. A nyúltvelő nyílt részében található. Preganglionaris neuronjai a ganglion oticumhoz haladnak – a parotis szekrécióját szabályozzák.

## 5.1.3. Érző agyidegmagok a nyúltvelőben

A gerincvelő hátsó szarvának érző struktúrái folytatódnak a nyúltvelőben: **lamina I, II, III, IV** együtt marad, megnagyobbodik és a **nucleus spinalis nervi trigemini**-t alkotja. Amint a név is mutatja, ez az érző mag első sorban a nervus trigeminusban érkező érző rostokat fogadja; vannak azonban olyan érző rostok is, amelyek a X., IX. és VII. agyidegből származnak. Az érző rostok primer érző neuronok centrális nyúlványai, amelyek a nucleus körül rostköteget alkotnak: ez a **tractus spinalis nervi trigemini** (a tractus a Lissauer-tractus folytatásába esik). A struktúra a fej területéről érkező hő- és fájdalomérzetek feldolgozásával foglalkozik. A nucleus spinalis nervi trigemini a hídban kezdődik, a trigeminus magkomplextől caudalisan; innen folyamatosan húzódik lefelé, és megszakítás nélkül megy át a gerincvelői hátsó szarvi struktúrákba, körülbelül a C3 szegmentum magasságában ér véget. Hídi részét pars oralisnak nevezzük, nyúltvelői része pars interpolarisra és pars caudalisra osztható. A nucleusban feldolgozott információ az ún. **trigeminothalamikus rostrendszerben** halad a thalamus felé, a lemniscus medialishoz csatlakozva.

A **nucleus tractus solitarii** zsigeri érző magnak tekinthető, a trigonum nervi vagi területén helyezkedik el, a vagus parasympathicus magjától lateralisan. A magban végződő érző rostokat a **tractus solitarius** szállítja. A tractus solitarius a híd alsó részében kezdődik és innen halad lefelé a nucleus tractus solitarii szintjéig; érző rostokat gyűjt a VII., a IX. és a X. agyidegből. Ezek az érző rostok primer érző neuronok centralis nyúlványai és ízérzést valamint zsigeri szenzációkat (garat, nyelőcső, gyomor, belek, tüdő) közvetítenek. A nucleus tractus solitarii magrendszer, amelyben nemcsak az érzéskvalitások különülnek el, hanem egyfajta zsigeri szomatotópia is megtalálható.

A nyúltvelő felső nyílt részében, az area vestibularis alatt (vagyis a fossa rhomboidea lateralis szegletében) a VIII. agyideg egyensúlyérző magjai találhatók: a **nucleus vestibularis medialis**, **nucleus vestibularis lateralis** és **nucleus vestibularis inferior**. Ezekben a VIII. agyideg primer érző neuronjai végződnek, az érző ganglionsejtek a belső fülben a ganglion vestibulare-ban találhatók. A nyúltvelő-híd határon, a bulbus oldalsó részében a hallópálya első állomásának tekinthető **nucleus cochlearis dorsalis** és **nucleus cochlearis ventralis** található.

## 5.1.4. A hátsókötegi felszálló pályák és a lemniscus medialis

A fasciculi gracilis et cuneatus a tuberculum gracile és tuberculum cuneatum területén érnek véget; itt található a **nucleus gracilis** és **nucleus cuneatus**, amelyek nagy neuronjain számos szinapszissal végződnek a hátsókötegi felszálló pályák. A neuronok axonjai egy újabb nagy felszálló pályát alkotnak: ez a **lemniscus medialis**, amely továbbítja az epikritikus szenzibilitással kapcsolatos érzeteket a thalamus felé. A lemniscus medialis kialakulása helyén kereszteződik: ez a lemniscus kereszteződés, amelynek rostjai a zárt rész keresztmetszetén, mint **fibrae arcuatae internae** figyelhetők meg.

## 5.1.5. Az oliva inferior magkomplexuma

Az oliva inferior a nyúltvelő felszínén látható oliva magrendszere. A piramiskereszteződés felett kezdődik és az egész nyílt részben megtalálható, egészen a híd-nyúltvelő határig. A szürkeállomány hullámos, lemezszerűen tömörült nagy idegsejtekből áll, és alakját tekintve a kisagyi magokhoz hasonlít (leginkább a nucleus dentatushoz). Funkciója is a kisagyhoz köti: neuronjaiból jelentős kisagyi pálya, a **tractus olivocerebellaris** indul ki – a pálya a nyúltvelőben kereszteződik és az alsó kisagykarokban kerül a kisagykéregbe. Az oliva inferiorban pályák végződnek: a gerincvelőből a **tractus spinoolivaris**, a nucleus ruberből pedig a **fasciculus tegmentalis centralis** végződik a neuronjain.

# 5.1.6. A nyúltvelői formatio reticularis

Az agyidegmagok, pályák és más szürkeállományú struktúrák között laza szövésű, neuronokat és idegrostokat tartalmazó rendszer, a **formatio reticularis** figyelhető meg. A formatio reticularis nagy-, közepes- és kisméretű idegsejtek ezreit tartalmazza, amelyek igen fontos integráló szerepet töltenek be az agytörzsi funkciókban. Agytörzsi reflexeket közvetítenek, az érző- és mozgatópályák axonjai kollaterálisokkal végződnek rajtuk, és részt vesznek a kisagyi funkciókban is. A formatio reticularis két pályát küld a gerincvelőbe: a **tractus reticulospinalis lateralis** és a **tractus reticulospinalis anterior (medialis) a motoneuronok működését szabályozzák**. A kettő közül az oldalsó pálya a hídi formatio reticularisból ered, az elülső pálya, pedig a nyúltvelőből.

A nyúltvelői formatio reticularis másik fontos működése a légzés szabályozása. A bulbaris formatio reticularisban **dorsalis** és **ventralis szabályozó központok** (neuroncsoportok) vannak. Ezeket kiegészíti a **híd felső részében** lévő ún. **pneumotaxicus központ** – ez a neuroncsoport a hídi formatio reticularis része. Legnagyobb jelentőségű a dorsalis nyúltvelői neuroncsoport; ez a központ a nyúltvelői formatio reticularis egész hosszában megtalálható. Szoros kapcsolatban van a nucleus tractus solitarii-vel – a tractus solitarius hozza a IX. és X. agyidegek afferenseit a chemoreceptorok (pl.: glomus caroticum), a baroreceptorok és a tüdő receptorai felől. A dorsalis központ a belégzést és a légzés ritmikusságát szabályozza.

A ventralis neuroncsoport a nucleus ambiguus környékén található, neuronjai belégzéskor és kilégzéskor egyaránt aktívak.

A híd felső részében lévő pneumotaxicus központ elsősorban a nyúltvelői dorsalis neuroncsoportot szabályozza, feltehetőleg gátló módon, szabályozva a belégzés hosszát és mélységét.

A nyúltvelői szabályozás a **reticulospinalis pályák** révén éri el a légzőizmok (rekeszizom, bordaközti izmok) motoneuronjait.

A nyúltvelői keringésszabályozó központok is a formatio reticularishoz köthetők. A **vasoconstrictor központ** a medulla lateralis részében található **noradrenerg neuronok**ból áll. Axonjaik a gerincvelői preganglionaris sympathicus neuronokhoz haladnak és postganglionaris rostjaik révén érösszehúzódást okoznak. Az ún. **vasodilatator központ** a ventralis nyúltvelői formatio reticularisban van – ezek a

neuronok gátolják a vasoconstrictor központ neuronjait. Ebben a működésben a tractus solitariusban haladó **baroreceptor** információ **(sinus caroticus – nervus glossopharyngeus; aortaív fala – nervus vagus)** igen fontos szerepet játszik. A formatio reticularis keringésszabályozó központjai a nervus vagus dorsalis parasympathicus magja révén befolyásolják a szívműködést is.

# 6. A HÍD (PONS)

A híd a metencephalon származéka, kisagytól ventralisan, a nyúltvelő és a mesencephalon között foglal helyet. Koponyán belüli topográfiáját tekintve az os sphenoidale dorsum sellae részéhez és az os occipitale pars basilarisához igen közel helyezkedik el. Ventralis felszíne alatt található a subarachnoidalis tér egyik tágulata, a **cisterna pontis**. Felszíne többnyire sima, rajta sekély barázda, a **sulcus basilaris** fut, amelybe befekszik az egyébként a subarachnoidalis térben haladó **arteria basilaris**. A nyúltvelőtől mély haránt barázda választja el – eme barázda mentén lép ki három agyideg; medialisan a **n. abducens (VI)**, lateralisan a **n. facialis (VII)** és a **n. vestibulocochlearis (VIII)**. A híd középső részén mindkét oldalon egy-egy vaskos köteg halad a kisagy állományába: ezek a hídkarok (**brachium pontis**). A hídkarok elülső felszínéből vastag agyideg lép ki és halad előre az os temporale pyramisa felé: ez a **n. trigeminus (V)**. A híd dorsalis felszíne a fossa rhomboidea cranialis felét alkotja. Itt a híd és a nyúltvelő határát a **striae medullares** fehéres csíkjai jelzik. A keresztmetszeti kép alapján a híd ventralis és dorsalis félre osztható: ventralis része a **basis pontis**, dorsalisan a **tegmentum pontis** található. A híd jellegzetes magrendszereit és pályáit két keresztmetszeti képen tanulmányozzuk: az alsó metszetet a colliculus facialis, a felsőt a n. trigeminus gyökerének magasságában készítjük.

# 6.1. A TEGMENTUM FINOMSZERKEZETE

## 6.1.1. A nervus vestibulocochlearishoz tartozó agytörzsi magok és rostrendszerek

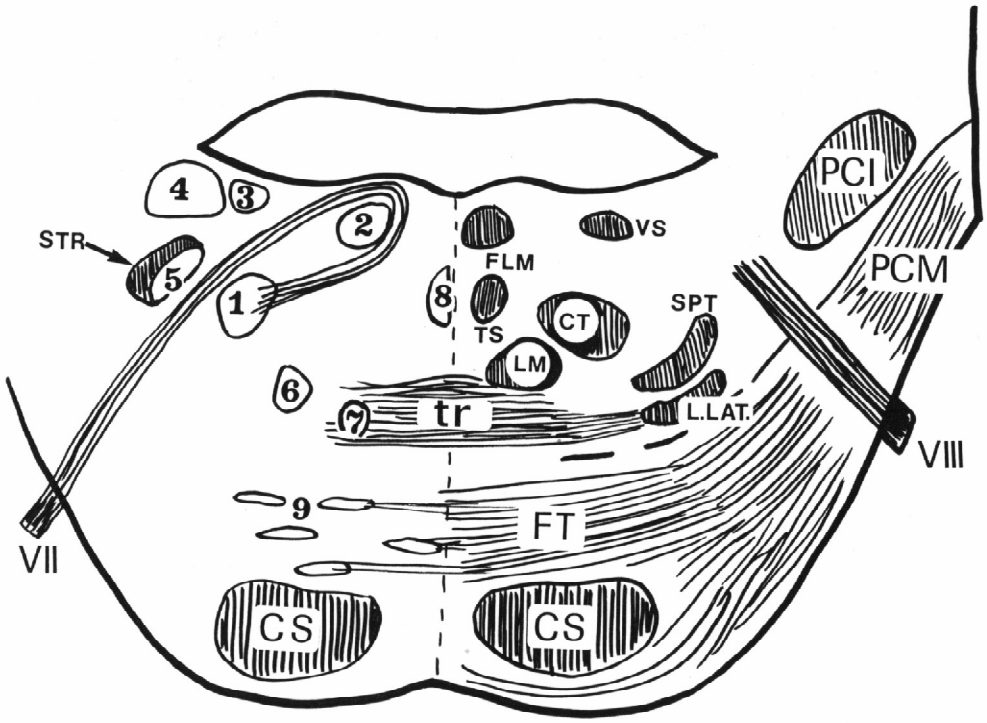
A **nucleus cochlearis dorsalis** és **ventralis** neuronjaiból kiinduló rostrendszerek kereszteződnek: a kereszteződő rostok ventralis kontingense a **corpus trapezoideumot** alkotja. A kereszteződő rostok az **oliva superior** magjaiban és a **nucleus corporis trapezoidei**-ben átkapcsolódnak és ezután létrehozzák a **lemniscus lateralist**, vagyis az agytörzsi hallópályát. A cochlearis magok a colliculus facialis szintjétől caudalisan (a nyúltvelő felső részében), a pedunculus cerebellaris inferiortól lateralisan találhatók.

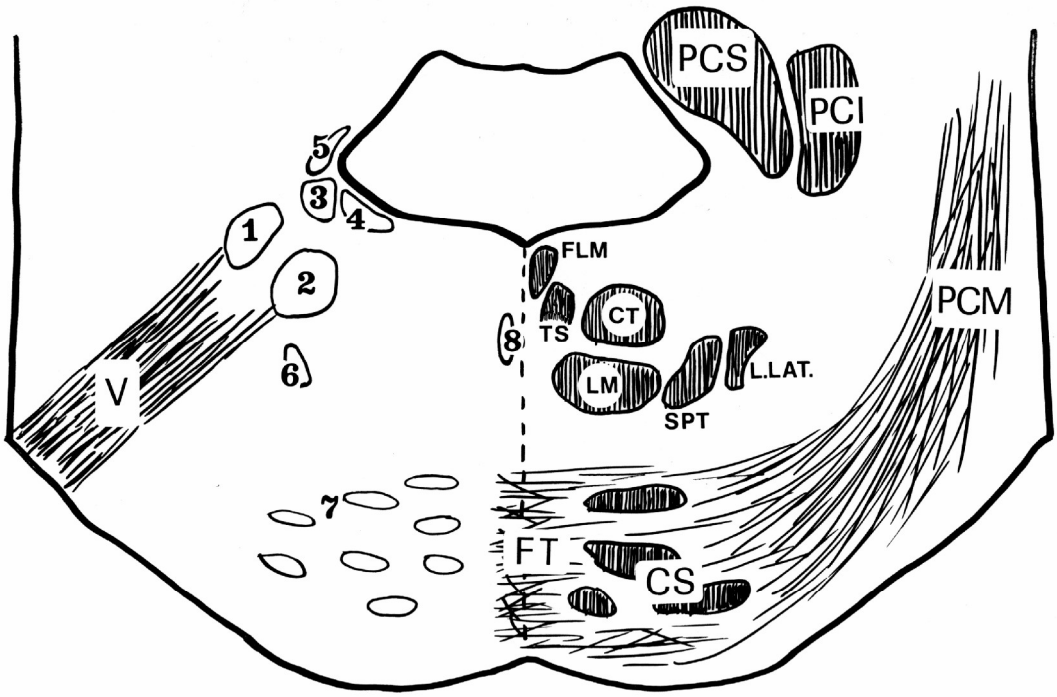
A vestibularis magok közül még látható a hídban a **nucleus vestibularis lateralis**, **medialis** és csak a hídban található a **nucleus vestibularis superior**. A lateralis és a medialis mag rostokat küld a **tractus vestibulospinalis**ba, a **fasciculus longitudinalis medialis**ba és **kisagy**ba.

## 6.1.2. A nervus facialis magrendszere

A facialis motoros magja a colliculus facialis magasságában található. A **motoros mag dorsalis** és **ventralis** divíziókból áll, amelyek az arc felső és alsó mimikai izmait beidegző motoneuronokat tartalmazzák. **A felső divízió kétoldali, az alsó csupán ellenoldali corticonuclearis beidegzést kap (ennek az anatómiai ténynek komoly klinikai jelentősége van a facialis bénulások differenciál diagnosztikájában).** A motoros magból kiinduló idegrostok ún. belső térdet (**genu nervi facialis**) képeznek, megkerülik az **abducens mag**ot és ventrolateralisan kilépnek a híd-nyúltvelő szögletben. A motoros magtól medialisan **parasympathicus preganglionaris neuronok** találhatók: ez a **nucleus salivatorius superior**, amely a glandula lacrimalist, submandibularist és sublingualist idegzi be a ganglion pterygopalatinum és ganglion submandibulare közvetítésével. A nucleus salivatorius superiorból eredő preganglionaris rostok a nervus facialis gyökérrostjaival haladnak együtt.

A híd alsó metszete a colliculus facialis magasságban. A VII. és VIII. agyidegek rostjai a híd-nyúltvelő határon lépnek ki. A híd-keresztmetszet basisra és tegmentumra osztható. A tegmentum felszíne a fossa rhomboidea. A basis képletei: CS: corticospinalis és corticobulbaris rostok; nuclei pontis (9) és pontocerebellaris rostok (fibrae pontis transversae - FT), amelyek kereszteződve a kisagy felé haladnak. A tegmentumban agyidegek magvai vannak: 1: nucleus nervi facialis és nucleus salivatorius superior; 2: nucleus nervi abducentis; 3: nucleus vestibularis medialis; 4: nucleus vestibularis lateralis; 5: nucleus tractus spinalis nervi trigemini. Egyéb magok: 6: oliva superior; 7: nucleus corporis trapezoidei; 8: raphe magok. Pályák: STR: tractus spinalis nervi trigemini; FLM: fasciculus longitudinalis medialis; TS: tractus tectospinalis; CT: fasciculus (tractus) tegmentalis centralis; LM: lemniscus medialis; SPT: tractus spinothalamicus; LLAT: lemniscus lateralis; VS: tractus vestibulospinalis; PCM: pedunculus cerebellaris medius; PCI: pedunculus cerebellaris inferior; PCS: pedunculus cerebellaris superior; tr: corpus trapezoideum. A híd felső metszete a trigeminus gyökerének (V) síkjában készült. A basisban és a tegmentumban már ismerős struktúrák (6,7,8 és a pályák) mellett a trigeminus fő motoros magja (2) és fő érző magja (1) található itt. A trigeminus felfelé induló rostrendszere, a tractus mesencephalicus (3) és annak magja, a nucleus mesencephalicus (5) található még itt. Speciális, noradrenerg nucleus a locus coeruleus (4).


4
3
2
STR
5
1
VS
FLM
8
TS
CT
SPT
LM
6
7
tr
L.LAT.
PCI
PCM
VIII
9
FT
VII
CS
CS


PCS
PCI
5
3
4
1
2
FLM
TS
CT
8
LM
L.LAT.
SPT
PCM
V
6
7
FT
CS

## 6.1.3. A nervus abducens magja

Motoros magja a középvonalhoz közel, a colliculus facialis alatt található. Gyökérrostjai ventromedialisan lépnek ki a híd és a nyúltvelő közötti sulcusban. A motoros mag a musculus rectus lateralis nevű szemizmot idegzi be; ezen kívül rostokat ad a fasciculus longitudinalis medialisba, és így összeköttetésbe kerül a nucleus nervi oculomotorii-vel (lásd mesencephalon). **Az abducens mag (és a környező formatio reticularis) ezen kívül a konjugált laterális szemmozgások hídi központja is (hídi tekintőközpont)**. Mint ilyen, ellenoldali corticonuclearis innervációt kap a **frontalis neocortex tekintési központjából (Brodmann area 8)**.

## 6.1.4. A nervus trigeminus magrendszere

A híd mindkét metszetén megtalálható a **nucleus spinalis nervi trigemini**, amely a nyúltvelő alsó részétől a híd felső részéig (a nucleus sensorius principalis szintjéig) húzódik. A híd felső részében, a trigeminus gyökerének magasságában találhatók az ideg fő érző és motoros magjai. A **nucleus sensorius principalis** lateralisan, a **nucleus motorius** medialisan helyezkedik el. A fő érző magból indul ki az a jelentős érző pálya, amely a fej területéről érkező protopathiás, epikritikus és proprioceptív információkat a thalamusba közvetíti: a **lemniscus trigeminalis (trigeminothalamikus pálya)**. A lemniscus trigeminalis ventralis és dorsalis kötegekből áll, és keresztezett valamint keresztezetlen axonokat egyaránt tartalmaz – végső soron a thalamus nucleus ventralis posteromedialis részében végződik majd. A lemniscus trigeminalis ventralis része a nucleus spinalisból is kap felszálló rostokat – ezek a rostok a lemniscus medialishoz csatlakoznak. A lemniscus trigeminalis dorsalis része a fő érző magból indul ki, és külön pályaként halad a thalamus felé. Vagyis a lemniscus trigeminalis anatómiai lokalizációs szempontból nem egységes – rostjainak nagyobbik része a lemniscus medialishoz csatlakozik, mások külön köteget alkotnak és a híd-mesencephalon tegmentuma dorsalis részében haladnak a thalamus felé. Kivétel nélkül, **a thalamus nucleus ventralis posteromedialisában (VPM) végződnek**.

A fő érző mag szintjétől lefelé és fölfelé egy-egy rostrendszer indul – ezek a rostok a trigeminus gyökér rostjai és elsődleges proprioceptív információt valamint a primer

szenzoros neuronok protopathiás információit szállítják az őket feldolgozó agytörzsi magokba:

A/ a **tractus mesencephalicus** a **nucleus mesencephalicus**hoz halad, amely propriocepcióval, kinesztéziával foglalkozik.

B/ a **tractus spinalis** a **nucleus spinalis**hoz halad, amely a protopathiás információk elsődleges analizátora.

A motoros mag kolinerg motoneuronokat tartalmaz, amelyek a rágóizmokat, a musculus tensor tympanit, a tensor veli palatinit, a digastricus elülső hasát és a mylohyoideust idegzik be. A motoros mag bilateralis corticonuclearis beidegzést kap a motoros agykéregből.

Az érző magok és a motoros mag között közvetlen reflex kapcsolatok vannak, amelyek a többek között a **masseter reflex**et közvetítik. A **cornea reflex** szintén trigeminalis eredetű, mert a szaruhártya érző idegei a trigeminushoz tartoznak. A szaruhártya megérintése reflexes szemhéjzárást okoz. A szaruhártyából eredő érzőrostok az agytörzsben a nervus facialis motoros magjával lépnek kapcsolatba – a szemhéjak zárását a nervus facialis által beidegzett izom (m. orbicularis oculi) hajtja végre.

## 6.1.5. A locus coeruleus

A híd felső metszetén a fossa rhomboidea felszíne alatt látható nucleus, amely melanint tartalmazó **noradrenerg neuronokat** tartalmaz. A neuronok axonjai leszálló és felszálló rostrendszereket hoznak létre és a központi idegrendszer minden részét beidegzik – a noradrenalin fontos moduláló hatást fejt ki az agy számos pontján (pl.: az agykéregben, kisagykéregben és a gerincvelőben). A locus coeruleust a formatio reticularis rendszeréhez soroljuk – azért említjük külön, mert melanin tartalma miatt a fossa rhomboidea felszínén is látható, mint kékes színű képlet.

## 6.1.6. A tegmentum áthaladó pályái

A tegmentumban felszálló és leszálló pályák haladnak. Felszálló pályák a **lemniscus medialis**, **lemniscus lateralis** (a hídban ered), **lemniscus trigeminalis** (a hídban ered) és a **tractus spinothalamicus**. Leszálló pályák a **tractus tegmentalis centralis** (a

rubroolivaris pálya), a **tractus tectospinalis** és a **tractus reticulospinalis** (a hídban ered). Fel- és leszálló axonokat egyaránt tartalmaz a **fasciculus longitudinalis medialis** és a **fasciculus longitudinalis dorsalis** (ez utóbbi a hypothalamus és az agytörzs közötti pálya).

### 6.1.7. A hídi formatio reticularis

A középvonalban lévő sejtek a **raphe magok**at alkotják, amelyek többnyire **szerotoninerg** neuronok, amelyek a locus coeruleushoz hasonlóan kiterjedt projekciókkal rendelkeznek és transzmitterük révén modulátoros hatást fejtenek ki; elsődlegesen a gerincvelőbe és a cerebellumba vetülnek. A híd rostralis részében a formatio reticularisban **acetilkolinerg neuronok** találhatók, amelyek a thalamus intralaminaris magvai felé vetülnek, és részét képezik az ún. **felszálló aktiváló rendszer**nek, amely végső soron az agykéreg aktivitását szabályozza. A pneumotaxicus központról már szóltunk a nyúltvelői fejezetben – a **pneumotaxicus központ** az ún. **parabrachialis areában,** a hídi tegmentum felső, lateralis részében található (a felső kisagykaroktól oldalt).

## 6.2. A BASIS PONTIS FINOMSZERKEZETE

A basisban elszórt, ám igen fontos magrendszer, a **nuclei pontis** található, amelyek a **tractus corticopontinus** nevű hatalmas rostrendszer átkapcsoló állomásai. A tractus corticopontinus minden neocortex lebenyből szállít axonokat a hídba. A nuclei pontis axonjai a kisagykéregbe vetülnek a brachium pontis révén: ez a **pontocerebelláris pálya**. A basisban található még a **tractus corticospinalis** és a **tractus corticobulbaris (**más néven: **corticonuclearis)** rostrendszere. A tractus corticobulbaris az agytörzsi motoros magokhoz, a corticospinalis a gerincvelői motoneuronokhoz szállít agykérgi információt.

# 6.2.1. Klinikai megjegyzés

## A pons lokalizált sérülésével kapcsolatos klinikai eset

**(Pálfi, S., Ungureán, A., Vécsei, L.: Basilar artery occlusion associated with anabolic steroid abuse in a 17-year-old bodybuilder. European Neurology 1997; 37: 190-191.)**

Az arteria basilaris hídi szakaszának elzáródása a híd középső részében szöveti elhalást okozott. A beteg fejfájásról panaszkodott, majd rosszul lett, vérnyomása esett, légzése szabálytalanná vált, beszédzavar, testtartási és járási zavarok alakultak ki. Felvételkor még tudatánál volt, azonban állapota gyorsan romlott, minden végtagra kiterjedő bénulás (tetraplegia) és öntudatvesztés alakult ki. MRI vizsgálattal a híd középső részében vérkeringési zavart valószínűsítettek. A beteg állapota lassan javult, négy nap múlva tért magához és egy év (!) múlva kezdett újra járni. A lézió inkább a basisban volt – azonban feltehetően érintette a tegmentumot is. A corticospinalis rostok léziója magyarázza a tetraplégiát. A beszédzavar magyarázatára a facialis magjának illetve rostrendszerének léziója, valamint a basisban haladó corticonuclearis axonok léziója miatt a nyúltvelői hypoglossus mag funkciózavara és esetleg a lemniscus lateralis átmeneti lézója (beszédhallás kiesése) hozhatók fel. A testtartási és járási zavarok a pontocerebellaris pálya illetve a nuclei pontis sérülése miatt jelentkezhettek (mint kisagyi tünetek). Az öntudatvesztés a hídi formatio reticularis sérülésére utal, amelynek következtében a felszálló aktivációs rendszer kiesésével kell számolnunk. Az öntudat visszatérése után kialakult tünetegyüttest **„locked in" szindróma**ként ismerjük: lényege, hogy a beteg a beszédzavar és a tetraplegia miatt csak bizonyos szemmozgások segítségével tud kommunikálni. A szindróma a híd basisának kiterjedt károsodására jellemző, ami jelen esetben az arteria basilaris thrombosisa miatt következett be.

# 7. A KÖZÉPAGY (MESENCEPHALON) FINOMSZERKEZETE

A középagy a híd és a diencephalon között található – rostralis része fokozatosan átmegy a diencephalon állományába; a rostralis metszeteken a thalamus hátulsó magjai (pulvinar, corpus geniculatumok) már együtt láthatók. **A mesencephalon tectuma a thalamus hátulsó részéhez kapcsolódik, tegmentuma a subthalamikus régióhoz csatlakozik, a basis fehérállománya (basis pedunculi** vagy **crus cerebri) pedig a capsula internában folytatódik.**

A középagy a sella turcica mögötti clivus mentén, tehát a hátsó koponyagödörben helyezkedik el. Áthalad az incisura tentorii-n és lateralis oldalához közel található a temporalis lebeny medialis széle (a hippocampus). Ventralis felszínén a crus cerebri látható – a két **crus cerebri (pedunculus cerebri)** között a **fossa interpeduncularis**, annak mélyén pedig a **substantia perforata posterior** látható. A fossa interpeduncularis közvetlen rostralis folytatásaként a két corpus mammillare található – ezek már a ventralis diencephalon részei. A ventralis felszín és a koponya alapja között a **cisterna interpeduncularis** helyezkedik el. Ebben a régióban az **arteria communicans posterior, arteria cerebri posterior** és **arteria basilaris** ágai találhatók – a **nervus oculomotorius** és a **nervus trochlearis** az arteria cerebelli superior és az arteria cerebri posterior között fut. A crus cerebri ventralis felszínének közelében halad az **arteria communicans posterior**. A mesencephalon vérellátását ezek az erek szolgáltatják.

A dorsalis felszínt a **colliculusok (colliculus inferior, colliculus superior)** foglalják el – ez a **tectum mesencephali** vagy **lamina quadrigemina**; a colliculus inferior mögött a **nervus trochlearis** gyökerei lépnek ki. A colliculusok és a metathalamus között **brachiumok** haladnak: ezek pályák, amelyek a **colliculus inferiort** a corpus geniculatum medialehoz, a **colliculus superiort** pedig a corpus geniculatum lateralehoz kapcsolják. A lamina quadrigemina fölött van a **cisterna superior** mint a subarachnoidalis tér tágulata, benne fut a **vena cerebri interna** és a **vena cerebri magna**. A colliculus superiorok közti mélyedésbe befekszik a diencephalonhoz tartozó corpus pineale. A középagy ürege az **aqueductus cerebri (Sylvius)**, amely a

III. és IV. agykamrák között létesít kapcsolatot – tulajdonképpen a gerincvelő canalis centralisához hasonló, ependymával bélelt vezeték.

# 7.1. TECTUM MESENCEPHALI

## 7.1.1. A colliculus inferior szerkezete

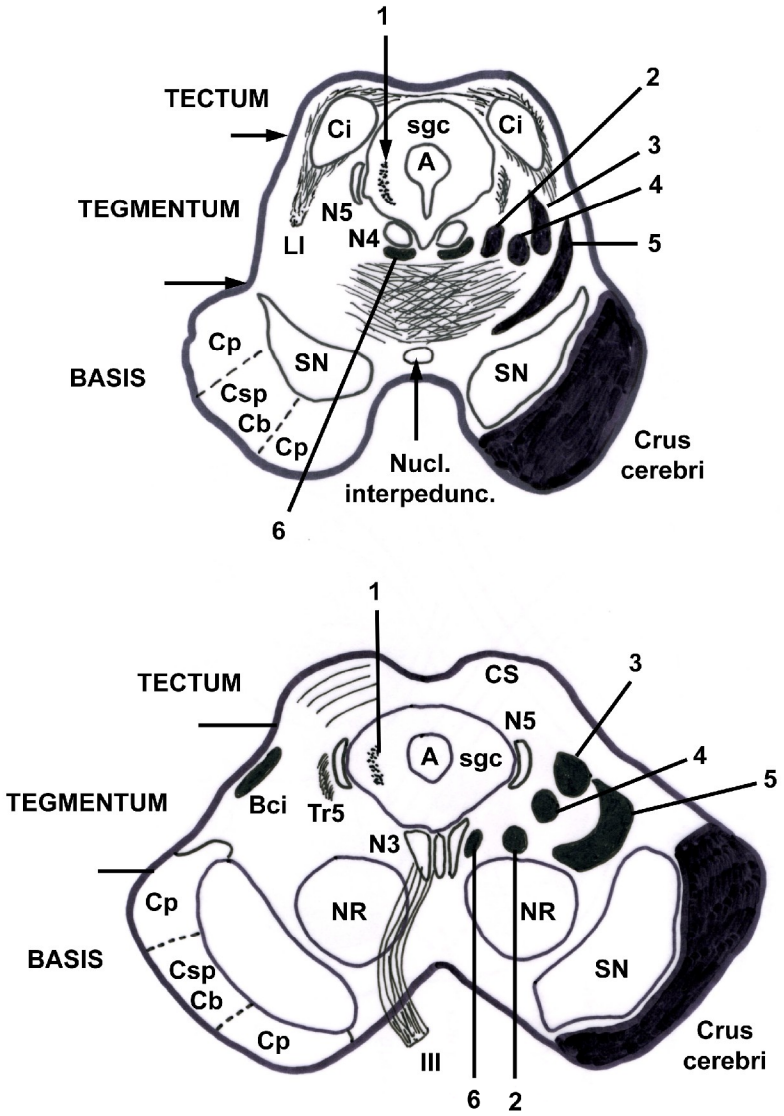
A hallórendszer részét képező struktúra számos kisebb magból áll. A lemniscus lateralis rostjai az ún. **centralis mag**ban végződnek. Ugyanezen magból indulnak ki azok a rostok, amelyek a thalamus corpus geniculatum medialejában végződnek és továbbítják az agytörzsi hallópálya ingerületeit. Ezek alkotják a **brachium colliculi inferioris**t. A két colliculus inferior között commissuralis (a két oldalt összekötő) rostrendszerek vannak.

## 7.1.2.A colliculus superior szerkezete

A tectum felső kiemelkedései a látórendszer fontos részét képezik – innen indul ki a **tectospinalis pálya**. A colliculus superior réteges szerkezetű (hét rétege van), afferentációját a retinából, a neocortexből, a gerincvelőből és agytörzsből és a substantia nigrából kapja. Efferensei a thalamusba (corpus geniculatum laterale), a gerincvelőbe **(tractus tectospinalis)** és az agytörzsbe haladnak. A thalamusba tartó rostok a **brachium colliculi superiorist** alkotják.

## 7.1.3. Az area pretectalis

A lamina quadrigemina rostralis részén lévő szürkeállományt nevezzük így. A pretectalis area a retinából fényérzékelő afferentációt kap – itt a rostok átkapcsolódnak és az információ az Edinger - Westphal nucleushoz halad tovább. A pretectalis area a **pupilla fényreflex** neuronlánc egyik állomása.




A mesencephalon átmetszetei a colliculus inferior (Ci) és a colliculus superior (Cs) magasságában. Mindkét rajzon jelöltük a tectum, tegmentum és basis határait. A felső rajzon a tegmentum közepén a felső kisagykarok rostrendszereinek kereszteződése látható. A kereszteződő rostok alatt a nucleus interpeduncularis található. A nucleus interpeduncularis acetylcholinerg neuronokat tartalmaz. Itt végződik a fasciculus retroflexus, amely az epithalamisból érkezik ide.

A: aqueductus cerebri; sgc: substantia grisea centralis; SN: substantia nigra; NR: nucleus ruber; Ll: lemniscus lateralis; Bci: brachium colliculi inferioris; N3: a nervus oculomotorius magkomplexuma (motoros mag és Edinger-Westphal mag); N4: a nucleus nervi trochlearis; N5: nucleus mesencephalicus nervi trigemini; Tr5: tractus mesencephalicus nervi trigemini; 1: fasciculus longitudinalis dorsalis; 2: fasciculus (tractus) tegmentalis centralis; 3: tractus spinothalamicus; 4: lemniscus trigeminalis; 5: lemniscus medialis; 6: fasciculus longitudinalis medialis; III: nervus oculomotorius.

A basis pályarendszerei: Cp: tractus corticopontinus; Csp: tractus corticospinalis; Cb: tractus corticobulbaris.

# 7.2. TEGMENTUM MESENCEPHALI

Az aqueductus cerebri körül egyhangú szerkezetű szürkeállomány található – ez a **substantia grisea centralis**, amelyben apró idegsejtek találhatók a középagy egész hosszában. Az idegsejtekben számos **neuropeptid, dynorphin** és **enkephalin** mutatható ki – a neuronok részt vesznek a fájdalomérzés modulációjában, vagyis a gerincvelő szintjén gátolják a fájdalomérzés kialakulását. Hatásukat a leszálló **raphespinalis pálya** révén fejtik ki.

A középagyban a **nervus trigeminus**, **nervus trochlearis** és a **nervus oculomotorius** magrendszerei találhatók. A trochlearis mag a colliculus inferior magasságában, az oculomotorius mag a colliculus superior magasságában tárható fel. A nucleus mesencephalicus nervi trigemini a híd felső részétől a mesencephalon középső-felső részéig húzódik. A tegmentum legnagyobb magrendszerei a **nucleus ruber** és a **substantia nigra**. Ezek a struktúrák kitöltik a tegmentum legnagyobb részét és a subthalamikus régióig nyúlnak fel – tehát a mesencephalon-diencephalon átmenetének területén végződnek. Mindkét mag a subcorticalis motoros szabályozásban vesz részt: funkcionálisan és kapcsolataik révén is a törzsdúcokhoz és a kisagyhoz kapcsolódnak.

## 7.2.1. Nucleus mesencephalicus nervi trigemini

A nervus trigeminus hídi gyökerének magasságában kezdődik és a középagy rostralis részéig tart – a substantia grisea centralis oldalsó széléhez kapcsolódó, nagy, kerek, unipolaris idegsejtek alkotják. A neuronok a *trigeminus placod* származékai és az embryonalis fejlődés során, másodlagosan vándorolnak az agytörzsbe – valójában **primer szenzoros neuronok**, amelyek főként a trigeminus ellátási területéről származó proprioceptív, nyomásérzési és kinesztéziás impulzusok elsődleges feldolgozását végzik. A rostok a temporomandibularis ízületből, a rágóizmokból, a fogakból és a periodontiumból jönnek. A neuronok nyúlványai (amelyek a trigeminus gyökeréből jönnek a hídba) a **tractus mesencephalicust** alkotják. Kollaterálisaik a motoros trigeminus maghoz kapcsolódnak és részt vesznek azokban a monoszinaptikus és poliszinaptikus reflexekben, amelyek a rágás – harapás erősségét

szabályozzák. A **masseter reflexet** a tractus mesencephalicus axonkollaterálisai hozzák létre, azáltal, hogy a motoros trigeminus neuronokkal képeznek szinapszist.

## 7.2.2. Nucleus nervi trochlearis

A colliculus inferior kiterjedésének megfelelően, a substantia grisea centralis ventralis határán található kolinerg motoneuron csoport. A nucleustól ventralisan a fasciculus longitudinalis medialis halad. A motoneuronok axonjai dorsalis irányban körül ölelik a substantia grisea centralist, kereszteződnek a velum medullare superiusban és a colliculus inferiorok alsó széle mentén, dorsalisan lépnek ki az agytörzsből. Az ideg ezután a mesencephalon oldalán ventralis irányban halad tovább a sinus cavernosus felé. Az ideg egyetlen szemizmot, a musculus obliquus bulbi superiort innerválja.

## 7.2.3. Nucleus nervi oculomotorii

Komplex magcsoport, amely kolinerg szomatikus motoneuronokat és parasympathicus preganglionaris neuronokat tartalmaz (amelyek szintén kolinergek). A nervus trochlearis magjának felső szélétől a mesencephalon rostralis végéig húzódik és a substantia grisea centralis ventralis szélét veszi körül. A motoneuronok a musculus obliquus bulbi inferiort, és musculus rectus bulbi superiort, inferiort és medialist, valamint a musculus levator palpebrae superiorist innerválják. Megjegyzendő, hogy ennek az utóbbi izomnak harántcsíkolt rostjai (amelyeket az oculomotorius innervál) és a ganglion cervicale superius által beidegzett simaizom kötegei egyaránt vannak. Ez azt jelenti, hogy az izom gyengeségét nemcsak a nervus oculomotorius sérülése, hanem a sympathicus innerváció zavara is okozhatja. Az oculomotorius maghoz tartozó parasympathicus preganglionaris idegsejtek az **EDINGER-WESTPHAL magot** alkotják, amely a középvonal mentén helyezkedik el és a ganglion ciliarehoz küldi axonjait. Az axonok a nervus oculomotoriushoz csatlakoznak.

Az oculomotorius komplex mellett járulékos struktúrák is részt vesznek a szemmozgások szabályozásában.

A **nucleus interstitialis (CAJAL)** a középagy rostralis részében, a fasciculus longitudinalis medialis rostjai között található. Kapcsolatai között a vestibularis

magokat, a pretectalis régiót, a frontalis neocortex tekintőközpontját és a nucleus fastigiit kell megemlíteni. A nucleus interstitialis axonjai a nervus oculomotorius és a trochlearis magjaival, a nucleus vestibularis medialisszal és a gerincvelővel állnak kapcsolatban. A nucleus szerepet játszik a lassú szemmozgások, valamint a fej mozgásainak szabályozásában.

A **nucleus DARKSCHEWITSCH** a substantia grisea centralis állományában található és a **commissura posterior magjai**val áll összeköttetésben. A commissura posterior magrendszere a pretectalis régióhoz és a thalamus hátulsó magcsoportjához kapcsolódik.

## 7.2.4. A nucleus ruber

A colliculus superior magasságában található struktúra, amely friss és rögzített agyban egyaránt vöröses-sárga színéről ismerhető meg, amelyet az idegsejtekben található vastartalmú pigment okoz. A nucleus ruber a subthalamikus régióban végződik. Kissejtes és nagysejtes részekre osztjuk; a magot a pedunculus cerebellaris superior rostrendszere veszi körül; ez a pálya szállítja a cerebellumból érkező afferenseket. A nucleus afferensei a cerebellumból (nucleus dentatus) és a frontalis neocortexből jönnek – efferensei a gerincvelőbe **(tractus rubrospinalis)**, az oliva inferiorba **(tractus tegmentalis centralis)** és néhány motoros agyidegmaghoz (trigeminus, facialis) haladnak. Mint a kisagyi rendszerhez és a frontalis neocortexhez kapcsolódó struktúra a subcorticalis motoros szabályozásban vesz részt.

## 7.2.5. Substantia nigra

Melanin tartalmú idegsejtjei miatt szürkés-fekete színű struktúra, amely az egész mesencephalonban a crus cerebri felett található és a subthalamikus régióban végződik. Sejtdús **pars compacta** és lazább szerkezetű **pars reticularis** részekre osztható. Nagy és közepes neuronok találhatók benne, amelyek főleg **dopamint** (pars compacta) és **GABA**-t (pars reticularis) tartalmaznak. A nigra afferensei a striatumból, pallidumból, nucleus subthalamicusból és a középagyi tegmentumból (főleg a raphe rendszerből) származnak. Efferens projekciói a striatumhoz,

thalamushoz, colliculus superiorhoz és a híd tegmentumában lévő kolinerg nucleus pedunculopontinushoz haladnak.

# 7.3. CRUS CEREBRI (BASIS PEDUNCULI)

A híd basisának megfelelő struktúra (annak folytatása), amely a tegmentumtól ventralisan található és a neocortexből lefelé haladó pályákat tartalmaz (emberben kb. 20 millió axont). A **tractus corticopontinus** rostjai lateralisan és medialisan futnak – a két rostrendszer között a **corticospinalis** és **corticobulbaris** pályákat találjuk. A tractus corticopontinus a frontalis, parietalis, temporalis és occipitalis neocortexből eredő és a hídmagokon (nuclei pontis) végződő pályarendszer, amely végső soron (a hídmagok közvetítésével) a kisagykéreg működését befolyásolja.

# 7.4. AZ AGYTÖRZS VÉRELLÁTÁSA

A nyúltvelőt és a hidat ellátó artériák: **(1) arteria spinalis anterior, (2) arteria spinalis posterior, (3) arteria cerebelli posterior inferior és (4) arteria basilaris**. Az (1) ellátási területe a medulla dorsalis része, a (2) a medulla ventralis, nagyobbik részét látja el – a pyramist, a motoros agyidegmagvakat, lemniscus medialist és caudalis oliva inferiort. A (3) ellátja a nyúltvelő oldalsó részeit, a trigeminus magot, a tractus spinothalamicust, a glossopharyngeus magkomplexet és a vestibularis magokat. Az arteria basilaris egyes ágai a középvonalban behatolnak az agytörzsbe, mások pedig körülveszik az agytörzset és minden oldalról ágakat küldenek az agytörzs állományába (hasonlóan a gerincvelői vasocoronához). A középvonalban behatoló ágak hirtelen elzáródása a híd basisát érinti, súlyos bénulási tüneteket okozva (lásd: 6.3. Klinikai megjegyzés). A középagy vérellátását leginkább az **arteria basilaris** adja, azonban az **arteria cerebri posterior (ACP)**, az **arteria cerebellaris superior**, az **arteria communicans posterior** és az **arteria choroidea anterior** is ad ágakat.

# 8. A KISAGY (CEREBELLUM)

A cerebellum nemcsak anatómiailag, hanem fejlődésileg is szorosan kapcsolódik az agytörzs részeihez. Az embrióban a rhombencephalon felső részéből (metencephalon) alakul ki. Az agy filogenezisében korán megjelenik: a halak már rendelkeznek cerebellummal.

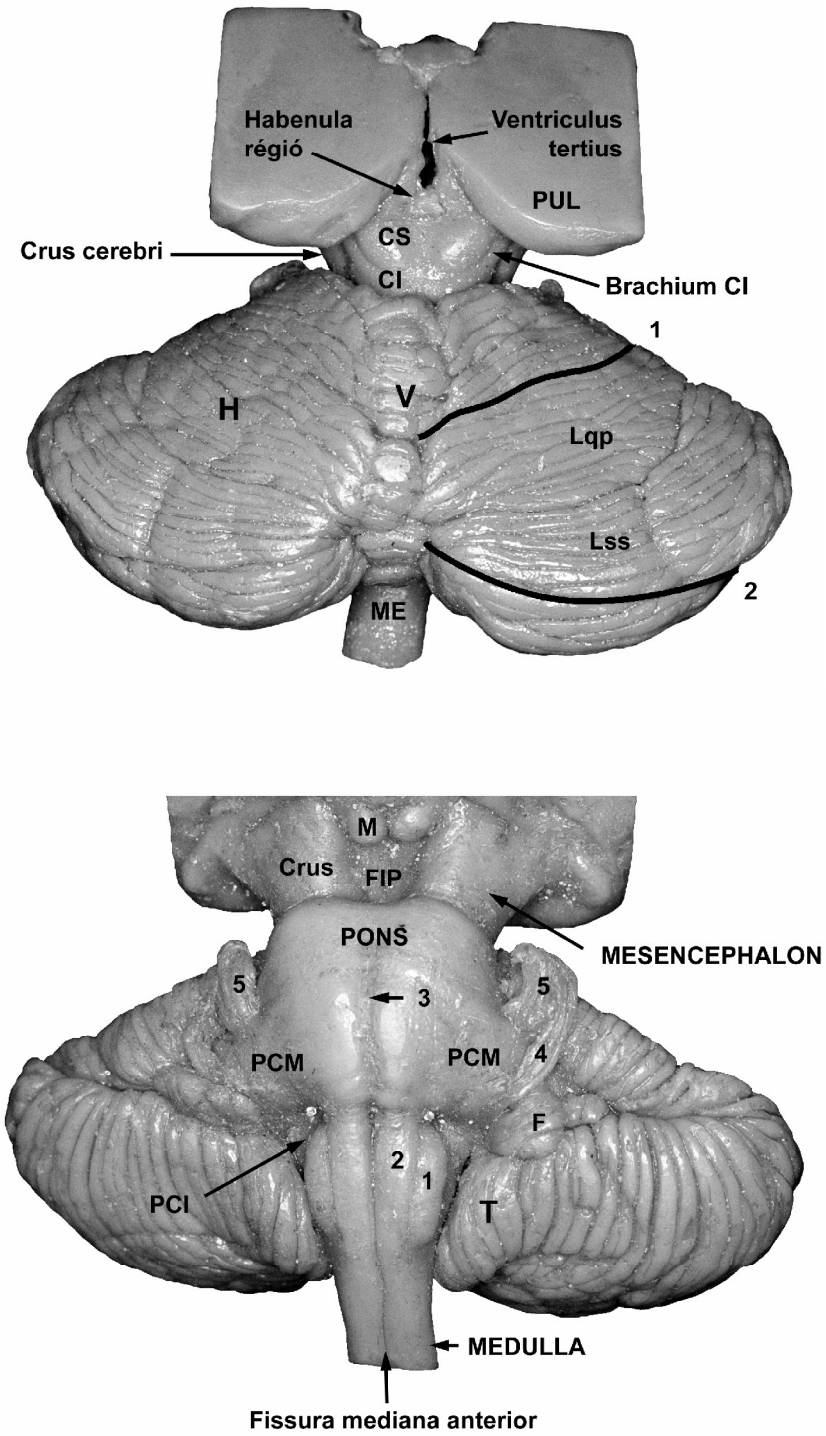
## 8.1. ANATÓMIA, TOPOGRÁFIA

A kisagy a hátsó koponyaárokban helyezkedik el, a híd és a nyúltvelő fölött. A kisagyat a **tentorium cerebelli** tökéletesen elválasztja a nagyagyféltekéktől. A subarachnoidalis tér felette és alatta egyaránt tágulatot képez: a **cisterna superior** a kisagy felett, a tectum mesencephali területén található. A **cisterna cerebellomedullaris (cisterna magna)** pedig a kisagy és a nyúltvelő dorsalis felszíne között van. A kisagy alatt a IV. agykamra található, amelynek fastigiuma sátortető-szerűen beemelkedik a kisagy agytörzs felé tekintő részébe. A IV. agykamra felső és alsó "tetejét" a **velum medullare superius** és **velum medullare inferius** alkotja. A velumok abból a ventricularis mátrixból alakulnak ki, amely a kisagy fejlődésében szerepet játszik (tkp. a rhombencephalon tetőlemeze).

A kisagy és az agytörzs anatómiai kapcsolatát a kisagykarok jelentik. A **pedunculus cerebellaris inferior** a nyúltvelőhöz, a **pedunculus cerebellaris medius (brachium pontis)** a hídhoz, a **pedunculus cerebellaris superior** a mesencephalonhoz kapcsolja. A kisagykarokban a kisagy afferens és efferens pályái haladnak.

A kisagy **féltekékből (hemispheria cerebelli)** és a féltekéket összekötő **vermisből** áll. A felszínét többé-kevésbé párhuzamosan haladó haránt fissurák tagolják. A mély fissurák **lebenyeket (lobi cerebellares)**, a kisebbek ún. **foliumokat** (folia = levelek) hoznak létre. A foliumok a kisagykéreg "tekervényei", a kisagykéreg szöveti rétegei minden foliumon megfigyelhetők. A két félteke hátul körülveszi a nyúltvelőt, és a féltekék által alkotott mély "vályú", amelyben a nyúltvelő dorsalis része halad, a **vallecula cerebelli**.

A kisagy három lebenyre tagolható: a **fissura prima** és a **fissura posterolateralis** a **lobus anteriort**, **lobus posteriort** és a **lobus flocculonodularist** szeparálja. A




A kisagy dorsalis (felül) és ventralis (alul) felszínei. V: vermis; H: hemispherium; 1 (vonal): fissura prima; 2 (vonal): fissura horizontalis; T: tonsilla cerebelli; F: flocculus; Lqp: lobulus quadrangularis posterior; Lss: lobulus semilunaris superior; PCM: brachium pontis; CS: colliculus superior; CI: colliculus inferior; PUL: pulvinar thalami; ME: medulla oblongata; 1: oliva inferior; 2: pyramis; 3: sulcus basilaris; 5: nervus trigeminus gyökere; 4: nervus facialis + nervus vestibulocochlearis; M: corpus mammillare; FIP: fossa interpeduncularis; PCI: pedunculus cerebellaris inferior; Crus: crus cerebri; Brachium CI: brachium colliculi inferioris.

lebenyek további egységekre, a lebenykékre oszthatók: a vermis és a féltekék egyaránt **tíz lobulusból** állnak, amelyeket Larsell után római számokkal jelölünk (Larsell, 1934; 1947; 1952).

A lebenyek és a Larsell-lebenykék neve és helyzete az alábbi táblázatban található. A számozás cranialisan (tehát a mesencephalon felől) kezdődik. A Larsell-lebenykék nevének ismerete nem tartozik az igazán fontos tanulnivalók közé – itt csak azért ismertetjük őket, hogy a lebenyek tagolódását szemléltessük.

**<u>LOBUS ANTERIOR:</u> leginkább a gerincvelőből kapja afferenseit (spinocerebellum), emellett az archicerebellum után következik a filogenezisben, ezért paleocerebellumnak nevezzük.**

| **Vermis** | **Hemispherium** |
|---|---|
| Lingula I | Csökevényes I |
| Lobulus centralis II, III | Ala lobuli centralis II, III |
| Culmen IV, V | Lobulus quadrangularis anterior IV, V |

**Fissura prima mint elválasztó barázda után következik:**

**<u>LOBUS POSTERIOR:</u> legnagyobb részben a pontocerebellaris afferensektől kap információt, ezért pontocerbellumnak, filogenetikai szempontból pedig neocerbellumnak nevezzük (legfiatalabb).**

| **Vermis** | **Hemispherium** |
|---|---|
| Declive VI | Lobulus quadrangularis posterior VI |
| Folium VII | Lobulus semilunaris superior VII<br>**Fissura horizontalis** |
| Tuber VII | Lobulus semilunaris inferior VII<br>Lobulus gracilis VII |
| Pyramis VIII | Lobulus biventer VIII |
| Uvula IX | Tonsilla cerebelli IX |

**Fissura posterolateralis mint elválasztó barázda után következik:**

**<u>LOBUS FLOCCULONODULARIS</u>: a kisagy legősibb része (archicerebellum), amely a vestibularis rendszerrel áll kapcsolatban, ezért vestibulocerebellumnak is nevezzük.**

| **Vermis** | **Hemispherium** |
|---|---|
| Nodulus X | Pedunculus flocculi X<br>Flocculus X |

A kisagy felszínét szürkeállomány, a **kisagykéreg (cortex cerebelli)** alkotja. Alatta fehérállomány található, amelynek mélyén a kisagy szürke magjai tárhatók fel. Legnagyobb magja a **nucleus dentatus**, kisebbek a **nucleus globosus**, a **nucleus emboliformis** és a **nucleus fastigii**.

## 8.1.1. Pedunculi cerebellares (kisagykarok)

A kisagykarok fehérállományból tevődnek össze: itt haladnak a **cerebellum afferens (kisagyba beérkező)** és **efferens (kisagyból kimenő)** pályarendszerei. Az afferensek és az efferensek ismerete rendkívül fontos a kisagy funkciójának megértéséhez: az afferensek többnyire szenzoros információt szállítanak a kisagykéregbe és a kisagyi magokba, az efferensek pedig, a kisagyi magokból szállítják a feldolgozott információt a kisagyi funkció kialakításában részt vevő agytörzsi és diencephalon-struktúrákba. A karokban futó pályákat az alábbi felsorolás tartalmazza.

- **Pedunculus cerebellaris inferior**

1. **Tractus spinocerebellaris posterior (FLECHSIG):** a gerincvelőből szomatoszenzoros (bőr, izmok, inak, ízületek) információt hoz.
2. **Tractus olivocerebellaris:** az oliva inferiorból eredő, kereszteződő nagy rostrendszer, amely az egyedüli kúszórostokkal végződő afferens.
3. **Tractus vestibulocerebellaris:** a nyúltvelői vestibularis magokból eredő axonok, a belsőfülből egyensúly-, testhelyzet-információkat szállítanak.
4. **Tractus trigeminocerebellaris:** testérző információk a trigeminus magokból.
5. **Efferensek a vestibularis magokhoz:** az efferensek a nucleus fastigii-ből jönnek, valamint Purkinje-sejt axonok formájában, amelyek a kisagyi magvak érintése nélkül, egyenesen a nucleus vestibularis lateralisba haladnak.

- **Pedunculus cerebellaris medius**

1. **Tractus pontocerebellaris:** a nuclei pontis sejtjein a neocortex rostrendszerei (tractus frontopontinus, temporopontinus, parietopontinus, occipitopontinus) végződnek, feldolgozott neocorticalis információt szállítva. A nuclei pontis axonjai kereszteződő, nagy afferens pályaként lépnek a kisagyba, és a neocerebellaris cortexben végződnek.
2. **Tractus reticulocerebellaris:** afferensek az agytörzsi formatio reticularisból.

- **Pedunculus cerebellaris superior**

1. **A kisagy efferensei:** ez a nagy rostrendszer a kisagyi magvakból ered, a mesencephalon alsó szintjén kereszteződik és főként a thalamus ventralis magjaiban, a nucleus ruberben, a nervus oculomotorius magjában, az oliva inferiorban és az agytörzsi formatio reticularisban végződik.
2. **Tractus spinocerebellaris anterior (GOWERS):** gerincvelői afferens, proprioceptív és bőrérzékelési szomatoszenzoros információt hoz.
3. **Tractus reticulocerebellaris (locus coeruleus, raphe):** modulatorikus hatású noradrenerg és szerotoninerg beidegzést hoz a kisagykéregbe.

# 8.2. SZÖVETTAN ÉS SZINAPTOLÓGIA

Bár a szövettan és a szinaptológia nem tartozik a makroszkópos anatómiai ismeretekhez, a kisagyműködés megértése szempontjából elengedhetetlen. A kisagykéreg az egyik legrendezettebb központi idegrendszeri struktúra. A rendezettség főként a Purkinje-sejtek szabályos elhelyezkedéséből adódik: a kisagyi Purkinje-sejtek sagittalis síkokban rendeződnek, és ezzel a rendezettséggel az afferenseket és a parallel rostokat is dimenzionálják. Amúgy, a kisagykéreg egyszerű: három rétege az agyhártyai felszínnel párhuzamos. A kisagy afferensei is jól felismerhető axonok, amelyek morfológiájuk alapján különíthetőek el.

**8.2.1. Stratum moleculare:** kevés neuront tartalmaz, amelyek főleg kosársejtek. A kosársejt GABAerg gátlósejt. A molekuláris rétegben dendritek, axonok és szinapszisok vannak. A dendritek a kosársejtek és a Purkinje-sejtek dendritjei, az axonok kúszórostok és parallel rostok.

**8.2.2. Stratum ganglionare:** a Purkinje-sejtek szómái egy sorban találhatók, és azért feltűnő ez a réteg, mert a sejtek igen nagyok: átmérőjük az 50 μm-t is meghaladhatja. A Purkinje-sejt a kisagy projekciós/principális neuronja. Axonja elhagyja kisagykérget és a mély kisagyi magokban végződik. A Purkinje-sejt GABAerg gátlósejt.

**8.2.3. Stratum granulosum:** rendkívül sejtdús réteg, amelynek domináló sejtje a szemcsesejt. A szemcsesejt apró neuron (szómája 6-8 μm átmérőjű), dendritjei rövidek és a moharostokkal szinaptizálnak. Axonjuk a molekuláris rétegbe száll fel, ahol kettéágazik és több milliméter hosszan fut, miközben számos szinapszist képez a Purkinje- és kosársejtek dendritjeivel. A szemcsesejt glutaminsavval működő excitatorikus neuron. A rétegben még Golgi-sejtek is vannak, ezek nagyobbak (15-20 μm), dendritjeik a molekuláris rétegbe nyúlnak, axonjuk pedig a moharostokkal szinaptizál. A Golgi-sejt gátló neuron. A stratum granulosum fontos képletei a kisagyi glomeruláris szinapszisok. A kisagyi glomerulus fénymikroszkóppal is látható, eozinofil struktúra. Közepén a moharost axon végződése látszik, amellyel szemcsesejt dendritek és Golgi-sejt axonok szinaptizálnak.

**8.2.4. Kúszórostok:** a kisagyi afferensek egyik formája. A kúszórost-axon a Purkinje-sejtet innerválja méghozzá úgy, hogy dendritfájára “kúszik”, és a dendritekkel számos szinaptikus kapcsolatot képez. A kúszórost glutaminsavval működik, és mivel egyetlen rost az általa beidegzett Purkinje-sejttel sok száz szinapszist képez, rendkívül hatékonyan ingerel. Kúszórostok csak az oliva inferiorból erednek: egy oliva-neuron-axon kb. tíz axonágat hoz létre, hogy minden Purkinje-sejthez juthasson kúszórost. Egy kúszórost ugyanis csak egyetlen Purkinje-sejtet innervál.

**8.2.5. Moharostok:** a moharostok a stratum granulosumban végződnek, tágult, bunkószerű axonvégződések formájában. A moharost terminál majdnem 10 μm átmérőjű, és igen sok szinapszist képez. Posztszinaptikus elemei a szemcsesejt dendritek. A kisagyi glomerulus alkotásában részt vesznek a

Golgi-sejt gátló axonjai és dendritjei is. A glomerulust vékony astrocyta burok veszi körül. A moharostok többsége glutaminsavval működik. Az archicerebellum (vestibulocerebellum) moharostjai acetilkolint használnak excitatorikus transzmitterként. Az olivocerebellaris pályát kivéve minden más afferens moharostokkal végződik.

**8.2.6. Kisagyi magvak:** nagyobb principális neuronokat és kisebb interneuronokat tartalmaznak. Nagy neuronjaik axonjai képezik a kisagy kimenő rostrendszereit, a kisagyi efferenseket. Fontos tudni, hogy a kisagyba érkező kúszórostok és moharostok kollaterális axonjaikkal beidegzik a kisagyi magvakat – vagyis az az információ, amely a kisagykéregbe halad, a kisagyi magvakat is ingerületbe hozza. Ennek az anatómiai ténynek fontos szerepe van a kisagyi integráció megértésében.

A kisagy szinaptológiájának megértéséhez hasznos adat az egyes neuronféleségek hozzávetőleges száma 1 $mm^3$ kiagykéreg-szövetben: 500 Purkinje-sejt; 600 kosársejt; 50 Golgi-sejt és kb. 3 000 000 szemcsesejt. Emellett kb. 600 000 kisagyi glomerulus van. Ezzel érthetővé válik, hogy bár a kisagyi neuronok közül csupán a szemcsesejt ingerlő hatású, az excitáció mégis dominál és jelentős mennyiségű információt szállít a kisagykéregbe.

# 8.3. A KISAGY MŰKÖDÉSE

1. **Az első alapvető tudnivaló, hogy a kisagyi afferensek (kúszórostok és moharostok) a kisagykéregbe érkezésük előtt kollaterálisokat adnak a kisagyi magvak neuronjaihoz. Vagyis ugyanaz az információ, amely a kisagykéregbe halad, a kisagyi magvak neuronjaihoz is eljut – ráadásul valamivel hamarabb (millisecundumokról van szó).**
2. **A moharostok (tehát a specifikus érzéskvalitásokat és a nemspecifikus, feldolgozott poliszenzoros pontocerebellaris információt szállító rostok) a granularis rétegben végződnek, és a parallel rostokon keresztül igen sok Purkinje-sejtet ingerelnek. A Purkinje-sejtek mellett a kosársejtek is ingerületbe kerülhetnek. A kosársejtek gátolhatják a Purkinje-sejteket.**

3. **A kúszórostok, amelyek nem specifikus olivaris információt hoznak a Purkinje-sejteket izgatják, és ez az excitáció feltehetően jóval hatékonyabb, mint a moharostok által közvetített izgalmi állapot.**
4. **A Purkinje-sejt gátlósejt, vagyis a hatékony Purkinje-excitáció gátlást okoz, és mivel a Purkinje-sejtek a kisagyi magvak neuronjain végződnek, azokat gátolják.**
5. **A kisagyi magvakban már előzőleg kiadós excitáció jött létre a moharost- és kúszórost-kollaterálisok révén.**
6. **Ezt a diffúz excitációt a Purkinje-sejtből érkező gátlás értelmes ingermintázattá alakítja (Szentágothai). Ez az információt hordozó ingermintázat a kisagy efferensein át elhagyja a kisagyat és kifejti mozgásszabályozó szerepét.**

# 8.4. A KISAGYI MOZGÁSSZABÁLYOZÁS

A kisagy tehát az izmokból, inakból és a bőrből a spinocerebellaris pályákon keresztül érkező érző ingerületeket dolgozza fel. A kisagy másik fontos afferentációját a VIII. agyideg vestibularis rostjai és az agytörzs vestibularis magvai képezik, amelyek egyensúlyi-, mozgásdinamikai- és pozíció-érzeteket szállítanak. A harmadik fontos információforrás a nagyagykéreg: számos rostrendszer érkezik a nagyagykéreg minden részéből a hídmagvakhoz, ahol az axonok szinapszisokat képeznek. A hídmagvak azután a középső kisagykarokon át a kisagyba továbbítják ezt az óriási mennyiségű információt, amely jól feldolgozott tapintási, térlokalizációs, vizuális, hallási információ (ezt nevezzük poliszenzoros információnak). A kisagy efferens (kimenő) rostjai elsősorban a motoros thalamusba, majd innen a motoros agykéregbe futnak. Emiatt szabályozó hatásukat a corticospinalis és corticobulbaris pályarendszereken keresztül fejtik ki. A kisagy agytörzsi szinten a nucleus ruberrel áll kapcsolatban: a nucleus ruberbe érkező kisagyi efferensek a rubrospinalis pályán keresztül hatnak a mozgásokra. Emellett a nucleus ruber és az oliva inferior közötti közvetlen pályakapcsolat lehetővé teszi azt, hogy a **kisagyi magvak – nucleus ruber – oliva inferior – kisagykéreg** neuronkörök kialakuljanak, vagyis a reguláció ezáltal biztosabb, és jól ellenőrzött legyen. Ily módon beszélhetünk **“kisagyi mozgásszabályozó rendszerről”**,

amelynek központja a kisagy, tagjai a nucleus ruber, nuclei pontis, oliva inferior, vestibularis magvak és a motoros thalamus. A kisagyi efferensek további célsejtjei a vestibularis magokban és a formatio reticularisban (híd, medulla) vannak. Emiatt a kisagyi mozgásreguláció a vestibulospinalis és reticulospinalis pályákon is érvényesül. Emellett (minthogy a kisagyi efferensek az oliva inferiorhoz is visszajelentenek, a kevéssé ismert olivospinalis pálya is részt vehet a mozgásszabályozás folyamatában.

**A kisagyi rendszer egyik legfontosabb feladata az egyensúly fenntartása az izomműködés, a testhelyzet változtatása és a járás során. Emellett az akaratlagos mozgások során beállítja az egyes izomcsoportok tónusát is, és így biztosítja a mozdulat, vagy mozgássorozat folytonosságát, gördülékenységét. A kisagy részt vesz a távolság felmérésében is: a mozgások esetében (a látási információk felhasználásával) pontosítja testünk és környezetünk objektumainak távolságát.** A kisagyi károsodásban szenvedő beteg ügyetlenül, széles alapon jár, egyensúlyát nehezen tudja megtartani, járása "tántorgó, részeges". Bizonyos esetekben az egyensúlyzavar olyan súlyos fokú lehet, hogy a beteg képtelen a járásra vagy az állásra. Célzott mozgásai ügyetlenek, nem találják a megfogni kívánt tárgyat, mert a mozgásban részt vevő izmok célvezérelt összhangja hiányzik. A tünetcsoportot **kisagyi ataxiának** nevezzük. Az ataxiához **izomremegés (tremor)**, és **izomgyengeség (hypotonia)** járul, ami tovább nehezíti az izmok működését, és a precíz mozgást. **A következő oldalon található 8. Táblázat összefoglalja az afferensek és efferensek rendszereit és utal azokra a gerincvelői pályákra, amelyek kisagyi szabályozást közvetítenek.**

**8. Táblázat: a kisagyi mozgásszabályozó rendszer összefoglalója.**

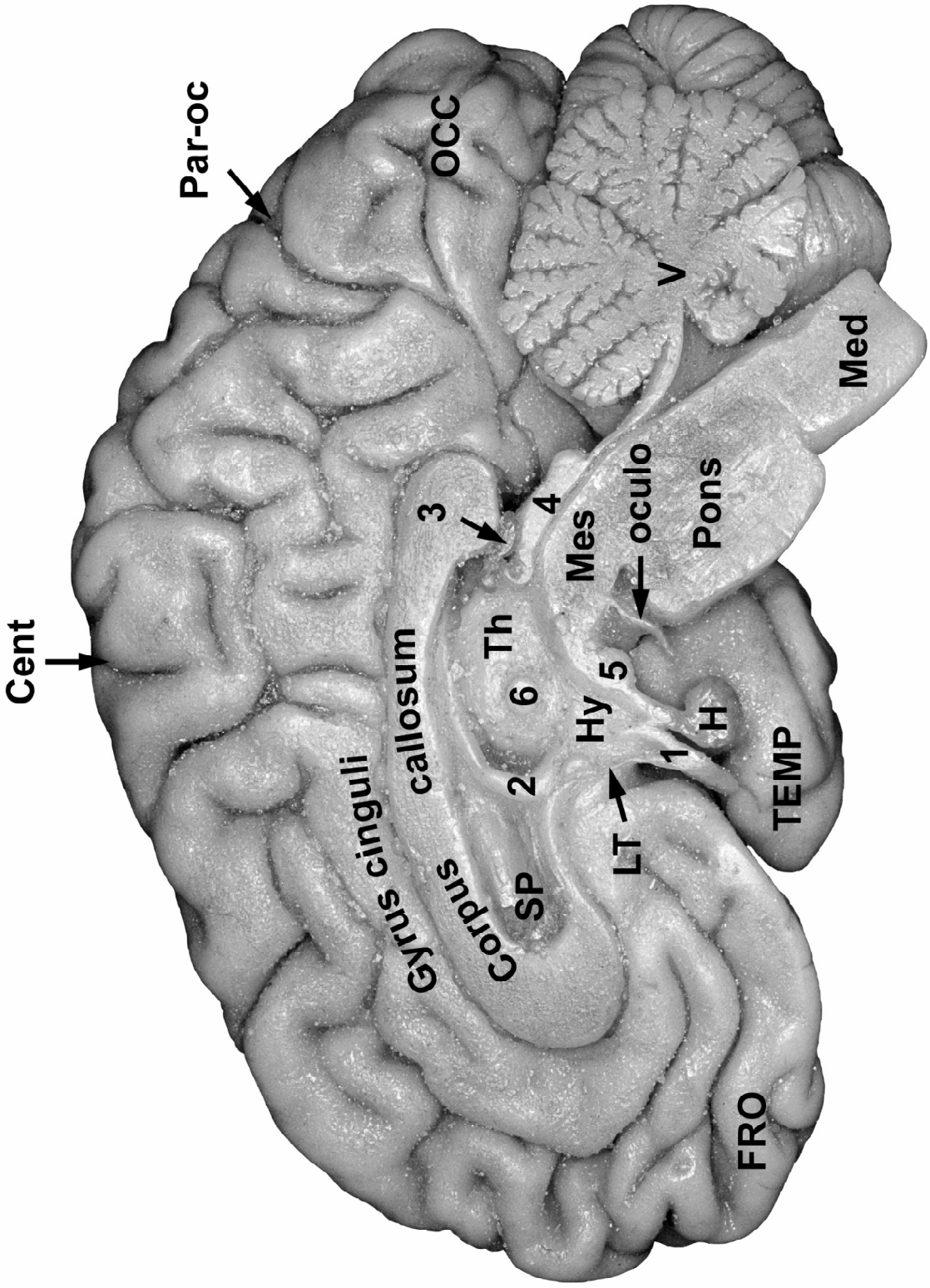
| **AFFERENSEK (bemenet)** | | **EFFERENSEK (kimenet)** |
|---|---|---|
| **Gerincvelő:** spinocerebellaris pályák, cuneo-cerebellaris pálya (bőr-, izom-, ín-, ízület-afferensek). | **KISAGYKÉREG** ↓ ↑ **KISAGYI MAGVAK (n. dentatus, n. fastigii, n. globosus, n. emboliformis)** | **Nucleus ruber: rubrospinalis pálya** ily módon kisagyi mozgásregulációt közvetít. |
| **Vestibularis magok:** egyensúly érzékszervi (belsőfül) információk. **Oliva inferior:** az oliva inferior a gerincvelőből, a nucleus ruberből és az agytörzsi formatio reticularisból kap információt. | | **Vestibularis magok:** visszajelzés a kisagy felől; az efferensek lehetnek a Purkinje- sejt axonjai, illetve a nucleus fastigii neuronjai. A **vestibulospinalis pálya** ily módon kisagyi információt is közvetít. |
| **Formatio reticularis:** kevéssé feldolgozott poliszenzoros információ | | **Agytörzs:** Formatio reticularis – a **reticulospinalis pályák** révén szabályoz. Oliva inferior: zárt neuronkör a kisagy és az oliva között. |
| **Nuclei pontis:** erősen feldolgozott poliszenzoros információ, amely a nagyagy-kéregből érkezik. | | **Thalamus (VA, VL magok):** az itt végződő kisagyi rostrendszer információja a motoros neocortexbe kerül. |

## 8.4. A KISAGY VÉRELLÁTÁSA

A kisagyat három pár artéria látja el: két **arteria cerebelli superior (arteria basilarisból)**, két **arteria cerebelli inferior anterior** (arteria basilarisból) és két **arteria cerebelli inferior posterior (arteria vertebralisból)**. Az arteriák a vermist, a féltekéket és a mély kisagyi magokat, valamint a IV. agykamra plexus choroideusát is ellátják. A kisagy **felső felszíni vénái a vena cerebri magnába**, a többiek a **sinus transversusba** és **sinus rectusba** ömlenek.

# 9. A DIENCEPHALON

A diencephalon a nagyagyféltekék mélyén, medialisan helyezkedik el, és tulajdonképpen a középagy szerves folytatása: a mesencephalon struktúrái közül a nucleus ruber és a substantia nigra folyamatosan húzódnak előre és a subthalamikus régiónak nevezett területen érnek véget. Hasonlóképpen, a mesencephalon fehérállományában felfelé haladó pályák a thalamusban végződnek. A diencephalon **dorsalis diencephalonra** és **ventralis diencephalonra** osztható. A **subthalamicus régió** igen fontos terület, amely a mesencephalon és a diencephalon átmenetében fekszik, és tartalmazza a basalis ganglionok thalamus felé haladó összeköttetéseit is. A diencephalon ürege a **harmadik (III.) agykamra (ventriculus tertius)**, amely keskeny, középvonalban elhelyezkedő kamra. A III. agykamra az **aqueductus cerebri (SYLVIUS)** révén a IV. agykamrához, a **foramen interventriculare-k (MONROE)** révén az oldalkamrákhoz csatlakozik. Fejlődéstani szempontból (de anatómiai szempontból is) a diencephalonhoz tartozik a hypophysis hátsó lebenye (neurohypophysis) és a látóideg-látópálya (tulajdonképpen a szem az embrionális diencephalon származéka).




A diencephalon látható képletei (az agyvelő medialis felszíne, corpus callosum, kisagy, agytörzs középvonalban átmetszve).

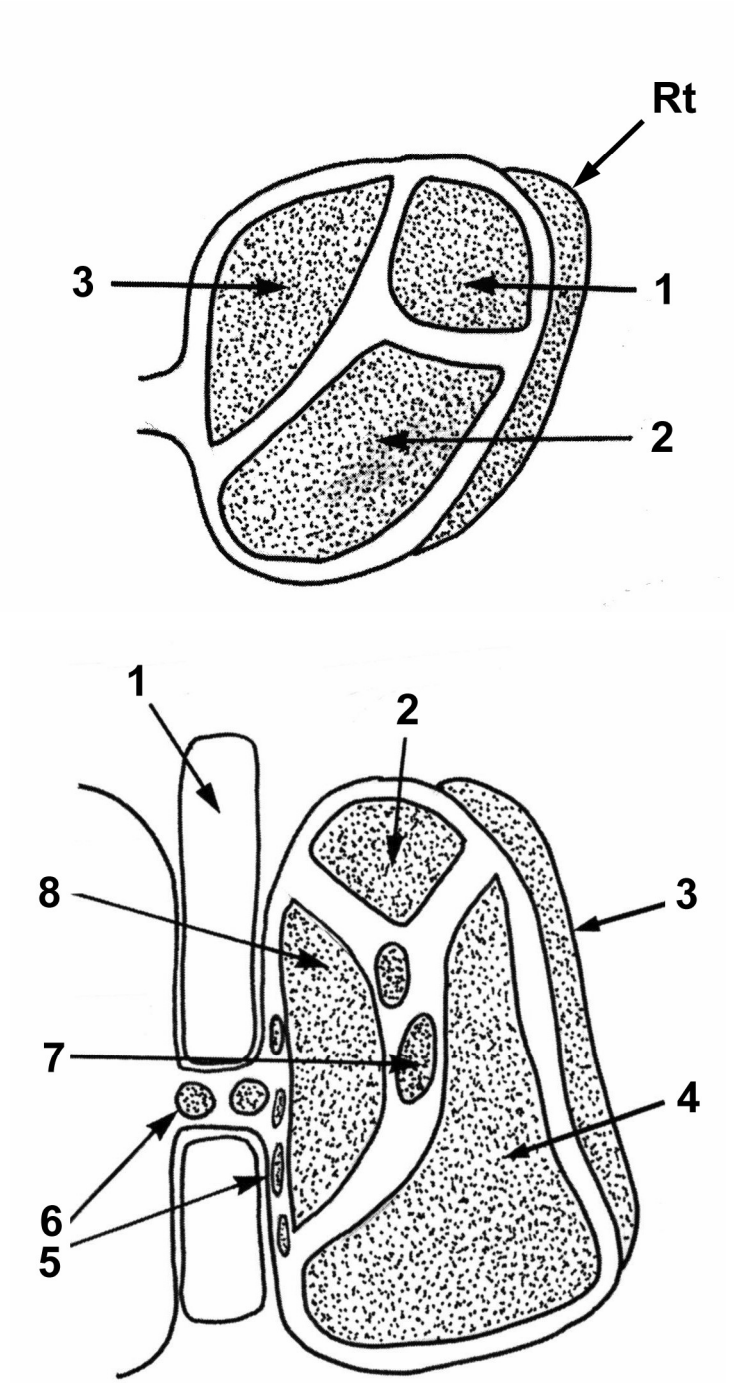
Th: thalamus; Hy: hypothalamus; H: hypophysis cerebri; 1: chiasma opticum; 2: fornix (columna); 3: glandula pinealis; 4: tectum mesencephali; 5: corpus mammillare; 6: adhesio interthalamica. Látható a III. agykamra (LT: lamina terminalis).

# DORSALIS DIENCEPHALON

A dorsalis diencephalont a **thalamus**, az **epithalamus** és a **metathalamus** alkotják. Medialisan, a III. agykamra falán a **sulcus hypothalamicus** jelzi alsó határát. Lateralisan a capsula interna határolja. Elöl határait egy, a foramen interventriculare-t és a chiasma opticumot összekötő frontalis sík adja. Hátulsó határait nehezebb megadni: a glandula pinealis (epithalamus), pulvinar thalami és commissura posterior jelzik e határt. A dorsalis diencephalon leginkább jellegzetes és legnagyobb tömegű alkotórésze a thalamus, ezért leírásunkat ezzel kezdjük.

## 9.1. THALAMUS

Anatómiáját tekintve, a thalamus tojás alakú, kb. 4 cm hosszú, egységes struktúrát alkotó magrendszer, amelynek elülső vége keskenyebb, hátulsó része pedig kiszélesedik: ez a **pulvinar thalami**. A pulvinar alatt található a "metathalamusnak" nevezett **corpus geniculatum mediale (CGM)** és **corpus geniculatus laterale (CGL)**, amelyek a thalamus részei – elkülönítésüket metathalamusként mindössze az indokolja, hogy specifikus érzékszervi rendszerek thalamikus állomásai. A CGM a hallórendszerhez, a CGL a látórendszerhez tartozik. A CGM és a CGL a középagy tectumához kapcsolódik a colliculusok brachiumai révén. A thalamus medialis felszíne a III. agykamra oldalsó falát képezi: itt a két thalamust egy vastag (0.5 cm) köteg **(adhesio interthalamica)** kapcsolja össze. Az adhesio-ban a thalamus **középvonali magjai** és **commissuralis axonok** vannak. A kamra tetőlemeze **(tela choroidea ventriculi tertii)** a medialis felszín felső részéhez rögzül. A preparáláskor a tela leszakad: maradványa, illetve a tela tapadási vonala a **tenia thalami**. A teniához igen közel, a felszín alatt pályaköteg halad: ez a **stria medullaris thalami**, amely az epithalamus felé halad. A thalamus felső felszínének medialis része az oldalkamra alzatát képezi. A felső felszín lateralis részét a nucleus caudatus teste takarja. A nucleus caudatus és a thalamusfelszín szögletében pályaköteg látszik: ez a **stria terminalis** (nem tévesztendő össze a stria medullaris thalami-val !!). A stria terminalis a medialis előagy-hypothalamus és az amygdala közötti fontos pályarendszer. A stria terminalis mentén (az agyállományban) találjuk a **vena thalamostriata** törzsét. A thalamus lateralis felszíne a capsula interna-val



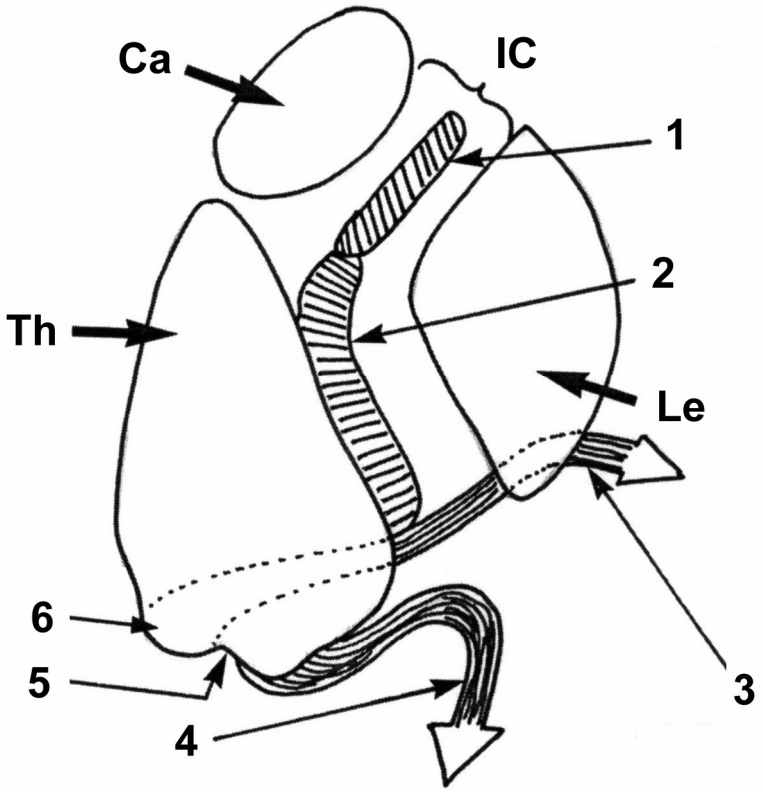

A thalamus magrenszerei frontalis (felül) és horizontalis (alul) metszetben. A szürkeállomány pontozott, a lamina medullaris fehér. A felső rajzon: Rt: nucleus reticularis; 1: dorsalis magrendszer; 2: ventralis magok; 3: medialis magok. Az alsó rajzon: 1: III. agykamra; 2: elülső magcsoport; 3: nucleus reticularis; 4: dorsalis magrendszer; 5,6: középvonali magok; 7: intralaminaris magok; 8: medialis magrendszer. A két thalamust az adhesio interthalamica köti össze.

határos. Alsó felszíne a subthalamushoz (hátul) és a hypothalamushoz kapcsolódik. A thalamusból a neocortexbe haladó hatalmas rostrendszer a **radiatio thalami**, amely a neocortex lebenyeinek megfelelően pedunculusokra osztható. A pedunculusok axonjai a capsula internában futnak.

- **Pedunculus thalami anterior: a frontalis lebenyhez haladó rostok;**
- **Pedunculus thalami superior: a perietalis lebenyhez haladó rostok;**
- **Pedunculus thalami posterior: az occipitalis lebenyhez haladó rostok;**
- **Pedunculus thalami inferior: a temporalis lebenyhez haladó rostok.**

## 9.1.1. A thalamus magrendszerei

A thalamust vékony fehérállomány borítja: ez a **lamina medullaris externa**. Ez beterjed a thalamus állományába is mint **lamina medullaris interna**, és elválasztja a magrendszereket. Mivel a lamina medullaris interna helyenként több milliméter vastag, a magrendszerek MRI képeken is jól elkülönülnek. **Elülső, dorsalis, ventralis** és **medialis magcsoportokat** különítünk el **(9. Táblázat)**. A lamina medullaris interna állományában ún. **intralaminaris magok** találhatók: ezek jóval kisebbek, mint a fent említett magcsoportok. Hasonlóan apró magok vannak az adhesio-ban: ezek a **középvonali magok**. A lamina medullaris externa lateralis oldalán (tehát a laminán kívül), kagylóhéj-szerű, vékony mag, a **nucleus reticularis thalami** látható. A CGL és CGM szintén külön magoknak tekinthetők.




A radiatio thalami rostrendszere a capsula interna (IC) metszetén (horizontalis metszet).

Ca: nucleus caudatus; Th: thalamus; Le: nucleus lentiformis; 1: pedunculus thalami anterior; 2: pedunculus thalami superior; 3: pedunculus thalami inferior; 4: pedunculus thalami posterior; 5: corpus geniculatum laterale; 6: corpus geniculatum mediale.

**9. Táblázat: a thalamus magrendszereinek magjai, funkciói és főbb kapcsolatai (CGM és CGL részletes leírását lásd a hallórendszernél és a látórendszernél).**

| **Magrendszerek** | **Fontosabb magok (N = nucleus) és rövidítésük** | **Fontosabb összeköttetéseik** | **Fontosabb funkcióik** |
|---|---|---|---|
| **Nuclei anteriores** | (a magok név szerinti ismerete nem szükséges) | **Fasciculus mammillothalamicus révén a corpus mammillare-hoz; thalamocorticalis axonok a gyrus cinguli-hoz.** | **A limbikus rendszer (Papez-féle gyűrű) része.** |
| **Nuclei mediales** | (a magok név szerinti ismerete nem szükséges) | Számos összeköttetése van más thalamus magokkal (intralaminaris és lateralis magok), valamint a szaglórendszerrel. Rostjai a prefrontalis neocortexhez haladnak. | Intrathalamikus integráció, emberi viselkedés szabályozása. |
| **Nuclei dorsales** | **Pulvinar** | **A pulvinar a colliculus superiorhoz és a látókéreghez kapcsolódik.** | Feltehetően a látással kapcsolatos komplex asszociációs és memória folyamatokban vesz részt. |
| **Nuclei ventrales** | **N. ventralis anterior (VA), n. ventralis lateralis (VL), n. ventralis posterolateralis (VPL), n. ventralis posteromedialis (VPM)** | **Frontalis neocortex, pallidum, cerebellum (VA, VL); parietalis neocortex (VPL, VPM). Pontos leírásukat külön adjuk meg.** | **Érző és motoros thalamus.** Pontos leírásukat külön adjuk meg. |
| **Nuclei intralaminares** | **Centrum medianum (CM)** | **Formatio reticularis, neocortex, striatum, pallidum.** | **Az ún. nem-specifikus aktiváló rendszerhez tartoznak, valamint részt vesznek a subcorticalis mozgásszabályozásban.** |
| **Nuclei mediani (középvonali magok)** | -- | Nem ismert. | Nem ismert. |
| **Nucleus reticularis (NRT)** | -- | Neocortex afferensek végződnek itt, az NRT neuronjai pedig más thalamus magokhoz küldik axonjaikat. | **Az intrathalamikus gátlás szervezésében játszik fontos szerepet (neuronjainak nagy része GABAerg).** |
| **Corpus geniculatum mediale** | Afferensei a colliculus inferiorból jönnek. | A hallópálya subcorticalis állomása. | **A hallópálya része.** |
| **Corpus geniculatum laterale** | Réteges szerkezetű struktúra: 6 rétege van. | A látópálya subcorticalis állomása. | **A látópálya része.** |

A ventralis csoport specifikus funkciói miatt hangsúlyozottan fontos. A **ventralis magcsoport elülső magjai (VA és VL)** az ún. **motoros thalamust** alkotják, mert fontos részei a subcorticalis mozgásszabályozó rendszereknek. Ezek a magok a **kisagyból**, a **pallidumból** és a **substantia nigrából** kapnak afferenseket, thalamocorticalis rostrendszereik pedig a gyrus precentralishoz és az előtte fekvő premotoros neocortexhez haladnak. A csoport **hátulsó magcsoportja (VPL és VPM)** pedig az ún. **érző thalamus**, mert a testérző pályák ezekben a magokban végződnek.

**1. Lemniscus medialis:** a VPL-ben végződik. Testérző információt (epikritikus szenzibilitás, propriocepció) szállít a végtagok és a törzs területéről.

**2. Tractus spinothalamicus:** a VPL-ben végződik. Testérző információt (hő, fájdalom, nyomás, elemi tapintás) szállít a végtagok és a törzs területéről. Valószínű, hogy a fájdalmat szállító axonok az intralaminaris magokban és a medialis magcsoportban végződnek.

**3. Lemniscus trigeminalis:** a VPM-ben végződik. Testérző információkat (epikritikus szenzibilitás, propriocepció, hő, fájdalom, nyomás, elemi tapintás) szállít a fej területéről. A fájdalom-rostok feltehetően az intralaminaris magokban és a medialis magcsoportban végződnek.

**4. Tractus solitariothalamicus** (a nucleus tractus solitarii-ből): a VPM-ben végződik. Feldolgozott ízérző információt szállít.

A VPL és VPM axonjai a gyrus postcentralisba haladnak, és az érző homunculusnak megfelelően végződnek.

## 9.1.2. A thalamus vérellátása

A thalamus vérellátása az **arteria cerebri posterior (ACP)** ágai révén történik: az ACA felelős a pulvinar és a CGL-CGM vérellátásáért is. A thalamus ventralis részét az **arteria communicans posterior** ágai látják el. A vénás vér nagyrészt a vena cerebri internába kerül.

## 9.1.3. A thalamus funkciói

A thalamus funkcióit kapcsolatai határozzák meg. **A thalamus az agykéreg és számos subcorticalis struktúra (agytörzs, kisagy, hypothalamus, amygdala, basalis dúcok) közötti integrációs központként funkcionál. A nagyagykéregbe haladó excitatorikus glutamáterg rostjai (thalamocorticalis axonrendszerek) a neocortex fontos specifikus afferensét képezik. A neocorticalis kapcsolat kölcsönös: a neocortexből corticothalamikus axonok mennek vissza a különböző thalamus magokhoz.** A thalamus neuronjainak működését a nucleus reticularis thalami gátló neuronjai és az egyes magokban lévő GABAerg interneuronok szabályozzák. A nucleus reticularis neuronjait a corticothalamikus axonok kollaterálisai idegzik be. A **motoros thalamus** a kisagyi-, és basalis ganglion-rendszerek tagjaként részt vesz a mozgások szabályozásában. Klinikai megfigyelések igazolták, hogy súlyos extrapyramidalis mozgászavarokban a VL nucleus elektromos ingerlése gyógyító hatású. Külön említést érdemelnek a thalamus intralaminaris magjai. Ezek a magok a neocortex minden részével kapcsolatban állnak, és glutamáterg thalamocorticalis axonjaik serkentik a neocortex működését. Az intralaminaris magok afferentációja részben a hídi formatio reticularisból érkezik, acetilkolinerg axonok formájában. **Ily módon az intralaminaris magok az ún. felszálló aktiváló rendszer fontos állomásai: az ébredési reakció, a figyelem neuronális szubsztrátumai.** A thalamikus funkciók komplex rendszerét a thalamus sérülésekor jelentkező tünetek igen jól szemléltetik.

## 9.1.4. Thalamus sérülések tünetei

A VL, VPL és VPM léziója az arteria cerebri posterior betegsége miatt fordulhat elő. Ez a lézió egyszerre érinti motoros és érző thalamust, ezért a tünetek is motoros és érző tünetek. Ezeket csupán felsoroljuk, hogy a ventralis magcsoport fontosságát és szerepét szemléltessük:

- **Hemiparesis (testfél bénulás).**
- **Hemianesthesia (testfél érzéketlenség).**
- **Hemiataxia (testfél mozgászavar).**
- **Dystonia (izomtónus zavara).**

- **Thalamikus fájdalom: ez utóbbit a beteg tapintáskor érzi.**

A medialis, az anterior és az elülső intralaminaris magok léziója sokkal komplexebb tüneteket okoz. Ezek oka lehet az arteria communicans posterior betegsége. A tünetek felsorolásából látható, hogy a komplexitás oka feltehetően az érintett thalamus magok változatos kapcsolatrendszere (lásd 9. Táblázat).

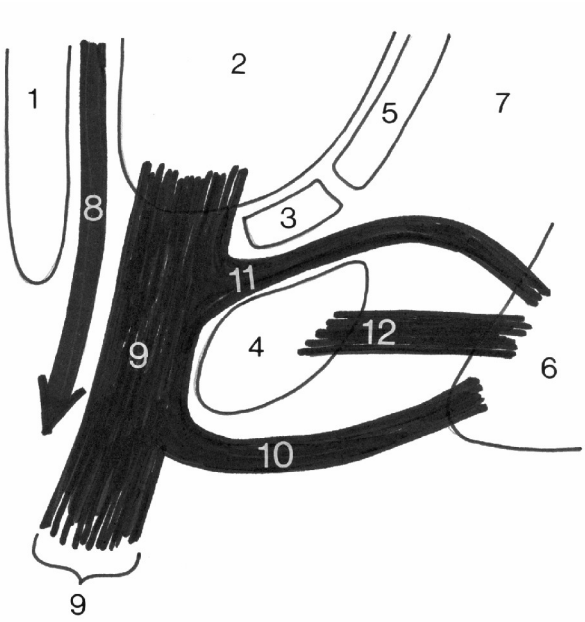
- **Coma (mély eszméletlenség).**
- **Hypersomnia (alváskényszer).**
- **Insomnia (alvási képtelenség).**
- **Memória zavarok (Korsakoff - syndroma).**
- **Apathia (érdektelenség, közönyösség, motiváció hiány).**
- **Dysorientáltság (tájékozódási képtelenség).**

## 9.1.5. Epithalamus

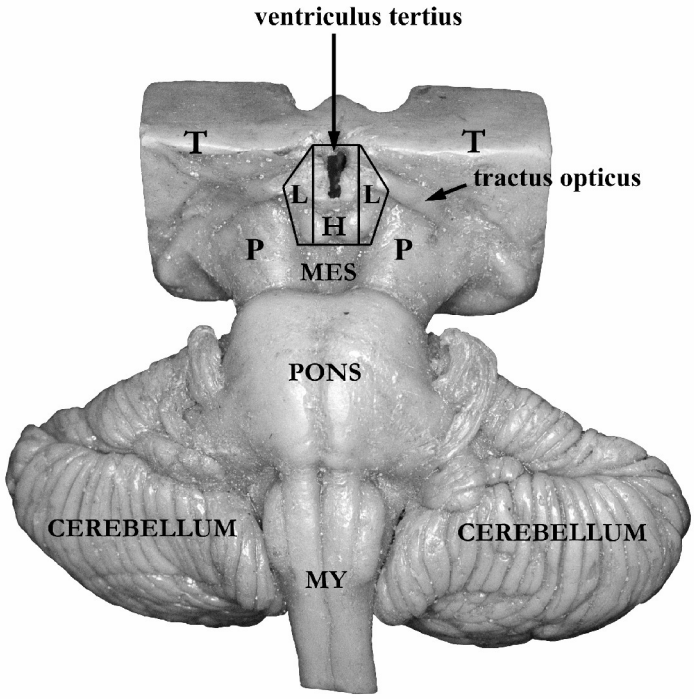
Az epithalamus a **tobozmirigyből (glandula pinealis)** és a páros **habenula régióból** áll, amely utóbbi a tobozmirigyet a diencephalon dorsalis részéhez kapcsolja. A habenula területén apró magok vannak, amelyekben a **stria medullaris thalami** axonjai végződnek. A habenula magvakból indul ki a **fasciculus retroflexus (MEYNERT)**, amely a nucleus interpeduncularishoz (mesencephalon) halad. A tobozmirigy endokrin funkcióját az endokrinologia fejezetben tárgyaljuk. Az epithalamus egyéb funkciói kevéssé ismertek. A fasciculus retroflexus a középagyi formatio reticularist és a hypothalamust befolyásolja.

# VENTRALIS DIENCEPHALON

A **subthalamikus régió** és a **hypothalamus** alkotják a ventralis diencephalont. A subthalamikus régió a hypothalamus mögött, a középagy basisának és tegmentumának közvetlen folytatásaként, főként pályákat tartalmaz: egyetlen fontos magja a **nucleus subthalamicus** a basalis ganglionok rendszeréhez tartozik. A **hypothalamus** a




A subthalamikus régió vázlata frontalis síkú metszet alapján. 1: III. agykamra; 2: thalamus; 3 és 5: nucleus reticularis thalami; 4: nucleus subthalamicus; 6: globus pallidus; 7: capsula interna; 8: fasciculus retroflexus; 9: fasciculus thalamicus; 10: ansa lenticularis; 11: fasciculus lenticularis; 12: fasciculus subthalamicus. A fasciculus thalamicus a mesencephalon tegmentumából érkező pályákat (pl.: lemniscus medialis, lemniscus trigeminalis, tractus spinothalamicus) tartalmazza.




A basalis agyfelszínen hatszög veszi körül a hypothalamust. H: hypothalamus, medialis zóna; L: hypothalamus, lateralis zóna; T: thalamus; P: pedunculus cerebri; MES: mesencephalon; MY: nyúltvelő.

diencephalon része, mely a subthalamus elülső folytatásaként az ún. basalis előagyi struktúrákig hatol előre bonyolult magrendszereivel.

## 9.2. REGIO SUBTHALAMICA

A subthalamus a hypothlalmustól caudalisan, tulajdonképpen a mesencephalon tegmentumának folytatásában található a thalamus alatt. Egyetlen magja, a **nucleus subthalamicus (LUYS)** az extrapyramidalis rendszer fontos struktúrája, tkp. a substantia nigra cranialis végénél található. A nucleus subthalamicus sérülése kóros végtagmozgásokat (ballismus) okoz. A nucleus glutamáterg axonjai a globus pallidusba és a substantia nigrába haladnak. A nucleus afferensei a pallidumból és a neocortexből jönnek. A subthalamus egyéb struktúrái pályarendszerek. Itt haladnak a mesencephalon tegmentumából a ventralis thalamus felé a lemniscus medialis, lemniscus trigeminalis, tractus spinothalamicus, tractus solitariothalamicus, a kisagyi efferensek (a nucleus dentatusból a VL magba haladó axonok), a fasciculus lenticularis, az **ansa lenticularis** (a thalamus és a pallidum közötti rostrendszerek) és a fasciculus subthalamicus, amely a nucleus subthalamicus összeköttetéseit tartalmazza.

## 9.3. HYPOTHALAMUS

A hypothalamus fő **funkciói a zsigeri, vegetatív és az endokrin működések szabályozásával kapcsolatosak**. Emellett, mivel a hypothalamus a diencephalon része, mindezek a funkciók szorosan összefüggenek az ember érzelmi és affektív viselkedésével (pl.: a táplálékfelvétel, vagy a szexuális funkciók szabályozása az emberben nem pusztán vegetatív működés, hanem komplex viselkedési funkciók szabályozása is egyben). Az agy bazális felszínén a hypothalamus területét a **látóidegek kereszteződése (chiasma opticum)**, az **infundibulum**, a **tuber cinereum**, az **eminentia mediana**, és a két **corpus mammillare** jelzi. Az infundibulum a **hypophysis cerebri**-ben (hátsó lebenyében) folytatódik, vagyis az agyalapi mirigy anatómiai szempontból és funkcionálisan egyaránt a hypothalamushoz kapcsolódik. A mirigy a **fossa hypophysialisban** található, és az

agy basalis felszínétől egy duralemez, a **diaphragma sellae** választja el. A hypothalamus medialis felszíne a III. agykamra felé tekint. Itt a **sulcus hypothalamicus** jelzi a felső határát.

## 9.3.1. A hypothalamus fontosabb magjai, afferensei és efferensei

A hypothalamus párhuzamos frontalis síkok segítségével régiókra osztható. A régiókat a basalis agyfelszínen látható képletekkel definiáljuk **(10. Táblázat)**. A régiók a lamina terminalis síkjában **(preopticus régió)**, a chiasma opticum felett **(supraopticus régió)**, a tuber cinereum felett **(tuberalis régió)** és a corpus mammillare felett **(mammillaris régió)** vannak. Minthogy a hypothalamus a III. agykamra körül helyezkedik el, a III. agykamrát, mint középvonali struktúrát tekintve, a horizontalis síkban két zónát célszerű elkülöníteni: **(1) medialis zónát**, amely az ependyma alatti széles zóna; **(2) lateralis zónát**, amely a medialis zónától lateralisan található, oldalt a capsula interna határolja. A régiókat és a zónákat egymásra vetítve világosan elkülöníthető szektorokat kapunk, amelyek tartalmazzák a hypothalamus fontosabb magjait és pályarendszereit.

### 10. Táblázat: a hypothalamus régiói, zónái és fontosabb magjai.

| RÉGIÓK | MEDIALIS ZÓNA MAGJAI | LATERALIS ZÓNA MAGJAI |
|---|---|---|
| **Preopticus régió** | **Preopticus magok** | **Nucleus lateralis hypothalami** (a lateralis zóna egész hosszában, antero-posterior kiterjedésű) |
| **Supraopticus régió** | **Nucleus supraopticus, nucleus paraventricularis, nucleus suprachiasmaticus** | |
| **Tuberalis régió** | **Nucleus arcuatus, nucleus dorsomedialis, nucleus ventromedialis** | |
| **Mammillaris régió** | **Nucleus mammilaris medialis et lateralis** | |

A medialis zónában még két magot kell megemlíteni, amelyek kevéssé respektálják a régiókat elválasztó frontalis síkokat: a **nucleus anterior hypothalami** a preopticus régió és a supraopticus régió közös magja; a **nucleus posterior hypothalami** pedig nagyobbrészt a regio mammillarisban van, azonban átnyúlik a regio tuberalisba is. A hypothalamus legfontosabb pályáit az alábbi táblázatban foglaljuk össze **(11. Táblázat).**

**A pályák közül néhány kétirányú: így a fasciculus longitudinalis dorsalis nemcsak az agytörzs felé halad, hanem az agytörzsből a hypothalamusba is: a nucleus tractus solitarii és a substantia grisea centralis rostjai így érik el a hypothalamust. A medialis előagyi köteg szintén tartalmaz effernseket, amelyek a hypothalamusból a septalis régió, vagy a szaglókéreg felé haladnak.**

**11. Táblázat. A hypothalamus pályarendszerei. A hypothalamus sokrétű funkcióját jelzi a pályák sokfélesége is.**

| Pálya neve | Kezdődik | Végződik | Funkciója |
|---|---|---|---|
| **Retinohypothalamikus pálya** | Retina | Nucleus suprachiasmati-cus | Fény-információk szállítása (világos-sötét napszakok) |
| **Fasciculus longitudinalis dorsalis (SCHÜTZ-köteg)** | Hypothalamus | Agytörzsi preganglionaris neuronok és formatio reticularis | Vegetatív szabályozás |
| **Hypothalamo-spinalis pálya** | Hypothalamus | Gerincvelői preganglionaris neuronok | Vegetatív szabályozás |
| **Medialis előagyi köteg** | Septum, amygdala, szaglókéreg | Hypothalamus magjai és agytörzsi formatio reticularis | Limbikus- és szaglási információk szállítása a hypothalamusba és agytörzsbe |
| **Fornix** | Hippocampus, septum | Corpus mammillare | A Papez-gyűrű része |
| **Fasciculus mammillothalamicus (VICQ D'AZYR köteg)** | Corpus mammilare | Thalamus elülső magcsoportja | A Papez-gyűrű része |
| **Tubero-hypophysealis pálya** | Nucleus arcuatus | Eminentia mediana | Neuroszekréció (adenohypophy-sis szabályozása) |
| **Supraoptico-hypophysealis pálya** | Nucleus supraopticus | Neurohypophysis | Neuroszekréció |
| **Paraventriculo-hypophysealis pálya** | Nucleus paraventricularis | Neurohypophysis | Neuroszekréció |
| **Stria terminalis** | Corpus amygdaloideum | Hypothalamus (nucleus anterior, nucleus arcuatus, preopticus régió) | Feldolgozott limbikus, neocorticalis információt hoz |

**12. Táblázat. A hypothalamus néhány funkciója, és azok lokalizációja a magrendszerekben**

| ÉLETTANI FUNKCIÓ | LOKALIZÁCIÓ A HYPOTHALAMUSBAN |
|---|---|
| **Táplálékfelvétel és testsúly szabályozása** | Nucleus lateralis mint éhségközpont; a nucleus ventromedialis mint jóllakottsági központ. |
| **A testhőmérséklet szabályozása (pl.: láz)** | Preoptikus magok, nucleus anterior, nucleus posterior. |
| **A test víztartalmának és a vízfelvételnek szabályozása** | A nucleus supraopticus által termelt antidiuretikus hormon (ADH) a vér osmolalitását szabályozza; a nucleus lateralisban szomjúságközpont van. |
| **Az uterus és az emlő simaizmainak kontrakciója** | A paraventricularis mag által termelt oxytocin, mint hormon szabályozza. |
| **Neuroendokrin szabályozás** | Az agyalapi mirigy (adenohypophysis) hormontermelésének szabályozása révén minden belső elválasztású mirigyet, és a test növekedését is szabályozza a kissejtes neuroszekréciós rendszer (nucleus arcuatus). |
| **Alvás-ébrenlét ciklusok szabályozása** | Nucleus suprachiasmaticus, preoptikus magok, nucleus anterior |
| **Viselkedés-szabályozás (libidó, agresszió, figyelem)** | Nucleus lateralis, nucleus ventromedialis, nucleus anterior, nucleus posterior |
| **Memória kialakulása** | Nucleus mammillaris |

## 9.3.2. A hypothalamus vérellátása

A hypothalamus artériái az **arteria choroidea anterior**, az **arteria communicans posterior** és az **arteria cerebri posterior** ágrendszeréhez tartoznak. A hypothalamus és a hypophysis cerebri vérellátásáról az endokrinológiai fejezetben még értekezni fogunk. A hypothalamo-hypophysealis rendszerben ugyanis speciális portalis keringés működik, amelynek fontos szerepe van a neuroendokrin szabályozásban.

# A TELENCEPHALON

A telencephalon hólyagok a prosencephalonból nőnek ki az embryonalis fejlődés során. A prosencephalon páratlan, középső származéka a diencephalon hólyag, amelynek elülső fala a lamina terminalis. A lamina terminalis az embryonalis-fetalis telencephalon fejlődés igen fontos része: a commissuralis axonok növekedésük során a lamina terminalist hídként használják, amint átfurakodnak a két telencephalon-félteke között, összekötve azokat. A corpus callosum fejlődése az embryonalis lamina terminalis felső részében kezdődik. A telencephalon neuronjai a periventricularis zónában fejlődnek, és vándorlással érik el az agykéreg rétegeit. A telencephalon vastag ventrolateralis falából pedig a basalis ganglionokat **(nuclei basales)** képező nagy neuroncsoportok alakulnak ki: a **nucleus caudatus**, **nucleus lentiformis**, **claustrum** és **amygdala**. Ezek közül a nucleus caudatus a thalamushoz nyomódik, a többieket pedig az agykéreg és a diencephalon között növekedő fehérállomány-rendszerek választják szét: ily módon a kéreg alatti szürkeállomány struktúrák a nagyagyféltekék fehérállományába ágyazottan helyezkednek el; feltárásukhoz speciális metszések (pl.: a Flechsig-féle metszés) szükségesek. Radiológiai módszerekkel azonban kiválóan látszódnak, és háromdimenziós rekonstrukciójuk is lehetséges. A telencephalon ürege az oldalkamra.

A **telencephalon (cerebrum)** két féltekéből **(hemispherium)** áll. Ezek felszíni anatómiáját nagyrészt az agykéreg **(cortex cerebri)** felszíni képletei, a tekervények **(gyrus; gyri)** és barázdák **(sulcus; sulci)** alkotják. A hemispheriumok oldalsó felszíne az ún. **superolateralis felszín**, alsó felszíne a **facies inferior**. A hemispheriumokat a **fissura longitudinalis cerebri** választja el. Egymás felé tekintő felszínük a **facies medialis**. A hemispheriumot borító agykéreg lebenyeket alkot: a **lobus frontalis**, **lobus parietalis**, **lobus temporalis** és **lobus occipitalis** jól elkülöníthetők. A frontalis lebeny elülső vége a **polus frontalis**, a temporalis lebeny vége a **polus temporalis**, az occipitalis lebeny (és a félteke) hátulsó csúcsa a **polus occipitalis**. A lebenyek alatt, egy rejtett kérgi felszín van, az **insula (REIL)**. Az insula az agykéreg része, és azért nem látható, mert a frontalis, parietalis és temporalis lebenyek reánőnek és betakarják. A lebenyek azon részeit, amelyek az insulát takarják **operculumok**nak (operculum = fedél) nevezzük. A lebenyek anatómiai részleteit az agykéreg fejezetben fogjuk leírni.

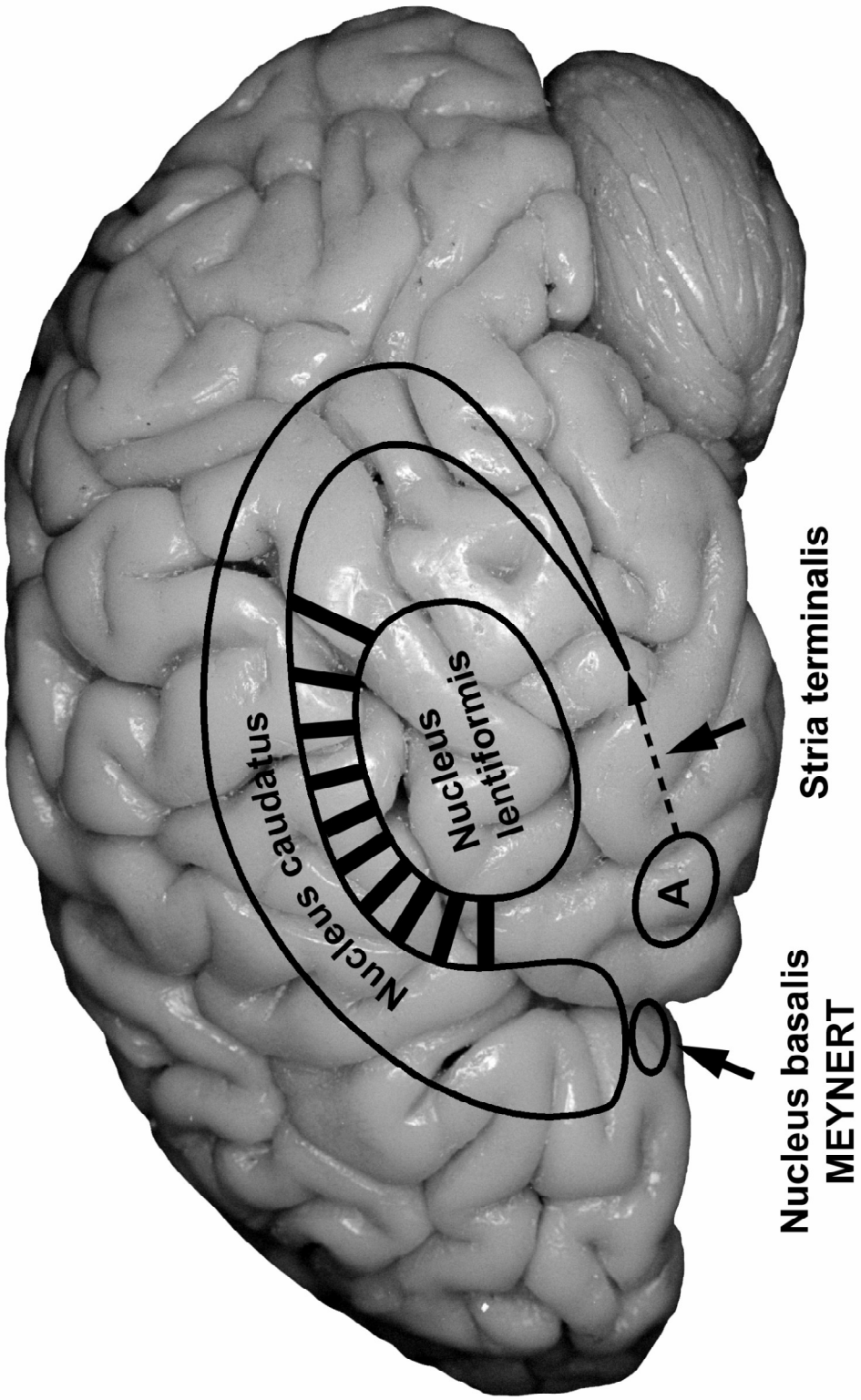
A basalis felszínen és a medialis felszínen azonban más képletek is találhatók. A basalis felszín látható képletei:

- **Bulbus olfactorius**: szaglógumó (a telencephalonból fejlődik).
- **Tractus olfactorius**: szaglópálya, a bulbusból az agykéreg felé haladó axonok.
- **Trigonum olfactorium**: vékony szürkeállomány, amely már a szaglókéreg része.
- **Substantia perforata anterior**: apró lyukak találhatók itt, amelyen artériák lépnek be (az arteria cerebri anterior mély ágai). Egyébként ez is szürkeállomány, és az ún. ventralis striatum része: a felszíni szürkeállomány összeolvad a nucleus caudatus fejével.

A medialis felszín akkor figyelhető meg, ha a féltekéket agykéssel szétválasztjuk: ekkor átvágjuk a corpus callosumot és más commissurákat is, a lamina terminalist, és feltárjuk a harmadik agykamrát. A **corpus callosum** részei a **rostrum**, a **genu**, a **truncus** és a **splenium**. A rostrum lefelé a **lamina rostralis**ba folytatódik. A lamina rostralison halad át a két oldali szaglólebenyt összekötő **commissura anterior**. A **lamina terminalis** a lamina rostralis folytatása. A corpus callosum alatt a **fornix** figyelhető meg. A fornix és a corpus callosum között pedig a **septum pellucidum**. A septum pellucidum vékony szürkeállományból áll: a telencephalon hólyagok fala itt egymáshoz fekszik, csupán a közöttük lévő keskeny üreg, a **cavum septi pellucidi** választja el őket.

# 10. A TÖRZSDÚCOK (NUCLEI BASALES)

A kéreg alatti szürkeállomány legtömegesebb képletei. A “törzsdúc” kifejezés érzékletesen jelöli azokat a nagyméretű szürkeállomány struktúrákat, amelyek a nagyagyféltekék mélyén helyezkednek el. Amint az öreg fák törzse tartja a fa koronáját, úgy tartják ezek a vaskos magrendszerek az agyféltekék kérgét – s így az agykéreg úgy borul rá a törzsdúcokra, ahogyan a dús lombkorona a fa törzsére. A szürkeállományú magrendszereket kiterjedt fehérállomány, és bonyolult




A törzsdúcok vázlatos vetülete az oldalsó agyfelszínen.

A: corpus amygdaloideum; a nucleusok közötti vastag csíkok a nucleus lentiformis és caudatus közötti szürkeállomány-hidakat jelképezi (a kettő együtt a corpus striatum).

pályarendszerek kötik össze, és amint a thalamus esetében, itt is a nagyagykéreg a legfőbb kapcsolat: változatos axonrendszerek kapcsolják össze az agykéreg minden lebenyét a törzsdúcok rendszerével.

A **nucleus caudatus**, **nucleus lentiformis** és a **claustrum** egyetlen horizontalis metszéssel, vagy a **Flechsig-féle** "háztető" metszéssel feltárhatók. Közülük a claustrum funkcionálisan elkülönül – a többiek az **basalis ganglionok mozgásszabályozó rendszerének** részei.

# 10.1. NUCLEUS CAUDATUS

Részei a fej (caput), test (corpus) és farok (cauda). Kiterjedése igen nagy: a substantia perforata anterior felett kezdődik tömeges feji részével, majd halad felfelé a félteke belsejében, teste ráfekszik a thalamus dorsalis felszínére, farki része pedig követvén az oldalkamra alsó szarvát, az amygdaláig (vagyis a temporalis lebenybe) ér. Közte és a thalamus között a **stria terminalis** halad, összekötve az amygdalát, septumot és hypothalamust (lásd a hypothalamusnál). A nucleus caudatus és a nucleus lentiformis külső, putamen nevű része között párhuzamos szürkeállomány hidak vannak, ezért a nucleus caudatus és a putamen együttesen a **corpus striatumot** alkotják (striatus = csíkolt). A corpus striatum neuronális szerkezete mind a nucleus caudatusban, mind pedig a putamenben egyforma – ezért ezt az óriási neuronhálózatot **striatum**nak nevezzük.

# 10.2. NUCLEUS LENTIFORMIS

A nucleus lentiformis szintén nagy kiterjedésű magrendszer, amelynek részeit keskeny fehérállomány rétegek szeparálják: külső része a **putamen** (=héj, burok), belső, kúpszerűen keskenyedő része a **globus pallidus**. A globus pallidus medialis része a subthalamikus régióba nyúlik. A globus pallidus is egy külső és egy belső (medialis) részre osztódik, egy igen vékony fehérállomány lemez által. A globus pallidus homogén sejtösszetétele révén mégis egyetlen neuronrendszert, a **pallidum**ot alakítja ki. A **striatum** és a **pallidum** az extrapyramidalis mozgásszervező rendszer két nagy, központi neuronhálózata.

# 10.3. CLAUSTRUM

A claustrum vékony, héjszerű szürkeállomány az insula agykérge alatt. Az insularis cortex és a claustrum közötti fehérállomány a **capsula extrema**. A claustrum csak neocorticalis kapcsolatokkal rendelkezik, feltehető funkciója az, hogy a különböző lebenyekben lévő asszociációs kérgi központokat összehangolja. Pontos funkcióját azonban nem ismerjük.

# 10. 4. CORPUS AMYGDALOIDEUM

Fejlődési szempontból a törzsdúcokhoz sorolhatjuk, funkciója szerint azonban az agykéreghez áll közelebb. A polus temporalis mélyén található, egyes részei összefüggenek a neocortex állományával, medialisan a nucleus lentiformis (globus pallidus) felülről határolja, igen közel van hozzá az uncus illetve az entorhinalis cortex is. A **stria terminalis** az amygdalából induló pálya. **Afferenseinek egy része a tractus olfactorius – trigonum olfactorium felől érkezik. Afferenseket kap még az agykéreg bizonyos részeiből:** a **szaglókéreg**, az **ízlelőkéreg** (az insulával érintkező frontalis operculum agykérge), a **zsigeri szenzoros kéreg**, a **hippocampus** és az **entorhinalis kéreg** felől. **Efferensei** a **stria terminalis**, amely a **hypothalamusszal köti össze**, az **amygdalo-striatalis pálya a ventralis striatum felé,** és számos **agykéregbe haladó rostrendszer**. **Agykérgi projekciói a frontalis lebenybe, az insulába, a temporalis lebenybe, az occipitalis lebenybe, a premotoros neocortexbe, a gyrus cinguli-ba** és a **szomatoszenzoros gyrus postcentralisba haladnak.** Funkciói sokrétűek:

- A szaglórendszerből érkező afferensei a szaglási ingereket közvetítik (pl.: a hypothalamusba).
- Zsigeri érző információkat dolgoz fel és továbbít, modulálja a hypothalamus neuroendocrin működését és a zsigeri szabályozást.
- Komplex viselkedési funkciókban (védekezés, agresszió, szexualitás, memória és tanulás) vesz részt.

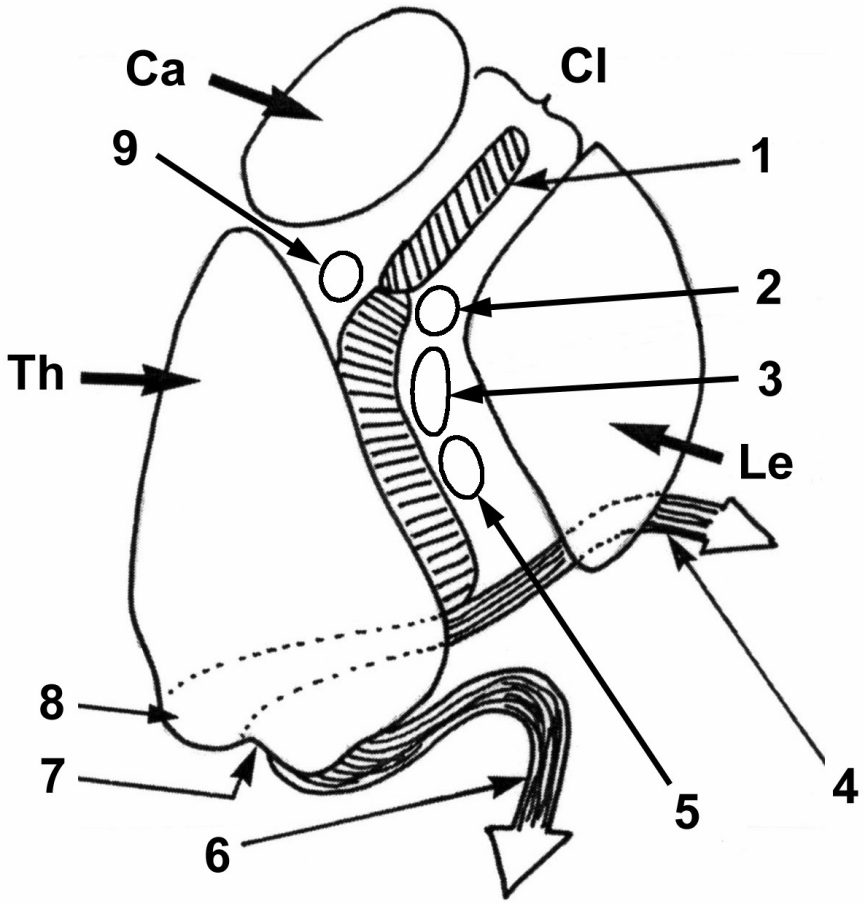
# 10.5. BASALIS ELŐAGYI MAGOK

A hypothalamustól a trigonum olfactorium síkjáig húzódó, de attól lateralisan fekvő szürke magvakból álló rendszer, amelyet régebben **substantia innominatának** neveztek. A ventralis striatum alatt, az amygdalától medialisan, a commissura anterior síkjában található a **nucleus basalis magnocellularis (MEYNERT)**, amely nagyrészt acetilkolinerg neuronokból áll. A nagy sejtek axonjai a neocortexbe vetülve, a neocortex acetilkolinerg rostjainak jelentős részét adják. A nucleus basalis az amygdalából és a neocortexből is kap afferenseket. A basalis előagyi struktúrákhoz sorolható még a **nucleus accumbens** is, amely a septum pellucidum ventralis folytatásába esik. Acetilkolinerg neuronjai a mesencephalonból kapnak dopaminerg beidegzést. A nucleus accumbens lateralis folytatása a ventralis striatum.

# 10.6. CAPSULA INTERNA

A thalamus, a nucleus caudatus és a nucleus lentiformis között vastag “V” alakú fehérállomány réteg látható: ez a **capsula interna**, amely a féltekék fehérállományának legfontosabb területe. A capsula interna felfelé a **centrum semiovale-**ban folytatódik, lefelé és hátrafelé haladva pedig a **pedunculus cerebri**-be megy át. Eközben rostjai némileg megfogyatkoznak, mert a thalamikus axonok a pedunculusban már nincsenek benne. A capsula internát medialisan a thalamus és a nucleus caudatus, lateralisan pedig a nucleus lentiformis határolják. A capsula interna szigorú topográfiai eloszlás szerint a következő rostrendszereket tartalmazza:

- **Tractus corticospinalis: a gyrus precentralisból eredő pyramispálya axonjai.**
- **Tractus corticobulbaris: a gyrus precentralisban eredő és a motoros agyidegmagokat beidegző, ún. supranuclearis motoros axonok.**
- **Tractus frontopontinus: a hídmagokhoz haladó pálya (lásd kisagy).**
- **Tractus parietopontinus: a hídmagokhoz haladó pálya (lásd kisagy).**
- **Tractus temporopontinus: a hídmagokhoz haladó pálya (lásd kisagy).**
- **Tractus occipitopontinus: a hídmagokhoz haladó pálya (lásd kisagy).**




A capsula interna (CI) rostrendszereinek topográfiája.

Ca: nucleus caudatus; Le: nucleus lentiformis; Th: thalamus. 1: pedunculus thalami anterior; 2 és 9: fejnyakhoz haladó corticospinalis és corticobulbaris pályák; 3: felső végtagi és törzshöz haladó corticospinalis pályák; 4: pedunculus thalami inferior (radiatio acustica); 5: alsó végtaghoz haladó corticospinalis pályák; 6: pedunculus thalami posterior (radiatio optica); 7: corpus geniculatum laterale; 8: corpus geniculatum mediale. Az üresen maradt részeket a corticothalamikus és corticostriatalis rostok foglalják el.

- **Pedunculi thalami: a thalamus neocorticalis összeköttetései (lásd thalamus).**

# 10.7. A TÖRZSDÚCOK ÉS A CAPSULA INTERNA VÉRELLÁTÁSA

A törzsdúcokat és a capsula internát az **arteria cerebri anterior (ACA)** mély ágai, az **arteria cerebri media ACM)** mély ágai és az **arteria choroidea anterior** látják el. A striatum-pallidum elülső-ventralis részét az ACA mély ágai táplálják: ezek az artériák a substantia perforata anteriorban hatolnak a mélybe. Legerősebb águk a **HEUBNER-féle artéria (arteria lenticulostriata medialis)**. Ellátja a septumot, fornixot és a capsula interna ventralis részét is. A striatum és a pallidum többi részének ellátását az arteria choroidea anterior ágai és az ACM mély ágai végzik, amelyek szintén a substantia perforata anteriorban hatolnak be. Az **ACM rami laterales striati (régebbi nevük: arteriae lenticulostriatae)** nevű ágai a capsula interna ellátását adják. A vénás vér a **vena basalis**-ba és a vena cerebri internákba majd a **vena cerebri magna**-ba szedődik össze.

# 10.8. A TÖRZSDÚCOK SZEREPE A MOZGÁSOK SZABÁLYOZÁSBAN: A BASALIS GANGLIONOK NEURONRENDSZEREI

A törzsdúcok igen fontos szerepet játszanak a mozgások kivitelezésében, a mozgások affektív színezetének kialakításában. Ez a mozgásszabályozó rendszer a kisagyi rendszerrel együtt szervezi az akaratlagos mozgásokat, vagyis mindkét subcorticalis neuronhálózat a motoros és premotoros neocortex projekciós neuronjaira hat. A

basalis ganglionok rendszerének nincs gerincvelői projekciója (ellentétben a kisagyi rendszerrel). Vagyis a mozgásszabályozás szinte kizárólag a thalamocorticalis projekciónak köszönhető. Megjegyzendő, hogy a basalis ganglionok rendszere és a kisagyi rendszer anatómiai, funkcionális és pathologiai-klinikai szempontból egyaránt elkülönülnek egymástól, bár vannak olyan struktúrák (a motoros thalamusban), ahol a két rendszer kommunikál egymással. A basalis ganglionok mozgásszabályozó rendszerében nemcsak a **basalis ganglionok (a claustrum kivételével)**, hanem a **substantia nigra**, a **nucleus subthalamicus** és a **thalamus VA** és **VL** és **CM** magjai is részt vesznek.

## 10.8.1. A striatum

Az előbbiekben már definiált óriási neuronrendszert tehát a nucleus caudatus és a putamen alkotják. Neuronális szerkezete egyszerű: **projekciós neuronjai** közepes nagyságú, dendrittüskékkel rendelkező sejtek (“medium spiny neurons”). **Interneuronjai** kisebb neuronok és nagy sejtek, amelyek dendritjei lehetnek tüskések is. A **projekciós neuronok** GABA-t, enkephalint és P-anyagot (substance-P = neuropeptid) tartalmaznak, tehát túlnyomórészt **gátló neuronok**. Az **interneuronok** neuropeptideket és **acetilkolint** tartalmaznak. A striatum legfontosabb afferensei a neocortex és az allocortex minden részéből érkeznek: ezek a **corticostriatalis axonrendszerek**, amelyek **glutaminsavval működő excitatorikus axonok**. A striatum másik fontos afferentációja a **substantia nigra** felől érkezik **dopaminerg axonok** formájában **(nigrostriatalis pálya)**. A striatum neuronjain kétféle dopaminreceptor található: a **striatumban felszabaduló dopamin gátló hatású**, csökkenti a neuronális excitációt. A striatum még az **amygdala** magrendszeréből és a **thalamus intralaminaris magjaiból** kap afferens polyszenzoros információkat. A **striatum efferensei döntően a pallidumba haladnak**: a projekciós gátló neuronok a pallidumban végződnek. Ezen kívül, a substantia nigra is kap striatumból érkező axonokat **(striatonigralis pálya)**.

## 10.8.2. A pallidum

A pallidum szerkezete szintén egynemű: nagy neuronokat tartalmaz, amelyek **GABAerg** sejtek. Vannak még **acetilkolinerg** neuronjai is. A pallidum afferensei a **striatumból** és a **nucleus subthalamicusból** érkeznek: a striatumból GABAerg gátló axonok, a nucleus subthalamicusból serkentő, glutamáterg rostokat kap. A pallidum nagy GABAerg neuronjai döntően a **thalamus VA, VL** és **CM magjaiban**, a **nucleus subthalamicusban**, és kisebb számban a substantia nigrában végződnek. Ezek a rostrendszerek alkotják az **ansa lenticularist**, fasciculus lenticularist és fasciculus thalamicust, amelyek mind a subthalamikus régió fehérállományához tartoznak.

## 10.8.3. A basalis ganglionok rendszerének mozgásszabályozó funkciója

**A striatum, pallidum, substantia nigra és nucleus subthalamicus rendszer a thalamus VA és VL magjai révén a premotoros és somatomotoros frontalis neocortex működését szabályozza. A szabályozás a tractus corticospinalis és a tractus corticobulbaris révén érvényesül.** A neocortexből erősen feldolgozott látási, hallási, szomatoszenzoros, vestibularis, kinesztéziás és térfelismerési információk érkeznek a striatumba, glutamáterg excitatorikus ingerületek formájában. Az ingerületek a striatum neuronköreiben átalakulnak, a dopaminerg nigrostriatalis pálya, az amygdala és a thalamus axonrendszerei modulálják a diffúz excitációt, és ez a módosított információ a pallidumba kerül. A pallidumban újabb moduláció következik, a nucleus subthalamicus glutamáterg rostjai révén. A módosult ingerület mintázat (amely már igen sok subcorticalis információt vett magához) gátlás formájában kerül a thalamusba. A rendkívül differenciált gátlás módosítja az excitátoros thalamus neuronok működését – feltehetően a kisagyi mechanizmusokhoz hasonló módon, újfent a diffúz excitációból értelmes ingerület mintázatok születnek, amelyek a motoros agykéregbe kerülve beindítják és véghezviszik az akaratlagos mozgásokat. Ezek a mozgások azonban már úgy indulnak, hogy a somatomotoros agykéreg minden szükséges külső (tér, idő, környezet, távolságok, stb...) és belső (izomtónus, izomfeszülés, ízületek állapota, stb...) paramétert ismerve kezdi meg a

kivitelezést. Ráadásul a mozgásban minden tanult és örökölt minta is benne lesz, valamint a mozgás nagysága, ereje, kiterjedése tükrözni fogja aktuális érzelmi állapotunkat is (ez az amygdalából a striatumba érkező információ célja).

## 10.8.4. A basalis ganglionok betegségeinek tünetei

Ezek a tünetek bizonyítják a fent említett rendkívül bonyolult, és sokszoros, sokrétű és rétegezett információ-transzfer jelentőségét. A törzsdúcok degeneratív elváltozásai lerombolják az egész mozgásszabályozó rendszert, és ennek kétféle (igen súlyos) következménye lesz:

- **A beteg akaratától független, autonóm, kóros mozgásminták jelennek meg**, feltehetően a strukturálatlan thalamocorticalis excitáció következtében (chorea, ballismus, athetosis, stb...).
- **A kivitelezett akaratlagos mozgások tökéletlenek: (1) túlméretezett, nagy izomerővel, fokozott izomtónussal, vagy éppen ennek ellenkezőjével (csökkent izomtónussal, izomerővel, lassan) működtetett mozgások; (2) térben és időben nem helyesen koordinált pontatlan (ügyetlen) mozgások; (3) kóros érzelmi (affektív) töltésű mozgások (“lárvaarc” Parkinson-kórban).**

A gyógyszerek az említett transzmitter-rendszereken fejtik ki hatásukat: a dopaminerg rendszeren, a GABAerg rendszeren és az acetilkolinerg rendszeren.

## 10.8.5. Klinikai megjegyzés

**Kóros autonóm mozgástünetek gyógyítása thalamus ingerléssel (Tsubokawa és mtsai: Control of persistent hemiballismus by chronic thalamic stimulation. J. Neurosurgery, 1995, 82: 501-505).**

Az 57 éves nőbetegben agyvérzést követően fejlődtek ki a hemiballismus tünetei. Az MRI a bal oldali nucleus subthalamicusban kis léziót mutatott ki. Gyógyszerekre a tünetek nem reagáltak, ezért idegsebészeti beavatkozásra került sor. A thalamus ventrolateralis részébe krónikus elektródákat ültettek. Ezek az elektródák ingerelték a VL magot a műtétet követően. A megfelelő ingerlési paraméterek beállítása után, a

beteg tünetei fokozatosan visszafejlődtek, azonban az ingerlést több mint egy évig folytatni kellett.

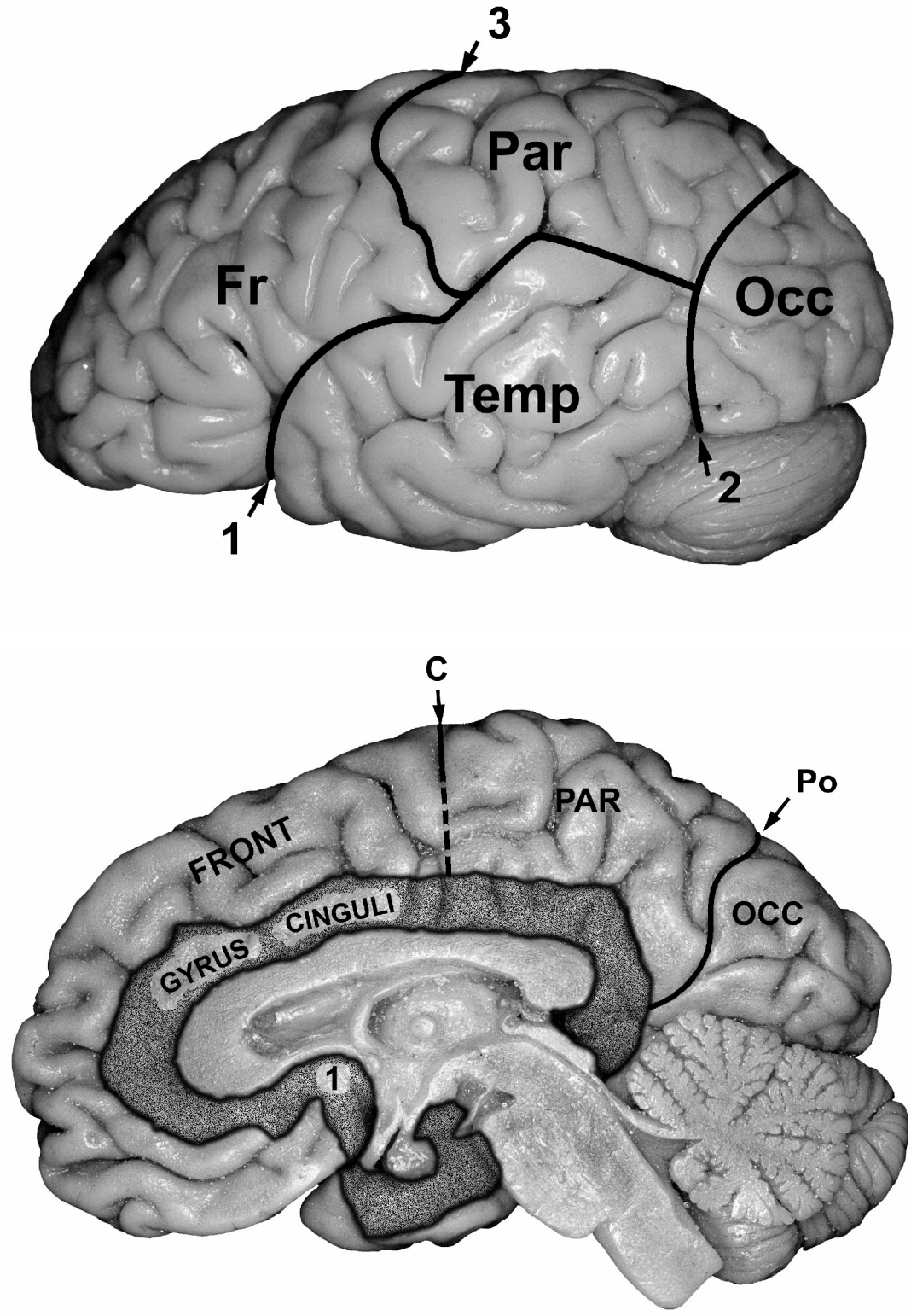
# 11. AGYKÉREG (CORTEX CEREBRI, PALLIUM)

A cerebrum külső szürkeállománya, az agykéreg emberben 15-45 mm vastag, felszíne kb. 23 $dm^2$. A pallium lebenyei bonyolult **gyrusokból (tekervények)** és **sulcusokból (barázdák)** tevődnek össze, amelyek közül vannak a medikus számára fontosak és kevésbé fontosak. A jelentősebb felszíni képleteket MRI felvételeken jól felismerhetjük, ezért ismeretük fontos. Másrészt, ezek a tekervények igen jelentős idegi funkciók központjai. Az agykéreg funkcionális térképe nagymértékben a felszíni anatómiai képletekhez köthető. A funkcionális kiesések (pl.: a motoros beszédképtelenség) pontosan jelzik az agykérgi károsodás helyét. Ezért az anatómiai tudás igen nagy orvosgyakorlati jelentőséggel bír.

Az agykéreg legnagyobb része a **neocortex**, amely jellegzetesen hat sejtrétegből áll. A neocortex struktúráit az agykérgi lebenyek leírása során ismertetjük. Az ősibb kéregrészek az **allocortex**hez tartoznak, amely szerkezetét tekintve eléggé sokféle: a rétegek felépítése és száma struktúránként változik. Az allocortexhez tartozó fontosabb kérgi struktúrák:

- **Hippocampus, gyrus dentatus, gyrus parahippocampalis.**
- **Cortex entorhinalis.**
- **Area subcallosa.**
- **Septum pellucidum.**
- **Gyrus cinguli.**
- **Bulbus olfactorius, trigonum olfactorium és substantia perforata anterior.**

**A neocortex minden területe rendelkezik közvetlen thalamocorticalis és corticothalamikus kapcsolatokkal, az allocortex esetében ilyen kapcsolatok nincsenek. Az allocortex kiterjedt kapcsolatrendszere az egyes allocorticalis**



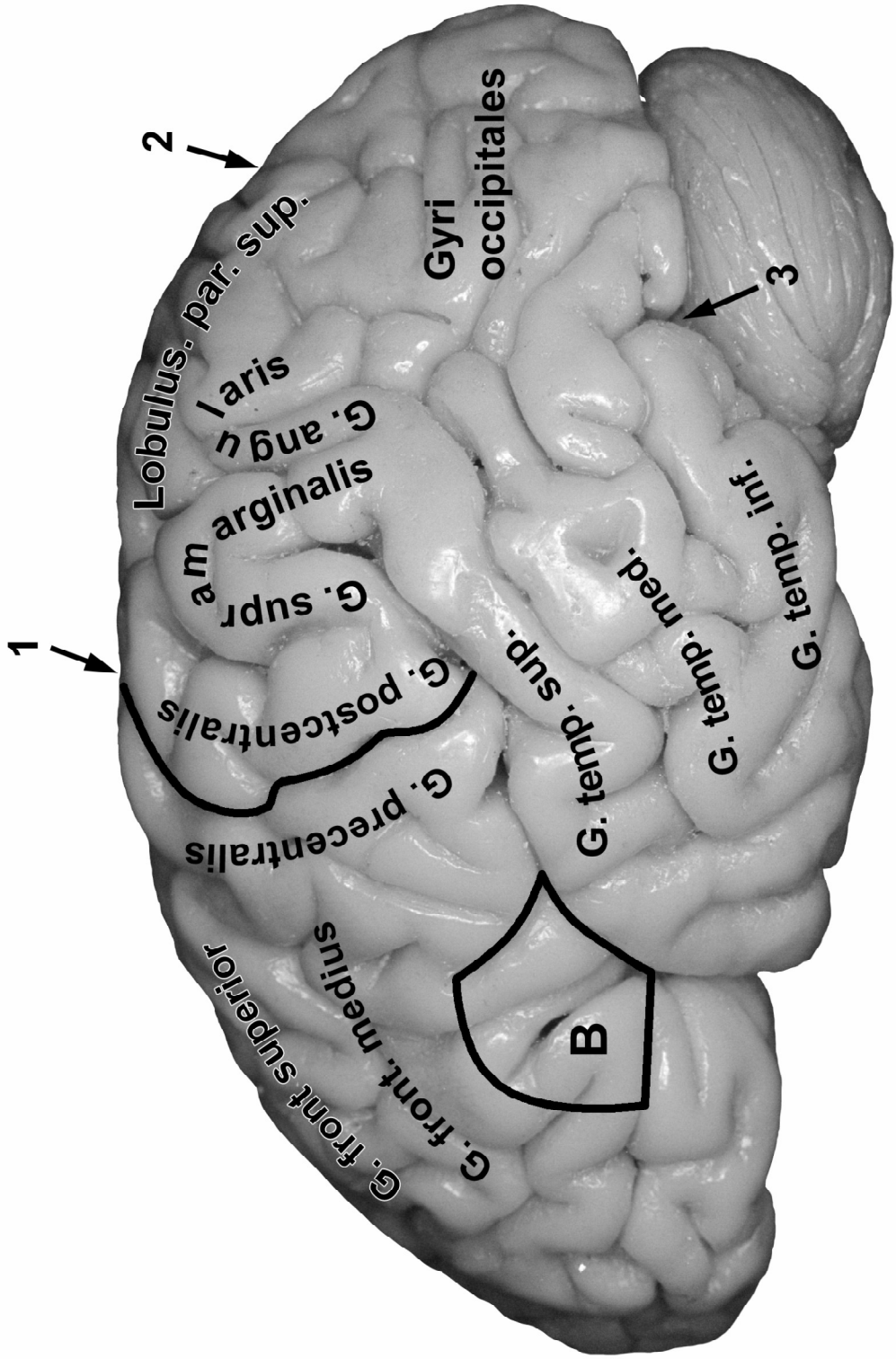

Az agykéreg lebenyei a hemispherium oldalsó- és medialis felszínén. Fr/FRONT: lobus frontalis; Par: lobus parietalis; Occ: lobus occipitalis; Temp: lobus temporalis. Pontozott: lobus limbicus (a gyrus cinguli, a gyrus parahippocampalis és az area subcallosa: 1). 1: fossa lateralis cerebri; 2: incisura preoccipitalis; 3: sulcus centralis; Po: sulcus parietooccipitalis.

**struktúrák összeköttetéseit, valamint a hypothalamus és az amygdala allocorticalis kapcsolatait foglalja magába. Az allocortex struktúrái két nagy rendszert alkotnak:**

- A **rhinencephalon**, amely a szaglással kapcsolatos információk feldolgozását végzi;
- A **limbikus rendszer**, amely a tanulás, a memória, a térbeli tájékozódás és még más fontos viselkedési funkciók szolgálatában áll.

# 11.1. NEOCORTEX

A neocortex anatómiáját a lebenyek alapján írjuk le. A neocortex **frontalis lebenye (homloklebeny)**, **parietalis lebenye (fali lebeny)**, **temporalis lebenye (halántéklebeny)** és **occipitalis lebenye (tarkólebeny)** a calvaria csontlemezei alatt találhatók. **A homloklebeny aljzatát az os frontale pars orbitalisa, az os ethmoidale és az os sphenoidale kis szárnyai (amelyeket borít a dura mater) képezik. A halántéklebeny támasztékát az os temporale pars petrosa felső felszíne adja. A fali lebeny az os parietale alatt található, a tarkólebeny pedig a tentorium cerebellin nyugszik, polusa pedig az os occipitale fossa cerebralisaiba illeszkedik.** Az **insula (REIL)** a felszínen nem látható kis lebeny, amelyet a frontalis, parietalis és temporalis lebenyek borítanak. A neocortex felszínét, a hemispherium felszíneihez igazodva célszerű leírni: a superolateralis felszín, a medialis felszín és az alsó (inferior) felszín jól elkülönülnek, és meghatározott képleteket tartalmaznak. A neocortex szöveti szerkezete mindenütt hasonló **(isocortex)**, azonban az egyes rétegek vastagságát és sejtösszetételét illetően jelentős különbségek vannak. A hat rétegben (lásd később) számos neurontípus megtalálható: ezek abszolút, és egymáshoz viszonyított száma, méreteik meghatározzák az agykéreg régió hisztológiai sajátosságait. Az agykérgi **cytoarchitectonika** ezeket a fénymikroszkópos hisztológiai különbségeket vizsgálja a neocortex egyes régióiban: az isocortex (és az allocortex) cytoarchitectonikai vizsgálata alapján született **BRODMANN (1909)** agytérképe, amely manapság is használatos. A **Brodmann-féle areák** hisztológiai eltéréseket mutatnak, és a hisztológiai különbségek (pl.: a pyramissejtek száma és mérete egy-egy rétegben) számos area esetében a különböző funkciókra vezethetők




Fontosabb gyrusok a hemispherium oldalsó felszínén.

1: sulcus centralis; 2: sulcus parietooccipitalis; 3: incisura preoccipitalis; B: Broca-féle area a gyrus frontalis inferior területén (Brodmann 44,45). A lobulus parietalis superior alatt a sulcus intraparietalis fut (nincs jelölve), amely a lobulus parietalis inferiort felülről határolja (nincs jelölve).

vissza. A fontosabb Brodmann-areákat számokkal jelöljük, és funkcióikat a lebenyek kapcsán leírjuk.

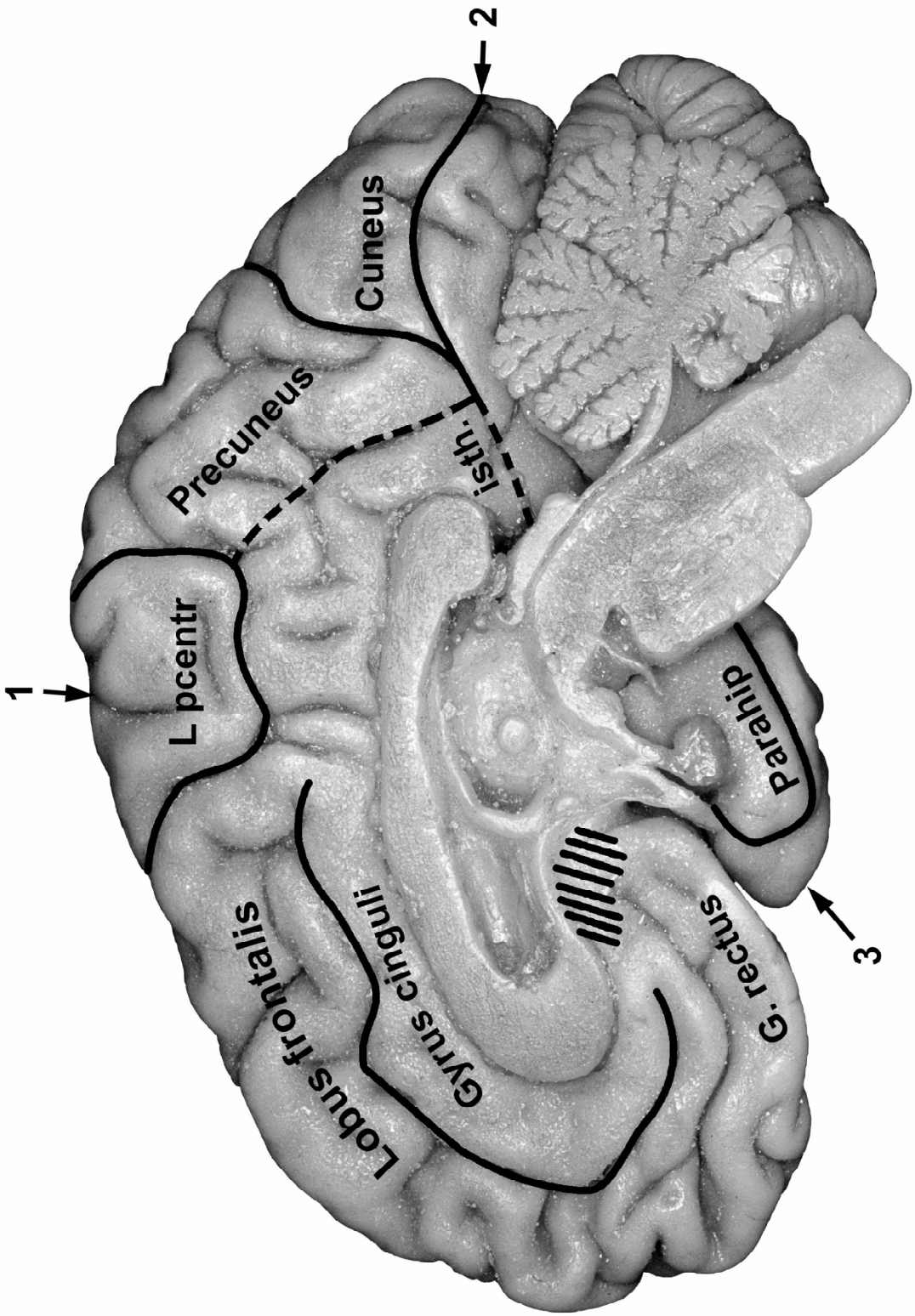
## 11.1.1. Lobus frontalis

Az emberi pallium legnagyobb lebenye. Hátulsó határa a **sulcus centralis (ROLANDO)**, egy ferdén lefelé (a sulcus lateralishoz) haladó, mély barázda. A superolateralis felszín képletei:

- **Gyrus precentralis:** a sulcus centralis előtt lévő, hosszú tekervény. Előrefelé a **sulcus precentralis** határolja.
- **Gyrus frontalis superior:** szabálytalan, a sulcus precentralistól indul.
- **Gyrus frontalis medius:** szabálytalan, széles tekervény.
- **Gyrus frontalis inferior:** hátulsó része az insulát borító operculum frontale.

A facies inferior képletei a szabálytalan **gyri orbitales**, a **gyrus rectus** és a **sulcus olfactorius**. A sulcus olfactoriusban felszik a bulbus- és a tractus olfactorius. A frontalis lebeny medialis felszínét felül a **gyrus frontalis superior**, alatta a **gyrus cinguli** elülső része alkotják. A rostrum corporis callosi alatt az **area subcallosa** látható, amely már az allocortexhez tartozik. A **sulcus precentralis és a sulcus centralis** a medialis felszínen is látható, és a **gyrus precentralis** és **gyrus postcentralis** is átnyúlik a medialis felszínre. A sulcus centralis mögött (a parietalis lebenyben lévő) gyrus postcentralis medialis vége és a gyrus precentralis medialis vége a **lobulus paracentralis**-t alkotják.

A frontalis lebenyben igen fontos motoros központok vannak: a **gyrus precentralis (Brodmann 4)** az akaratlagos mozgások beindítója, a **primer somatomotoros cortex**. A primer somatomotoros cortex szomatotópiája azt jelenti, hogy az egyes izomcsoportokat mozgató területek a gyrus hosszában elkülönülnek: e gyrus felszínének ingerlésével külön-külön aktiválhatók a test vázizmai. **A gyrus precentralisból erednek a corticospinalis és corticobulbaris motoros pályák**. A primer somatomotoros cortex előtt a gyrus frontalis superior területén az ún. **premotoros cortex (Brodmann 6)** található. Itt végződnek a motoros thalamusból érkező rostrendszerek, amelyek a basalis ganglionok, a kisagy és a thalamus intralaminaris magjai felől érkező mozgásregulációért felelősek. A premotoros cortex




Neocortex és allocortex képletei a hemispherium medialis felszínén.

1: sulcus centralis; 2: sulcus calcarinus; 3: polus temporalis. A sulcus centralis medialis végét a lobulus paracentralis (L pcentr) veszi körül. A gyrus cinguli hátulsó keskeny része az isthmus (isth). Látszik a gyrus parahippocampalis elülső része (Parahip). A vonalkázott terület az area subcallosa.

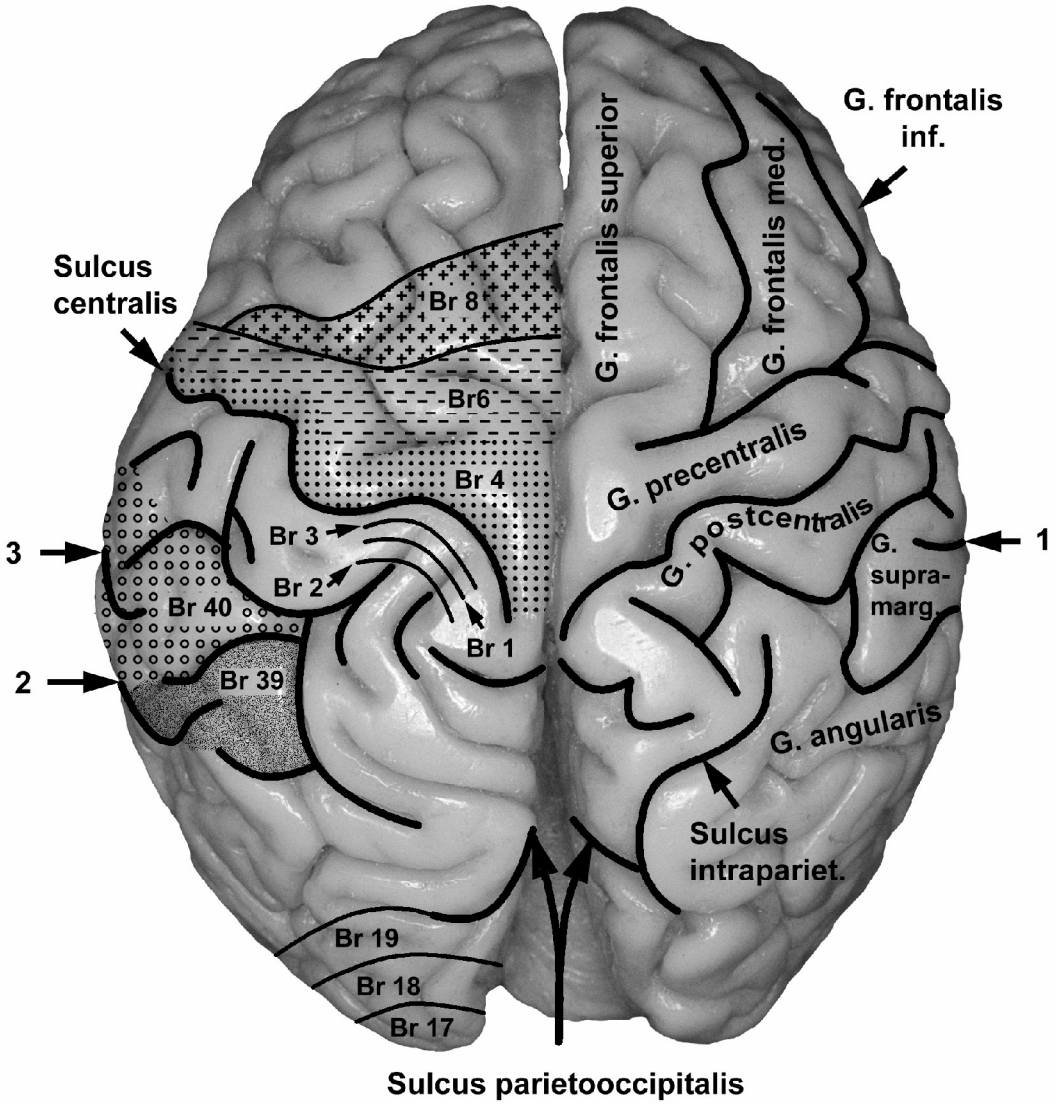
szabályozza a Brodmann 4 area működését. Hasonlóképpen mozgásszabályozást végez a **Brodmann 8 area**, amely a gyrus frontalis mediusban található: ez az ún. **frontalis tekintőmező**. A frontalis tekintőmező a hídi tekintőközponthoz (a nervus abducens magja körül lévő formatio reticularis) küldi axonjait.

Végül meg kell említeni a **Brodmann 44, 45** areákat, amelyek a gyrus frontalis inferiorban foglalnak helyet (ez az ún. operculum frontale). A terület a **motoros beszédközpont**, felfedezőjéről **BROCA-féle areának** is nevezzük. Sérülése a beszédkészség romlását vonja maga után (a beszéd lassú, nehézkes, szaggatott; a beszédértés megmarad): ez a **motoros aphasia**.

## 11.1.2. Lobus parietalis

A fali lebeny a sulcus centralis, a sulcus lateralis és a sulcus parietooccipitalis által határolt neocortex. Leghosszabb, egységes tekervénye a **gyrus postcentralis**, amely a Rolando-barázda mögött halad a sulcus lateralis felé. A gyrus postcentralist a **sulcus postcentralis** választja el a parietalis lebeny többi részétől. A superolateralis felszínen, a gyrus postcentralis mögött, ferdén futó barázda található: a **sulcus intraparietalis**. A barázda kettéosztja a felszínt: a **lobulus parietalis superior** medialisan, felül, a **lobulus parietalis inferior** lateralisan, alul található. A felső lobulus kisebb, szabálytalan tekervényeket tartalmaz. Az alsó lobulusban két jellegzetes alakú tekervény, a **gyrus supramarginalis** és a **gyrus angularis** figyelhetők meg. A gyrus supramarginalis a sulcus lateralis végét veszi körül, a gyrus angularis pedig a sulcus temporalis superior végénél található. A parietalis lebeny medialis felszíne lefelé a sulcus cinguli-ig terjed. A parietalis lebeny medialis felszínén a **lobulus paracentralis** és a **precuneus** figyelhetők meg. A precuneus határa a **sulcus parietooccipitalis** – vagyis itt véget ér a fali lebeny. A lobulus paracentralis nem respektálja lebenyhatárokat: egy elülső (frontalis lebenyhez tartozó) részből és egy hátulsó (parietalis lebenyhez tartozó) részből áll. Elöl a **sulcus paracentralis** (ez még a frontalis lebeny része), alul a **sulcus cinguli**, hátul pedig a sulcus cinguli felfelé hajló vége **(pars marginalis)** határolják. A precuneust pedig az előbb említett pars marginalis sulci cinguli és a sulcus parietooccipitalis határolják.

A fali lebenyben a gyrus postcentralis jelentőségét kell hangsúlyozni: itt vannak a **Brodmann 3, 1, 2 areák**, amelyek a **primer szomatoszenzoros neocortexet**




Fontosabb gyrusok, sulcusok és Brodmann areák a két hemispheriumon (felülnézet).

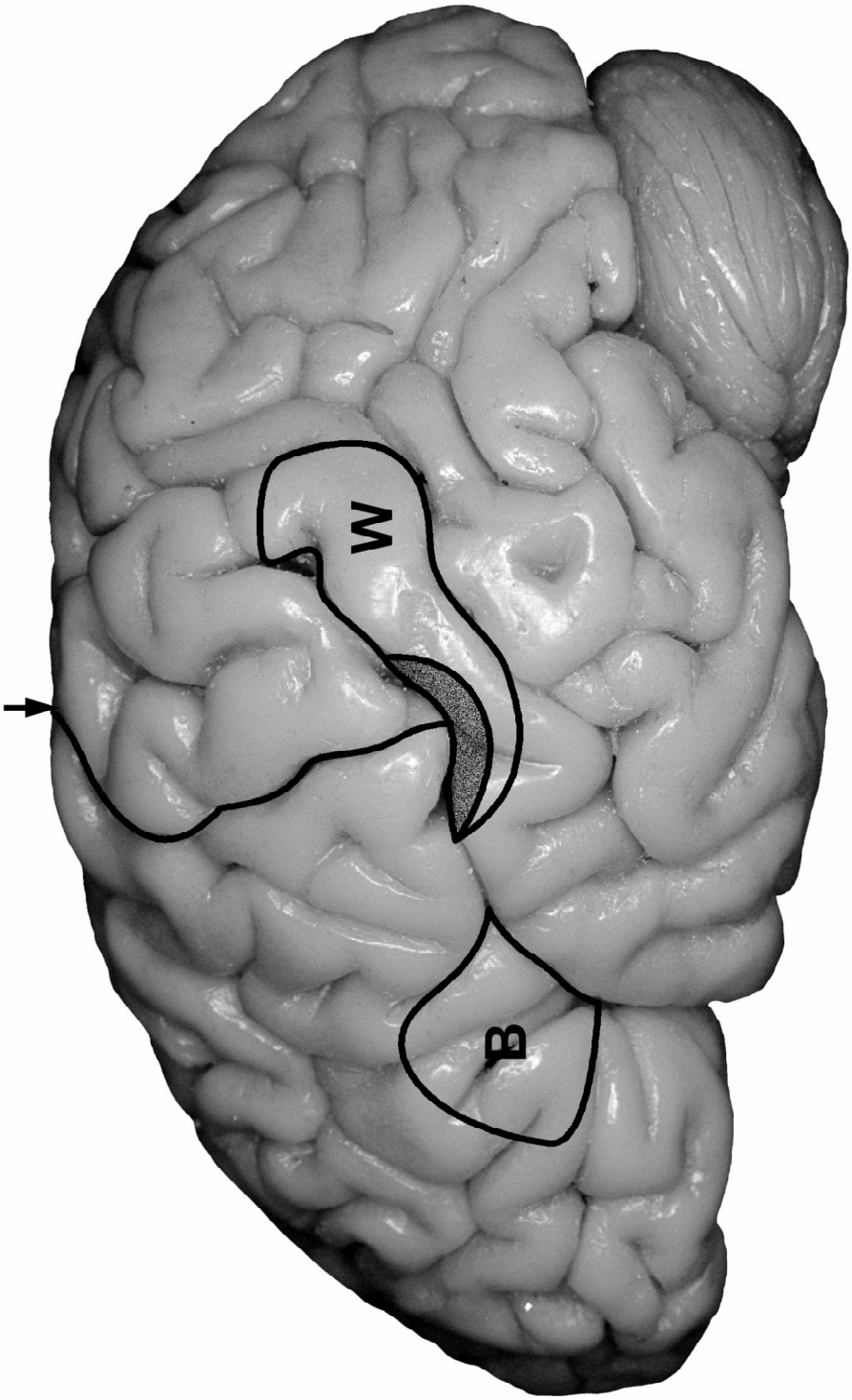
1 és 3: sulcus lateralis felső vége; 2: sulcus temporalis superior hátulsó-felső vége. Látható a sulcus intraparietalis, amely a lobulus parietalis superior és inferior között van. Az occipitalis lebenyen csupán a Brodmann areákat jelöltük (Br. 17,18,19).

képviselik. A gyrus postcentralis szomatotópiát mutat: a bőrfelszín testtájankénti reprezentációja világosan elkülönül a gyrus egész hosszában, primer motoros kéreghez hasonlóan. A testreprezentációt mindkét esetben **homunculusnak** nevezzük (a 17. században kialakuló ún. preformációs tan szerint a spermium fejében ott van az a kis emberke, aki majd megszületik a megtermékenyítést követően: ezt a kis emberkét "homunculusnak" nevezték).

## 11.1.3. Lobus temporalis

A halántéklebeny a superolateralis felszínen és az alsó felszínen tanulmányozható. Medialisan tartalmazza azokat az allocorticalis struktúrákat is (pl.: hippocampus), amelyek a limbikus rendszert alkotják. Felső határa a **sulcus lateralis**. Az occipitalis lebenytől az ún. **incisura preoccipitalis** választja el, amely a hemispherium alsó szélének képlete, egy bevágás a félteke szélén. A polus temporalis felett (a frontalis és temporalis lebeny között) a **fossa lateralis cerebri (SYLVIUS)** látszik; a sulcus lateralis ennek folytatásába esik. Az oldalsó felszínen a **gyrus temporalis superior**, **gyrus temporalis medius** és a **gyrus temporalis inferior** látható. Az utóbbi felszíne a lebeny facies inferiorjára is ráterjed. A temporalis és az occipitalis lebenyek határát nem jelzi határozott képlet. A sulcus lateralis mélyén (tehát a felszínen nem látható helyen), a gyrus temporalis felső felszínén a **gyri temporales transversi (HESCHL)** tárhatók fel, amelyek keskenyebbek a többinél. Hátul (még mindig a gyrus temporalis felső, rejtett felszínén) sima terület, a **planum temporale** figyelhető meg. A lebeny alsó felszínén medialis irányban haladva, a gyrus temporalis inferiort a **gyrus occipitotemporalis** (régebbi nevén: **gyrus fusiformis**) követi. A gyrus occipitotemporalist a **sulcus collateralis** választja el a **gyrus parahippocampalis-**tól – ez utóbbi mint allocortex már a limbikus rendszerhez tartozik. A gyrus parahippocampalis a temporalis lebeny medialis, még látható részét alkotja. Ettől medialisabban, de már rejtetten a hippocampust találjuk. A gyrus parahippocampalis elülső vége kampószerűen medialis irányba hajlik: ez az **uncus**.

A temporalis lebeny **Heschl-féle gyrusai** a **Brodmann 41, 42 areákat** képviselik. A **Brodmann 41 area a primer hallókéreg, a Brodmann 42 area a másodlagos hallókéreg. A környező terület, amely a gyrus temporalis superior, a Brodmann 22 area, az asszociációs hallókéreg.** Ennek hátulsó része (még Brodmann 22) a




A primer hallókéreg (pontozott) lokalizációja a gyrus temporalis superiorban (Br. 41, 42). Szorosan mögötte a Wernicke-féle szenzoros beszédközpont (W: Br. 22 és néha 39 és 40 alsó része) található. A Broca-féle motoros beszédközpont (Br. 44, 45) a frontalis lebenyben van (B). A két beszédközpontot a fasciculus longitudinalis superior (lásd később) alsó rostjai kötik össze. Nyíl: sulcus centralis.

**WERNICKE-féle beszédértő központ (szenzoros beszédközpont)**. A Broca- és a Wernicke-areákat asszociációs rostrendszerek kötik össze. A Wernicke-area sérülése **szenzoros aphasiát** okoz, amelyben a beteg saját beszédét sem értve, értelmetlenül beszél, nem érti meg sem a mondott, sem a leírt szöveget.

## 11.1.4. Lobus occipitalis

A nyakszirti lebeny oldalsó felszínén szabálytalan kisebb tekervények láthatók. Medialis felszínén mély barázda, a **sulcus calcarinus** halad a polus occipitalis felé. A sulcus calcarinus és a sulcus parietooccipitalis közötti terület háromszög alakú, neve: **cuneus** (= ék; latin). A sulcus calcarinus alatt a **gyrus lingualis** figyelhető meg. A **nyakszirti lebeny egésze a látókéreg**: a sulcus calcarinus alsó és felső ajka és polus occipitalisa a **Brodmann 17 area,** amely a **primer látókéreg**: a CGL rostrendszere (radiatio optica) itt végződik. A **Brodmann 18 és 19 areák** a lebeny többi részét alkotják: ezek az ún. **asszociációs látómezők**.

## 11.1.5. Insula (REIL)

A fossa lateralis cerebri mentén felemelhetjük a temporalis, parietalis és frontalis lebenyek idefekvő részeit: látni fogjuk, hogy a mélyben tekervények húzódnak, amelyek az **insula nevű agykéreg-lebenyt** alkotják. Az insula a hemispherium oldalsó felszínén nem látható, mert a fent említett lebenyek a magzati fejlődés során reánőttek, és beborították. A frontalis, parietalis és temporalis lebenyek azon részei, amelyek az insula fölött helyezkednek el, az **operculum** nevet viselik **(operculum frontale, operculum parietale, operculum temporale)**. Az insula részt vesz az ízlelés és szaglás neocorticalis folyamataiban, és szomatoszenzoros, valamint hallási asszociációs kéregként is funkcionál.

### 11.1.6. A neocortex lebenyek thalamotopiája

A thalamus magcsoportjainak leírásakor hangsúlyoztuk a neocorticalis összeköttetéseket, amelyek kétirányúak: **thalamocorticalis** és **corticothalamikus** rostrendszerekből állnak. A rostrendszerek a thalamus pedunculusaiban haladnak. Mindkét rostrendszer excitatorikus, glutamáterg axonokból áll. A frontalis lebeny motoros régiói (gyrus precentralis, valamint az előtte lévő ún. premotoros area, és az operculum frontale) a thalamus VA és VL magjaival áll összeköttetésben. A frontalis lebeny többi részei (polus frontalis, orbitofrontalis cortex) a thalamus medialis magcsoportjához kötődnek. A gyrus cinguli neocorticalis része pedig a thalamus elülső magcsoportjával áll összeköttetésben. A parietalis lebeny gyrus postcentralisa a VPL és VPM magokkal áll összeköttetésben. A parietalis lebeny többi részéhez a dorsalis magcsoportból jönnek axonok. Az occipitalis lebeny pólusa és a sulcus calcarinus felső és alsó ajka a CGL-ból kap thalamocorticalis innervációt (ez a **radiatio optica**). Az occipitalis lebeny többi része a pulvinarhoz kötődik. A temporalis lebenyben a gyrus temporalis superior felső széle és a Heschl-féle gyrusok a CGM felől kapnak thalamocorticalis axonokat (ez a **radiatio acustica**). A temporalis lebeny többi részét a dorsalis magok, és a pulvinar látja el thalamocorticalis rostokkal. A thalamus intralaminaris magrendszere több neocortex lebenyhez küld axonokat, és aktiváló hatásával feltehetően részt vesz az agykérgi elektromos tevékenység szabályozásában. A gyrus parahippocampalis, az entorhinalis és piriform cortex, valamint az area subcallosa nem rendelkeznek közvetlen thalamikus kapcsolatokkal.

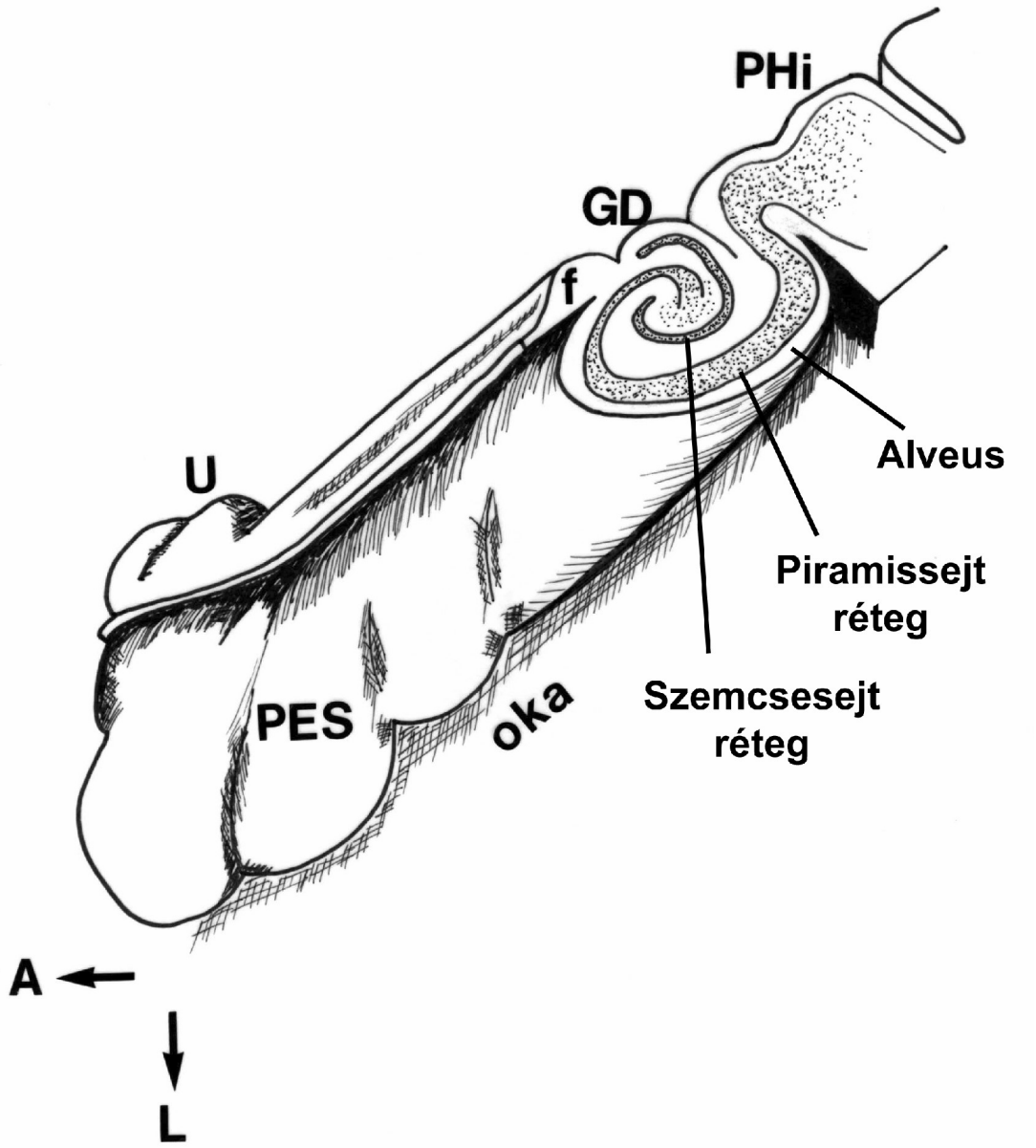
## 11.2. ALLOCORTEX

Filogenetikai szempontból ősi agykéregterületek egységes, összefoglaló elnevezése, amely Oskar **VOGT (1919)** terminológiája. Az allocortex struktúráinak közös vonása, hogy kivétel nélkül a hemispheriumok medialis felszínéhez közel, illetve azon helyezkednek el. Az emlős agyvelő törzsfejlődése következtében a neocortex volumene látványosan megnő, és az allocortex egyre rejtettebb pozícióba kerül. Az allocortex funkcionális-pathologiai jelentősége azonban nem csökken: a tanulásban, a

memóriában és a viselkedésben betöltött szerepe emberben is igen jelentős. Egyes tagjai szinaptikus kapcsolatban állnak egymással, és kialakítják a magasabb agyi funkciók kivitelezésében kulcsszerepet játszó **limbikus rendszert**. A szaglással kapcsolatos információk szintén az allocortexben végződnek: a **rhinencephalon** az előagy szaglással foglalkozó része. Az allocortex szöveti szerkezete eltér a neocortexétől: azonban az allocortexen belül is heterogén szöveti struktúrákat látunk. Közös vonás, hogy az allocortex is réteges szerkezetű, és a bulbus olfactorius kivételével, pyramissejteket tartalmaz.

## 11.2.1. Hippocampus, gyrus dentatus, gyrus parahippocampalis

A **gyrus parahippocampalis** a temporalis lebeny legmedialisabban fekvő tekervénye. A tekervény szerkezete fokozatosan megváltozik, és az oldalkamra alsó szarvába türemkedve létrehozza a hippocampust és a gyrus dentatust. Ily módon a **hippocampus (Ammonszarv; cornu Ammonis)** és a **gyrus dentatus** a temporalis lebeny legmedialisabb, már rejtetten elhelyezkedő struktúrái. A hippocampus-gyrus dentatus komplexet és a gyrus parahippocampalist a **sulcus hippocampalis** választja el. A **hippocampus** az oldalkamra **(ventriculus lateralis)** alsó szarvának **(cornu temporale)** üregébe domborodik. Elöl vaskosabb **(pes hippocampi)**, és elülső vége beleolvad az uncusba. A kamrai alsó szarv ún. **fissura choroideáját** lezáró vékony szövetlemez (tulajdonképpen ez a *tela choroidea*, amelyen át a plexus choroideus a kamrába türemkedik) a hippocampus fimbriáján rögzül. A **fimbria hippocampi** a fehérállományból összeszedődő axonokból áll. A fimbria a pes hippocampinál kezdődik, a hippocampus egész hosszában megtalálható, hátrafelé egyre vastagodik és kialakítja a **fornix** nevű vastag rostköteget. A gyrus parahippocampalis, a hippocampus (Ammonszarv) és a gyrus dentatus igen fontos, reciprok kapcsolatokkal rendelkeznek. A hippocampus kiterjedt corticalis és subcorticalis kapcsolatokkal rendelkezik. A hippocampusból induló rostrendszer a hippocampus piramissejtjeinek axonjaiból áll. A piramissejtek glutaminsavval működnek, tehát a hippocampalis efferensek excitatorikusak. Az axonok részint a **fornixban**, részint a hippocampus saját fehérállományában, az **alveusban** haladnak. Az alveusban haladó




A hippocampus oldalkamrába (oka) domborodó felszínének vázlatos rajza. Az oldalkamrát medialis irányban lezáró tela choroidea a fimbrián (f) rögzül. PES: pes hippocampi; PHi: gyrus parahippocampalis; U: uncus; GD: gyrus dentatus. A hippocampus keresztmetszetén láthatók a sejtrétegek.

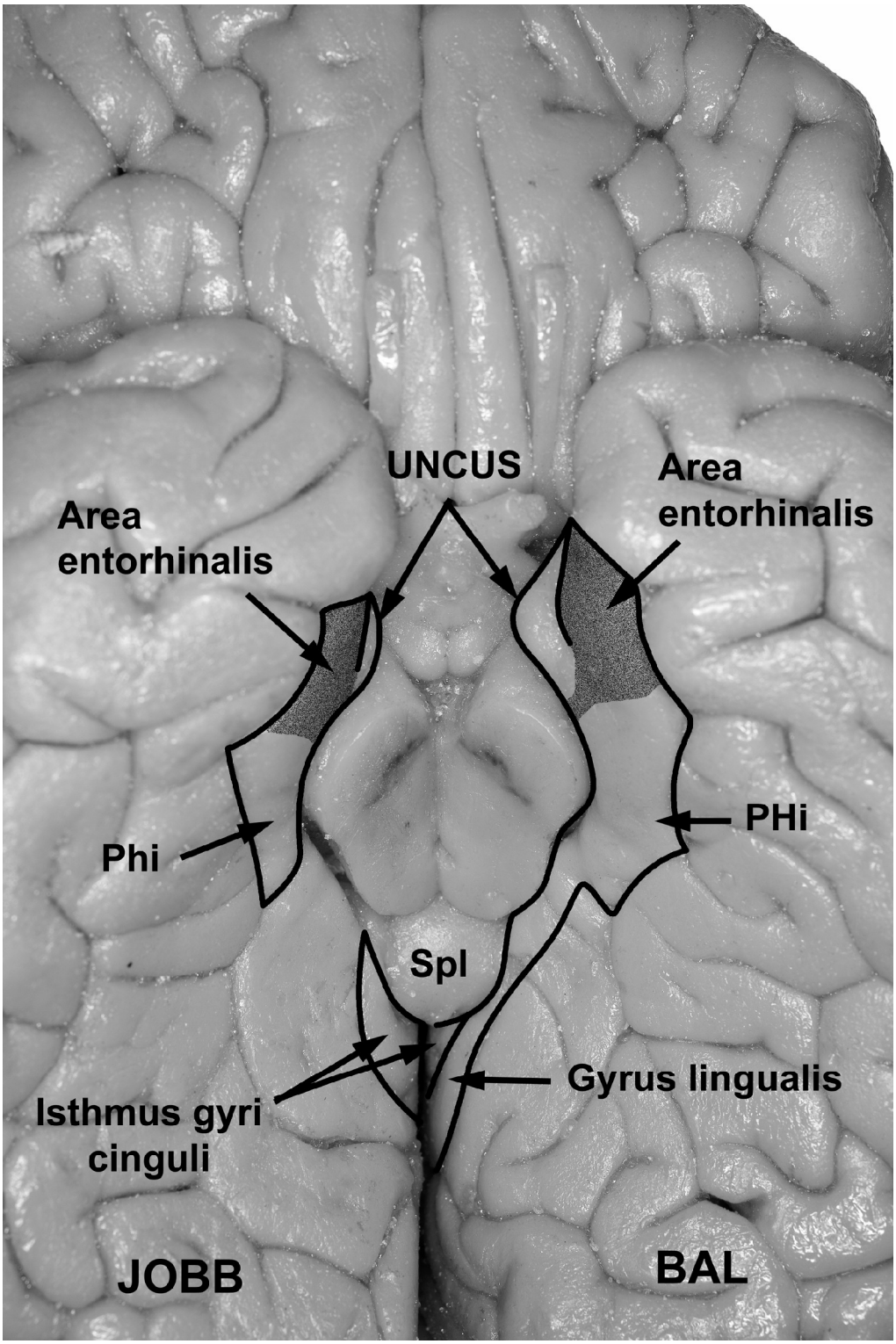
A: anterior irány; L: lateralis irány.

axonrendszerek az entorhinalis cortex, a gyrus parahippocampalis felé tartanak és ott végződnek, vagy továbbhaladnak más agykérgi területek felé. A gyrus parahippocampalis/entorhinalis cortex tehát igen fontos átkapcsoló állomások, amelyek a hippocampus agykérgi (neocorticalis és allocorticalis) konnektivitását biztosítják. A rostrendszerekben (a fornixban is) efferens és afferens axonok egyaránt vannak. A hippocampus főbb kapcsolatai tehát a következők:

- **Septum pellucidum: közvetlen kapcsolat, mert a fornixban haladó hippocampalis axonok egy része a septumban végződik. A septumból septohippocampalis rostok mennek vissza a hippocampusba és a gyrus dentatusba.**
- **Corpus mammillare (nuclei mammillares): közvetlen kapcsolat, mert a fornix axonjai a regio mammillaris neuronjain végződnek. A regio mammillarisból afferensek mennek vissza a hippocampusba.**
- **Amygdala: afferensek a hippocampusba és az entorhinalis cortexbe.**
- **Ventralis striatum: a nucleus accumbens révén hippocampalis efferensek érkeznek a striatumba, befolyásolva annak működését.**
- **Entorhinalis cortex: jelentős, direkt cortico-corticalis rostrendszer, amely az egész entorhinalis cortexet informálja a hippocampus működéséről. Az entorhinalis cortex axonjai a tractus perforans révén innerválják a hippocampust és gyrus dentatust.**
- **Temporalis, occipitalis, frontalis (orbitofrontalis) neocortex: ezek a neocorticalis területek nagyrészt az entorhinalis cortex közvetítésével befolyásolják a hippocampus működését.**
- **Gyrus cinguli: minthogy a Papez-gyűrű tagja, értelemszerűen kapcsolódik a hippocampushoz.**
- **Cortex piriformis: az elsődleges szaglókéreg nagyrészt az entorhinalis cortex közvetítésével kapcsolódik a hippocampushoz.**

## 11.2.2. Area entorhinalis, area piriformis

A gyrus parahippocampalis elülső, kissé szélesebb részét **entorhinalis cortexnek** nevezzük, azért, mert régebben a szaglókéreg részének tekintették. Az entorhinalis cortex egy része valóban kap afferenseket a bulbus olfactoriusból. Többi része




A gyrus parahippocampalis (PHi) jobban látható, ha az agytörzset eltávolítjuk. Itt a mesencephalon metszett felszínét láthatjuk, a fossa interpeduncularisszal. A gyrus parahippocampalis elölső része az area entorhinalis. Spl: splenium corporis callosi. Figyeljük meg a két hemispherium gyrusai közötti jelentős különbségeket (aszimmetria).

azonban **kiterjedt neocorticalis kapcsolatokkal** rendelkezik, valamint igen hatékony, excitatorikus rostrendszert küld a hippocampusba: ez a pálya a **tractus perforans**, amely a gyrus dentatusban és a hippocampusban végződik. A gyrus parahippocampalis elülső vége medialis irányban az uncus felé hajlik: ez a kéregrész az ún. **area piriformis**, a tulajdonképpeni **elsődleges szaglókéreg**. Az entorhinalis cortex igen fontos, mert integrálja a poliszenzoros neocorticalis információkat, és összeköti a hippocampust és gyrus dentatust a neocortex (és az allocortex) igen sok területével.

## 11.2.3. Bulbus olfactorius és szaglókéreg

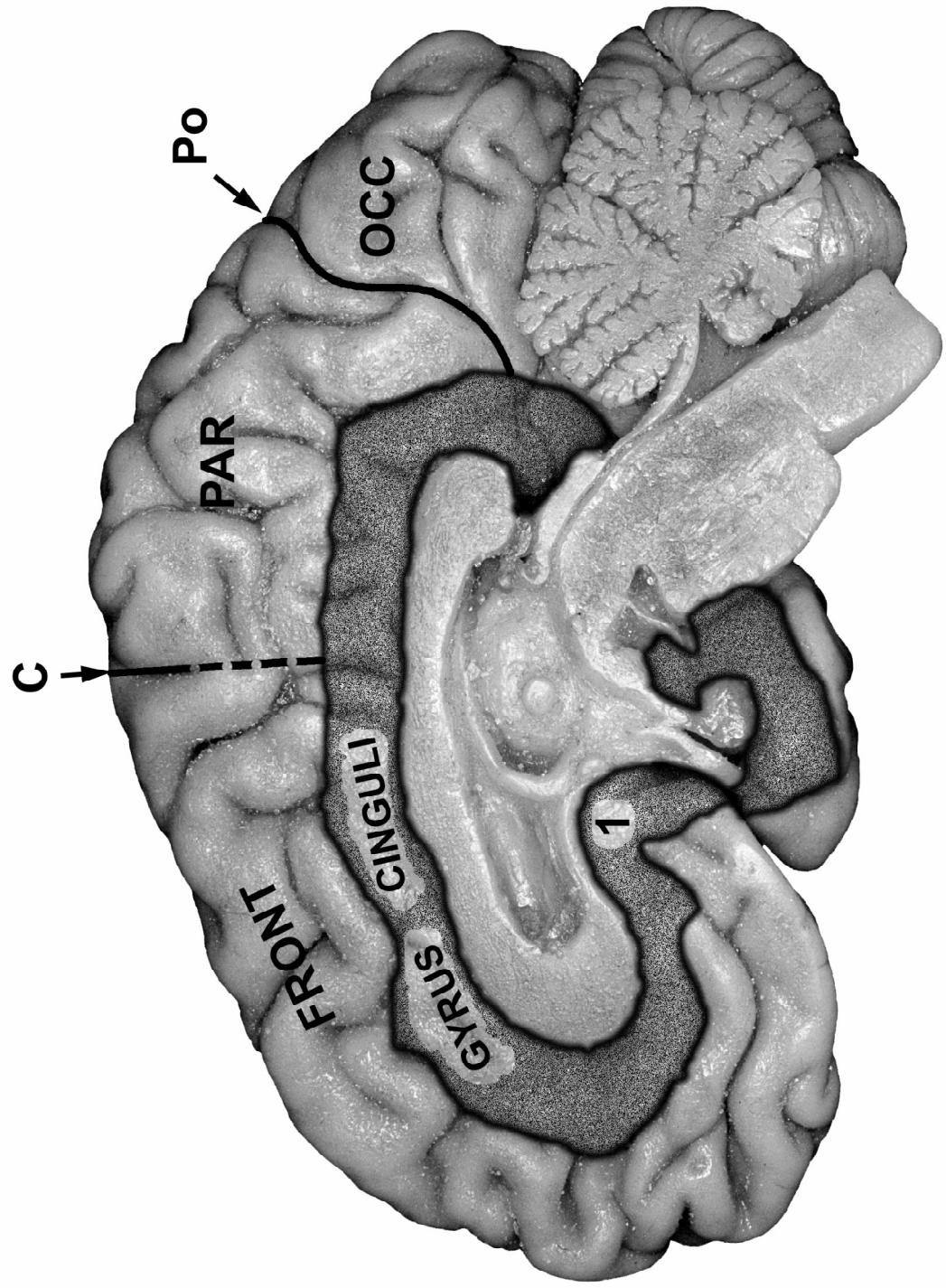
A szaglógumó, vagy **bulbus olfactorius** a szaglórendszer első központi idegrendszeri állomása. Jó szaglású állatokban igen nagy struktúra, amely önálló kamrával (ventriculus olfactorius) is rendelkezik. Emberben **réteges szerkezetű allocortex** alkotja, amely a **tractus olfactoriusban** folytatódik, amely a bulbusból a szaglókéreg felé haladó axonokat, valamint a bulbusba haladó axonokat tartalmaz. A bulbus olfactorius az elülső koponyárokban (scala anterior), a lamina cribrosa felett található. A **lamina cribrosa** nyílásain lépnek át az orrüreg regio olfactoriájának vékony axonkötegei **(fila olfactoria: az első agyideg – nervus olfactorius – rostjai)**, amelyek azután a dura matert is átfúrva, és a subarachnoidalis térségen áthaladva a bulbusban képeznek szinapszisokat. A lamina cribrosa, a felette lévő dura mater és leptomeninx igen vékony rétegek, amelyek az orrüreg traumái folytán sérülhetnek: ilyenkor megnyílik a subarachnoidealis tér, és a sérült orrüregből véres liquor ürül.
A tractus olfactorius a **trigonum olfactorium** tájékán medialis és lateralis kötegekre válik szét: **striae olfactoriae laterales et mediales**. A **lateralis stria** az elsődleges szaglókéreg és az amygdala felé halad, a **medialis stria** az area subcallosa irányába tart. Az elsődleges szaglókéreg az **area piriformis**, amelyből az entorhinalis cortex kap másodlagos szaglórostokat. Az **area subcallosa** szerepe a szaglás folyamatában kevéssé ismert. Szaglási információkat kap még az **amygdala**, az **insula** és a frontalis lebeny orbitalis (basalis) felszíne (az ún. **orbitofrontalis cortex**).

## 11.2.4. Septum pellucidum

Az agyféltekék medialis felszínén látható lemezt a **corpus callosum** és a **fornix** határolják. A septum ezen része vékony és nem tartalmaz neuronokat; ha átszakítjuk, az oldalkamra frontalis részébe jutunk. A két félteke septumai között vékony rés, a **cavum septi pellucidi** található (természetesen, ha a féltekéket szétválasztjuk a cavum értelmét veszti). A septum ventralisan folytatódik: itt az **area subcallosa** apró gyrusai borítják a kissé mélyebben fekvő magokból **(nuclei septales)** álló struktúrát. A **commissura anterior** tulajdonképpen a septalis régiót átfúrva köti össze a féltekéket. A commissura anterior alatt a **nucleus accumbens** található, amely már a ventralis striatum része. **A septum afferenseket kap a szaglórendszerből (stria olfactoria medialis), a hippocampusból (fornix) és a hypothalamusból (főleg a preopticus régióból és a nucleus paraventricularisból). Efferensei főleg a hypothalamusba (a medialis előagyi köteg révén), az epithalamusba (a stria medullaris thalami révén), a hippocampusba (septohippocampalis projectio), és a gyrus cinguliba vezetnek.** Projekciós neuronjainak nagy része acetilkolinerg neuron, emellett azonban jelentős GABAerg neuronpopulációi is vannak.

## 11.2.5. Gyrus cinguli

A **gyrus cinguli (övtekervény)** a corpus callosum felett található vaskos képződmény. Elöl a rostrum corporis callosi alatt kezdődik, az area subcallosaból indul, mint elkülöníthető vastag tekervény. A corpus callosum felé a **sulcus corporis callosi**, felfelé a **sulcus cinguli** határolják. Az övtekervény a frontalis lebenyhez és a parietalis lebenyhez egyaránt hozzátartozik. Mikroszkóposan nem egységes szerkezetű: a corpus callosum truncusa feletti szakasza a **neocortex** része: ez kiterjedt thalamikus kapcsolatokkal **(nuclei anteriores thalami)** rendelkezik. Az area subcallosához közeli része, valamint hátulsó részei (a splenium corporis callosi fölött és mögötte lévő részek) már allocorticalis struktúrák. A splenium alatti része keskenyebb **(isthmus gyri cinguli)**. A gyrus ezen része már a temporalis lebeny medialis részébe kanyarodik, és folytatódik a gyrus parahippocampalisban. A gyrus cinguli alatt egységes **fehérállomány-tractus** található: ez a **cingulum**, amely a




A gyrus cinguli elhelyezkedése és morfológiai összefüggése a medialis temporalis allocortex struktúráival (gyrus parahippocampalis). Valóban egy "gyűrűhöz" hasonló képződményt látunk. 1: area subcallosa; C: sulcus centralis és a lebenyek közti határ (szaggatott vonal); Po: sulcus parietooccipitalis.

limbikus rendszer fontos összeköttetése. A gyrus cinguli **kiterjedt neocorticalis kapcsolatokkal rendelkezik**: tulajdonképpen minden neocortex-lebeny (az insulát is beleértve) rendelkezik cingularis kapcsolatokkal. A subcorticalis struktúrák közül fontos rostrendszerek kötik a **thalamushoz (elülső magcsoport), a hypothalamushoz, septumhoz, amygdalához és a striatumhoz**. Ezért a gyrus cinguli igen fontos kapocs az allocortex és a neocortex között.

## 11.2.6. Area subcallosa

A rostrum és lamina rostralis alatt, a lamina terminalis előtt található szürkeállomány, amely apró tekervényekből áll. **Broca area parolfactoriának** nevezte. Mélyén a septum magrendszere található. Ventralisan a trigonum olfactorium és a stria olfactoria medialis kapcsolódnak hozzá. Jelentősége kevéssé ismert: feltételezhető, hogy részt vesz a szaglási információk feldolgozásában is.

**Amint azt a fejezet elején említettük, az allocortex két nagy neuronrendszert hoz létre: a szaglórendszert (rhinencephalon) és a limbikus rendszert (lobus limbicus, BROCA).**

## 11.2.7. Rhinencephalon (szaglóagy)

A **bulbus olfactorius**, **tractus olfactorius**, **striae olfactoriae** és a **szaglókéreg** alkotják. Az **első agyideg (nervus olfactorius)** filumai az orrüreg regio olfactoriájában lévő szaglósejtek (tulajdonképpen **primer afferensek**nek tekinthetők) axonjai, és a rostacsont lamina cribrosáján keresztül érik el a bulbust. A nervus olfactorius axonjai a bulbusban **glomerularis szinapszisok** formájában végződnek. A szinaptikus glomerulusokban a primer afferens érzőrostok a bulbus principális neuronjainak, a mitralis sejteknek adják át az ingerületet. Emellett azonban a glomerulusban a bulbus interneuronjai is szinapszisokat képeznek, hozzájárulva a szaglóingerek feldolgozásához. A bulbus (az agykéreg más területeihez hasonlóan) réteges felépítésű: hat rétege van, a fehérállomány a bulbus mélyén található – innen

indul a tractus olfactorius. A principális-projekciós neuron a **mitralis sejt**, egy glutamáterg neuron. A mitralis sejtek önálló réteget képeznek, axonjaik a tractusban haladnak a szaglókéreg felé. A bulbusban a szaglókéregből és a basalis előagyi magokból érkező afferensek is végződnek, tovább módosítva a glomerulusok működését. A bulbus hátsó részében apró **nucleus olfactorius anterior** található, amelyben a mitralis sejt axonkollateralisok végződnek.

A **tractus olfactorius** axonjai a **primer szaglókéregben (area piriformis)**, az **insulában**, és az **amygdalában** végződnek. A primer szaglókéregből **másodlagos projekciók** haladnak a **thalamus medialis magcsoportjához**, az **entorhinalis cortexhez**, és a **lateralis hypothalamushoz**. A medialis thalamus révén a szaglókéreg a frontalis neocortex **orbitofrontalis régiójához** is kapcsolódik. A szaglással kapcsolatos agykérgi területek commissurája a **commissura anterior**. A commissura anteriort azonban a stria olfactoria medialisban haladó axonok is használják, abban átkereszteződnek és az ellenoldali bulbusba visszamennek.

Bár a szaglás jelentősége emberben nem túl nagy, a klinikus neurológus rendszeresen vizsgálja a beteg szaglását. A szaglás rendellenességei előfordulhatnak az elülső koponyaárok (scala anterior) sérüléseiben, a szaglórendszerhez közeli tumorok esetén: **anosmia** esetén a beteg nem érzi a szagokat. Az allocortexet érintő betegségekben (főleg epilepsziában) nem ritkák a szaglási hallucinációk.

## 11. 2. 8. Limbikus rendszer (lobus limbicus)

A limbikus rendszer koncepciója Paul Broca francia ideggyógyásztól (19. század) származik. **A limbikus rendszer struktúrái a féltekék belső széle mentén (limbus = szél, szegély, perem)** helyezkednek el. Alacsonyabbrendű emlősállatokban a limbikus rendszerhez tartozó ősi agykéreg (allocortex) a nagyagyféltekék egész mediális felszínét elfoglalja – és az agykéreg egészéhez viszonyítva igen nagy területet képvisel. A rovarevő emlősök (pl.: sündisznó) agyában az agykéreg 75 %-a a limbikus kéreghez tartozik. Az emberi agyban a limbikus kéreg jobbára rejtetten helyezkedik el, és az egész agykéreg felszínének csupán 4 % -át foglalja el. Az emberi limbikus rendszer ma is használatos funkcionális koncepcióját **James Papez** amerikai tudós dolgozta ki a 20. század harmincas éveiben. A Papez-féle koncepció szerint **a**

**hippocampus, a hypothalamus és a thalamus egyes részei, az agykéreg medialis felszínén lévő gyrus cinguli, valamint az őket összekötő fehérállomány kötegek sorbakapcsolt neuronrendszert képeznek, amelyet a hozzákapcsolódó corticalis és subcorticalis bemenetek tartanak működésben.**

**Neuroanatómiai szempontból a szűk értelemben vett limbikus rendszert a következő struktúrák alkotják:**

- **Hippocampus és gyrus dentatus.**
- **Fornix.**
- **Corpus mammillare.**
- **Fasciculus mammillothalamicus (Vicq d'Azyr köteg).**
- **Nuclei anteriores thalami.**
- **Gyrus cinguli és a cingulum.**
- **Gyrus parahippocampalis – cortex entorhinalis.**

**Ezek a struktúrák képezik a sorbakapcsolt neuronrendszert, amelyet PAPEZ-gyűrűnek nevezünk. A neuronlánc a hippocampusból indul, a fornix révén a corpus mammillareban átkapcsolódik, onnan a fasciculus mammillothalamicus által a thalamusba jut. A thalamusból a thalamocorticalis rostok a gyrus cinguliba mennek tovább, onnan pedig a cingulum rostrendszere az entorhinalis cortexbe vetül. Az entorhinalis cortex a tractus perforans révén visszajuttatja a hippocampusba az ingerületet.** A Papez-gyűrű tehát zárt neuronláncként is felfogható, azonban a Papez-gyűrű egyes tagjai kapcsolataik révén más subcorticalis és neocorticalis struktúrákat is bevonnak a limbikus rendszer komplex működésébe.

**A Papez-gyűrű egyes tagjaihoz kapcsolódó subcorticalis, allocorticalis és neocorticalis rendszerek:**

- **Amygdala: az entorhinalis cortexhez küld rostokat, az entorhinalis cortex pedig, mint tudjuk a hippocampusba vetül.**
- **Septum pellucidum: a septohippocampalis rostrendszer a hippocampus ritmusos elektromos tevékenységét szabályozza.**
- **Hypothalamus: a regio mammillaris (corpus mammillare) révén hypothalamikus információk kerülnek a limbikus rendszerbe.**
- **Rhinencephalon: az elsődleges szaglókéreg az entorhinalis cortexbe vetül és így befolyásolja a hippocampus működését.**

- **A neocortex azon területei, amelyek a hippocampushoz kapcsolódnak az entorhinalis kéreg vagy a gyrus cinguli közvetítésével (temporalis lebeny: gyrus temporalis superior, polus temporalis; occipitalis látókéreg; frontalis lebeny: orbitofrontalis cortex; insula; temporalis, parietalis asszociációs területek).**

A zárt gyűrűbe így erősen feldolgozott érzékszervi információk, visceroszenzoros információk, belső homeostasissal kapcsolatos hypothalamikus információk és neocorticalis memória-információk is kerülnek. A zárt gyűrű kifelé is szállít információt, amely elhagyja a limbikus rendszert, és főleg a neocortex, a striatum és a hypothalamus működését szabályozza, befolyásolja. **A zárt neuronlánc sajátossága, hogy bizonyos ingerek a gyűrűben "keringenek" és felerősödnek, vagyis kiemelkednek a többi közül – ez a pozitív szelekció az információt memóriává alakítja.** A limbikus rendszer így a tanulás és a memória folyamatok fontos központja. A limbikus rendszer sérülései jellegzetes tüneteket okoznak: a tanulási képesség elvész, és rövidtávú **memóriazavar (amnesia)** alakul ki. Az ilyen betegek gyermekkori emlékeiket hibátlanul felidézik, a 10 perccel előbb olvasott újságra azonban egyáltalán nem emlékeznek.

A limbikus rendszer funkciója még, hogy a szenzoros információt érzelmi töltéssel színezze – így lesz valami kellemes, vagy kellemetlen; elégedettséget vagy elégedetlenséget kiváltó; bűntudatot vagy büszkeséget ébresztő. Mindez nemcsak a viselkedést befolyásolja, hanem a tanulást is: motivációt vagy éppen az ellenkezőjét váltja ki. Ezekben a folyamatokban a striatum ventralis részei (pl.: a nucleus accumbens) is szerepet játszanak – az itt felszabaduló dopamin mint transzmitter a "kellemes" irányban modulál.

A hippocampus további funkciója, hogy emlékezzen a kellemes, megerősített viselkedési mintákra (amelyek komplex motoros szekvenciák), valamint, hogy elkülönítse a kellemetlen, averzív, negatív eredménnyel járó motoros szekvenciákat – vagyis memorizálja az érzelmi töltéssel felruházott viselkedési mintákat. Hasonlóképpen, a hippocampus a térbeli mozgás szakaszait is kódolni képes, ezeket a tér jellegzetességeivel összehasonlítja, és tulajdonképpen "feltérképezi" a körülöttünk lévő világot – ennek alapján pedig motoros viselkedésünket irányítani tudja.

A hippocampus, illetve a limbikus rendszer sajátos betegsége az epilepszia: a hippocampus – Papez-gyűrű viszonylag egyszerű szerkezetük révén képesek arra, hogy az ingereket felerősítsék és intenzív, kontrollálhatatlan motoros vagy szenzoros

tüneteket produkáljanak; ez tulajdonképpen az epilepsziás roham. A betegségben a hippocampus és az entorhinalis cortex folyamatosan és megállíthatatlanul pusztulnak: feltehetően ez a lassú degeneráció-destrukció okozza az epilepsziások hosszú távú személyiségváltozásait.

### 11.2.9. Az allocortex és a limbikus rendszer betegségei

1. **Anosmia:** a frontalis lebeny alsó felszínének tumorai, meningeomák a tractus olfactorius körül.
2. **Szaglási hallucinációk:** uncus (cortex piriformis) környéki léziók okozzák (epilepsia tünet is lehet).
3. **KLÜVER-BUCY szindróma (csak kísérleti állatokban – majmokban – fordul elő):** mesterséges kétoldali temporalis lebeny lézió, amely az amygdala állományát is érinti – hypersexualitas, visualis agnosia, személyiség változások (passzivitás vagy agresszivitás). Emberi megfelelője a **SCOVILLE-MILNER szindróma**, amely olyan betegeken fordul elő, akiknél sebészeti úton mindkét oldali hippocampust eltávolították (többnyire gyógyíthatatlan epilepszia miatt). A Scoville-Milner szindróma fő jellemzője az emlékező- és tanulási képességek elvesztése.
4. **KORSAKOFF szindróma:** corpus mammillare, fasciculus mamillothalamicus és thalamus lézió okozhatja – a rövidtávú memória zavara.
5. **Szorongás (anxietas):** az amygdala működési rendellenessége (a pánikbetegség is ide tartozik).

## 11.3. AZ AGYKÉREG SZÖVETTANA

A neocortex és az allocortex igen bonyolult mikroszerkezettel rendelkeznek; itt csupán rövid összefoglalót tudunk adni, amelynek célja az, hogy érthetővé váljon a különféle agykérgi projekciók szerveződése. Nem célunk az sem, hogy különféle többé-kevésbé megalapozott elméleteket taglaljunk az agykéreg szerkezetével kapcsolatban – ezek az elméletek a gyakorló orvos-neurológus számára

hasznavehetetlenek. Az elméletek megítélése a nemzetközi szakirodalomban is változó: egyes kiemelkedő kutatók teljesen elvetik ezeket. Egyetlen tény van, amit a neocortexnél meg kell említeni: ez a columnaris organizáció, amelynek felfedezése **VERNON MOUNTCASTLE (1968)** kanadai kutató nevéhez fűződik

## 11.3.1. A neocortex szövettana

A neocortex réteges felépítésű: a neocortex (isocortex) minden lebenyben megtartja hat rétegét, noha a rétegek vastagsága, sejtes összetétele jelentős változatosságot mutat. A cytoarchitektonikai térképek ezt a változatosságot tükrözik. A neocortex rétegeit római számokkal jelöljük:

**I. Lamina marginalis;**

**II. Lamina granularis externa;**

**III. Lamina pyramidalis externa;**

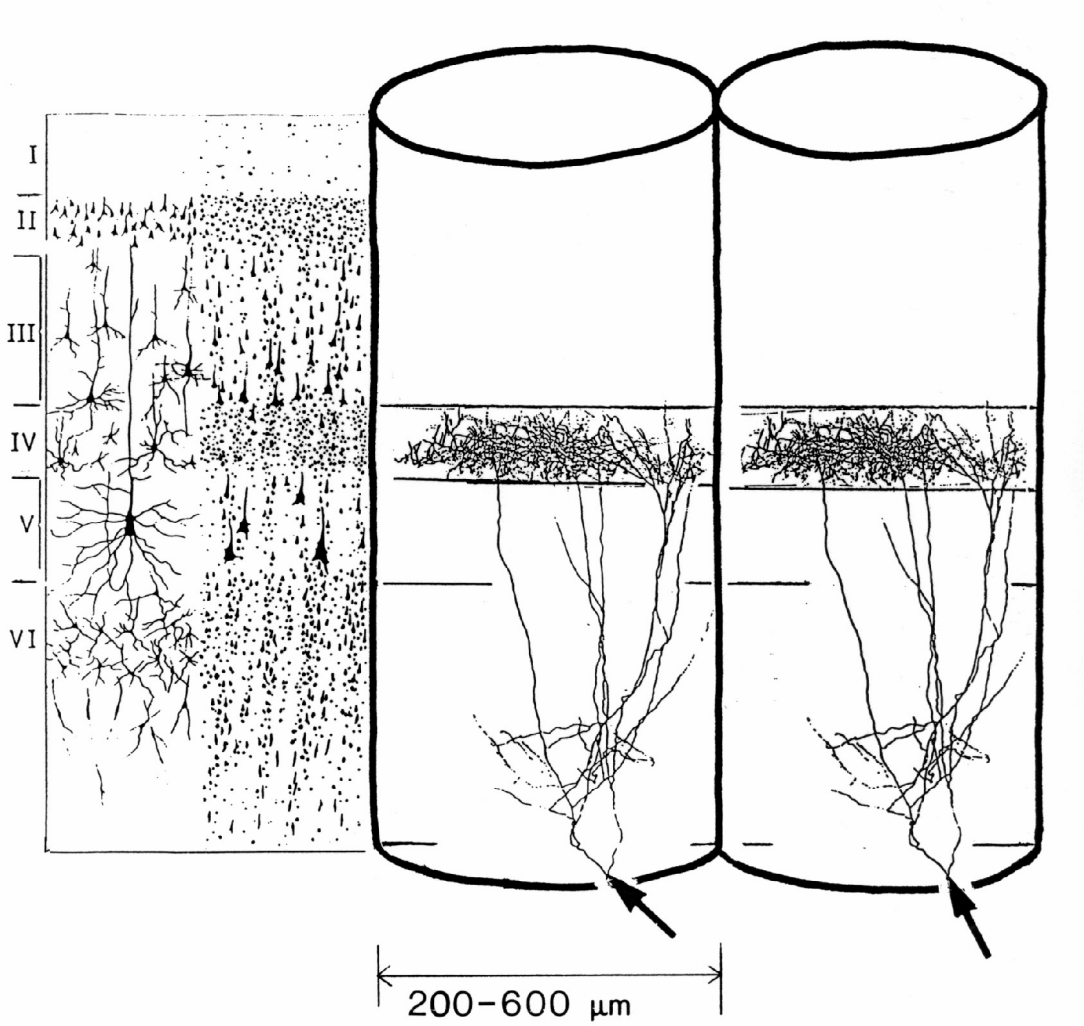
**IV. Lamina granularis interna;**

**V. Lamina pyramidalis interna;**

**VI. Lamina multiformis.**

A neocortex **principalis-projekciós neuronja a pyramissejt**, amely glutamáterg excitatorikus neuron. A pyramissejtek a kéreg felszínére merőlegesen haladó ún. **apicalis dendrittel** rendelkeznek, amely az I. rétegben végződik. A sejttest alsó részén másik dendritcsoport, az ún. **basalis dendritek** ágaznak el. A dendriteket mindenütt dendrittüskék borítják. **Az axon elhagyja az agykérget (ezért hívjuk a sejtet projekciós neuronnak), azonban lokálisan is számos axon-kollaterálist ad, amelyek a környező neuronokkal excitatorikus szinapszisokat létesítenek.** A pyramissejtek – bár alakjuk és dendritfájuk hasonló – méretbeli különbségeket mutatnak: 20 μm-től 110 μm-ig változó sejttest-átmérővel. A legnagyobbak a gyrus precentralis **BETZ-féle óriás pyramissejtjei**: ezekből egy-egy féltekében mindössze 40.000 – 100.000 darab található, csakis az V. rétegben, amelyet itt **lamina gigantocellularisnak** is nevezünk. Pyramissejtek az első réteg (lamina marginalis) kivételével minden rétegben előfordulnak, azonban a két pyramidalis réteg (III. és V.) különösen nagy számban tartalmazza őket. A neocortex interneuronjai számosak – csak néhány típust ragadunk ki szemléltetés céljából:

Jellegzetes neocortex sejttípusok (Cajal után rajzolt). A: astrocyta; B: Cajal-Retzius neuron; C: piramissejtek; D: Martinotti-sejt; E: csillagsejt; F: fusiform-sejt.




A neocorticalis columna morfológiai értelmezése a thalamocorticalis afferens terminális arborizációja alapján. Az ábra bal oldalán a neocortex rétegei és sejtjei láthatók, a jobb oldalon két thalamocorticalis axon: az axonok a IV. rétegben ágazódnak el, szinapszisokat képezve. Az excitatorikus végződések henger alakú tereket alkotnak, amelyek átmérője 200-600 μm. A thalamocorticalis axon rajza: Freund és mtsai, J. Comp. Neurol. 289 (1989) után rajzolva.

- **Kosársejtek:** GABAerg gátló neuronok, amelyek a pyramissejtek szómáin gátolnak (axo-somaticus szinapszisok).
- **Csillagsejtek:** vannak gátló (GABA) és ingerlő csillagsejtek, amelyek a kerekded szómából minden irányban kiágazó dendritjeik miatt kapták nevüket.
- **MARTINOTTI sejtek:** dendritjeik a sejt alsó és felső pólusaiból erednek (bipoláris módon), axonjuk az első rétegben ágazódik el.
- **CAJAL-RETZIUS sejtek:** a lamina marginalisban igen kevés neuron található, ezek a Cajal-Retzius-féle neuronok, amelyek orsó alakúak, dendritjeik és axonjuk az első rétegben ágazódnak el.
- **Kandeláber (axo-axonikus) sejtek:** a neuron axonjai a pyramissejtek axon iniciális szegmentumán (AIS) képeznek axo-axonikus szinapszisokat. Ez a gátlás 100%-ban hatékony, mert egyébként az akciós potenciál az AIS membránjában keletkezik, és ezt a folyamatot az axo-axonikus sejt a hiperpolarizáció révén leállítja. Egy axo-axonikus sejt 15-20 pyramissejtet gátol.

A neocortexben myelines axonkötegek is haladnak: a fehérállományból lépnek a cortexbe, majd elágazódva elveszítik myelinhüvelyüket. Két másik feltűnő myelines axonrendszer a IV. rétegben határán és a IV. és V. réteg között halad, a felszínnel párhuzamosan: ezek az ún. **BAILLARGER-féle** kötegek, amelyek intracorticalis axonok, horizontalisan összekötik a szomszédos területeket. Az elsődleges látókéregben a külső köteg különösen vastag: ezt **GENNARI-féle** csíknak nevezzük.

**A neocortex afferensei (bejövő axonrendszerei) eredetük szerint, valamint intracorticalis elágazódásukat illetően is számosak:**

- **Thalamocorticalis afferensek: a thalamus projekciós neuronjainak axonjai a IV. rétegben ágazódnak el. Glutaminsavval működő excitatorikus axonok.**
- **Asszociációs cortico-corticalis afferensek: távolabbi agykéreg területek felől érkeznek, és elszórtan, minden rétegben képeznek szinapszisokat. Ezek is glutamáterg axonok.**

- **Commissuralis cortico-corticalis afferensek: az ellenoldali hemispheriumból érkező pyramissejt axonok, amelyek minden rétegben elágazódnak, excitatorikusak.**
- **Noradrenerg afferensek: a locus ceruleusból érkező diffúzan, minden rétegben elágazódó axonok.**
- **Szerotoninerg afferensek: a középagyi raphe magjaiból érkező axonrendszer. Az axonok egy része valódi szinapszisokat képez a corticalis neuronokkal. Más axonok nem képeznek valódi szinapszisokat, transzmitterüket az extracellularis térbe ürítik. A neuronális aktivitást gátolják, illetve modulátoros hatást fejtenek ki.**
- **Dopaminerg afferensek: a középagy tegmentumának ventralis részében sok dopaminerg neuron található – ezek a substantia nigrától caudalisan és a substantia nigra környezetében vannak. Ezek az axonok felfelé haladva elérik az agykérget és mérsékelten sűrű axonplexust képeznek. Leginkább a frontalis lebeny részesül a dopaminerg innervációból; a többi lebenyekben főleg az V. és VI. rétegek tartalmaznak dopaminerg axonokat.**
- **Acetilkolinerg afferensek: a basalis előagy (főként a MEYNERT-mag) neuronjaiból erednek. Kiterjedt axonrendszert képeznek a neocortex minden rétegében. Az acetilkolin főleg muscarinos receptorokon hatva excitatorikus és moduláló (aktivitást módosító) hatású.**

A neocortex **columnaris organizációját (Mountcastle, 1968)** legegyszerűbben a thalamocorticalis afferensek segítségével magyarázhatjuk. Egyetlen thalamocorticalis afferens axon sok száz axonterminálissal végződik a IV. rétegben. A terminális arborizáció arborizácio (arboreus = ágas-bogas; arborizácio = axon vagy dendrit elágazódásának, ágrendszerének összessége, mintázata), vagyis az egyetlen axonhoz tartozó összes axonterminális (neocortex areától függően) egy kb. 50 – 500 μm átmérőjű hengeres térben lokalizálható. Mivel az axon glutamáterg, excitatorikus hatása az összes ott lévő neuront érinti, vagyis a **thalamocorticalis columna** azon neocorticalis neuronok összessége, amelyeket egyetlen thalamikus axon ingerelni képes. Ez egyben biztosítja az ingerspecifikusságot is, hiszen egy axon egyetlen ingermodalitást szállít; és nagyobb skálára vetítve az elvet, magyarázza a

szomatotópiát (lásd szomatoszenzoros neocortex). A columnák intracorticalis axonrendszerek révén sokszorosan összekapcsolódnak: a Baillarger- illetve a Gennari-féle csíkok intracorticalis axonok és axonkollaterálisok, amelyek erős horizontális konnektivitást biztosítanak.

**A neocortex efferensei (kimenő axonrendszerei) szintén számosak, és végződési helyük alapján corticalis és subcorticalis csoportokra osztjuk őket. Minden efferens pyramissejt-axon.**

## CORTICALIS EFFERENSEK

- **Asszociációs cortico-corticalis axonrendszerek: összeköttetések a különböző agykéreg-területek, lebenyek között.**
- **Commissuralis cortico-corticalis axonrendszerek: összeköttetések a féltekék identikus területei között. Ezek a rostok alkotják a corpus callosumot és a commissura anteriort.**
- **Neocortico-limbicus projekciók: az entorhinalis cortexben végződő neocorticalis axonok. A limbikus rendszer működését befolyásolják.**

## SUBCORTICALIS EFFERENSEK

- **Efferensek az agytörzsi és gerincvelői motoneuronokhoz: ezek az axonok alkotják a corticobulbaris és corticospinalis pályákat. Az axonok a capsula internában haladnak.**
- **Corticothalamikus efferensek: a thalamus magjaihoz haladó axonrendszerek. A thalamus pedunculusaiban haladnak.**
- **Cortico-claustralis efferensek: a claustrumban végződő axonok.**
- **Cortico-striatalis efferensek: igen jelentős excitatorikus rostrendszer, amely a striatumban végződik. A basalis ganglionok motoros szabályozásának fontos komponense.**

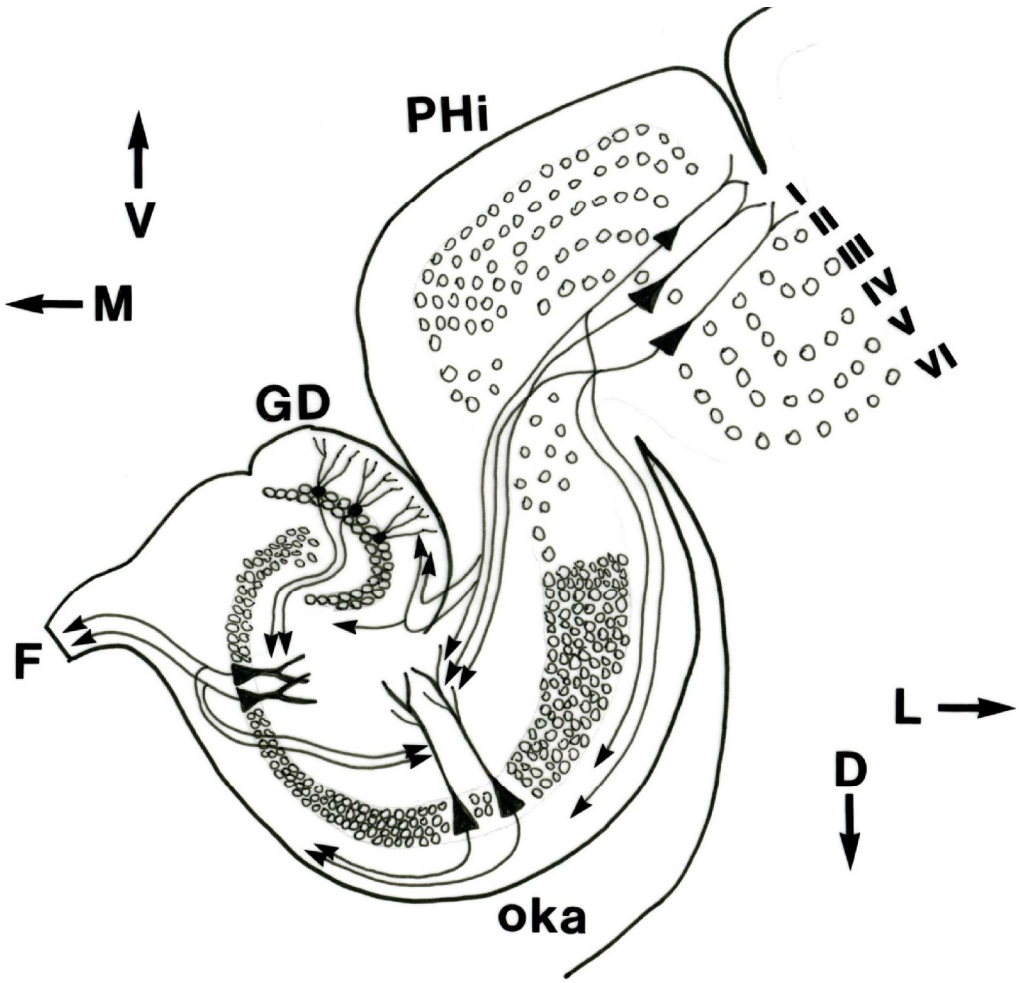
- **Cortico-pontin rostrendszerek: a nuclei pontis neuronjain végződő axonrendszerek minden neocortex lebenyből hoznak információt. A capsula internában haladnak. A kisagyi regulációban vesznek részt.**
- **Cortico-amygdalaris axonok: az amygdala magrendszeréhez haladó axonrendszerek. Közvetett módon befolyásolják a striatum, a hypothalamus és a limbikus rendszer működéseit.**

## 11.3.2. Az allocortex szövettana

Az allocortex szövettani szerkezete heterogén, vagyis sokféle, eltérő: a jegyzetnek nem célja, hogy az eltérő szöveti struktúrákat részletezze. Csupán a hippocampus és gyrus dentatus szövettani szerkezetét ismertetjük azért, mert a szövettani struktúra ismerete elősegíti a hippocampus összeköttetéseinek és funkciójának megértését.

A gyrus dentatus és a hippocampus egységes struktúrát képeznek: az egyes rétegek szinaptikus kapcsolatban állnak egymással. A **gyrus dentatus** három rétegből áll: a külső molekuláris rétegben a szemcsesejtek dendritjei és a tractus perforans axonterminálisai találhatók. A stratum granulare a szemcsesejt-szómák (és gátló interneuronok) rétege. A szemcsesejtek kisméretű, kerek szómával rendelkeznek, dendritjeik a molekuláris rétegbe nyúlnak, axonjuk pedig az ún. moharost-terminálisok révén szinaptizál a hippocampus pyramissejtjeivel. A harmadik réteg multiform réteg, gátló és serkentő interneuronokat tartalmaz.

A **hippocampus (cornu Ammonis; CA)** négy régióból (CA mezők: CA1, CA2 és CA3; valamint a subiculum) áll. A subiculum az entorhinalis cortex folytatása, a subiculum folytatása a CA1, majd a CA2 és CA3 következik. A CA3 mező a gyrus dentatusszal határos: a szemcsesejt moharostok a CA3 pyramissejteken végződnek. A CA mezők egyetlen stratum pyramidale-ból állnak: a pyramissejtek alatt és felettük szinaptikus rétegek vannak, amelyek elszórtan interneuronokat tartalmaznak. A szinaptikus rétegekben a pyramissejtekhez érkező afferensek végződnek: afferensek a tractus perforans révén az entorhinalis cortexből, afferensek a septum pellucidumból, afferensek a másik oldali hippocampusból (commissuralis axonok), és intrahippocampalis (tulajdonképpen rövid asszociációs rostok, amelyek az egyes mezőket összekötik. A legjelentősebb rostköteg a CA3 pyramissejtekből eredő axon kollateralisok rendszere: ezek **SCHAFFER-féle kollaterálisoknak** nevezzük




A hippocampus rétegei és rostrendszerei vázlatosan.

GD: gyrus dentatus; F: fimbria; oka: oldalkamra temporalis szarva; PHi: gyrus parahippocampalis. Az egyszerű rétegződést mutató gyrus dentatus és hippocampus fokozatosan átmegy a gyrus parahippocampalis hat sejtréteget mutató szerkezetébe (I-VI). M: medialis; L: lateralis; D: dorsalis; V: ventralis.

(Schaffer Károly budapesti neuropathologus professzor emlékére). Az intrahippocampalis asszociációs axonok mind excitatorikusak.

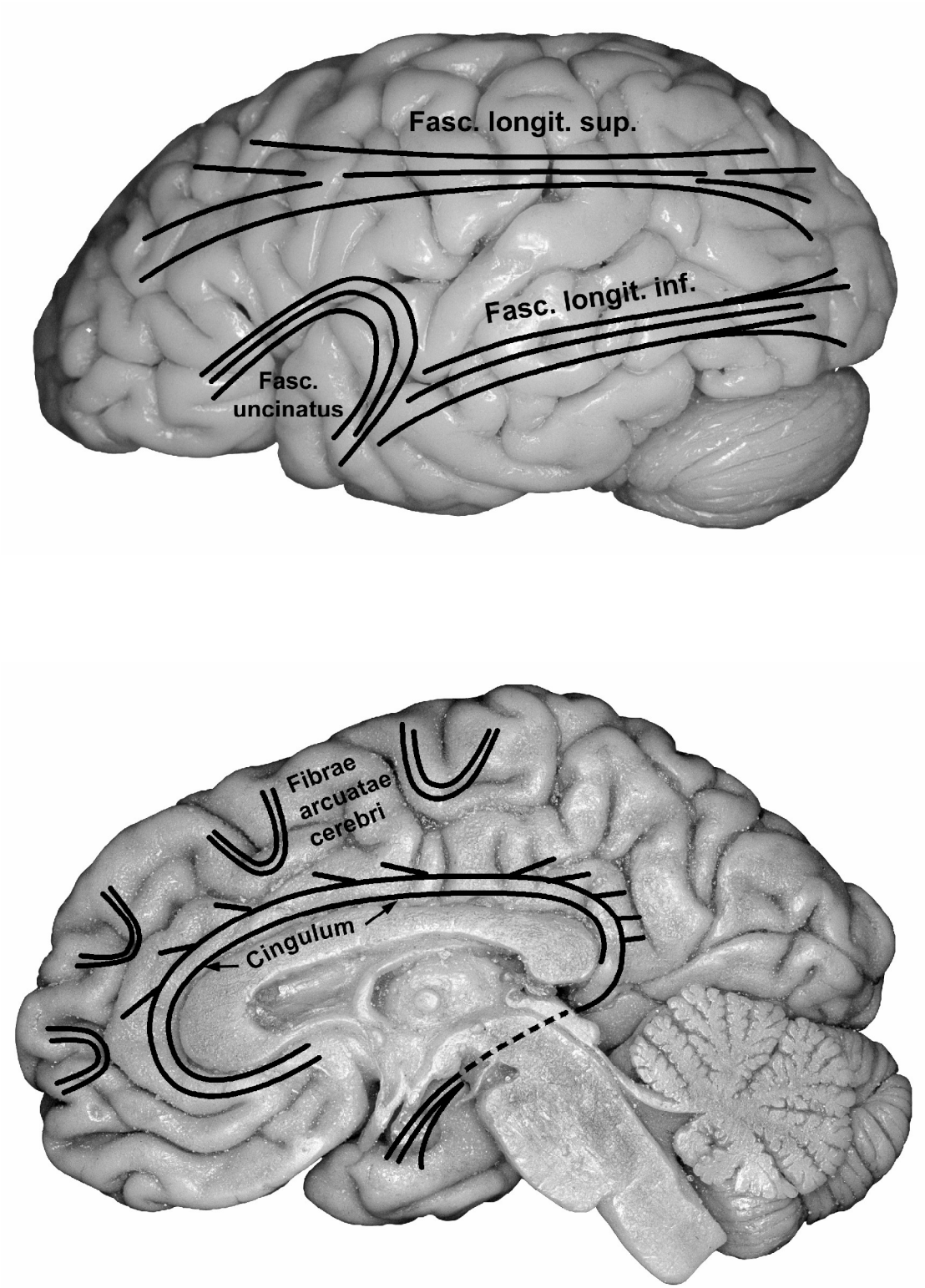
A gyrus dentatusba érkezik az entorhinalis cortex excitatorikus afferense, a tractus perforans. A tractus a szemcsesejteket ingerli, amelyek a moharostok révén ingerületüket a CA3 régió pyramissejtjeinek adják tovább. Innen a Schaffer-kollaterálisok ingerlik a CA1 régió neuronjait, majd az ingerület a CA1 – subiculum kapcsolatai révén visszajut az entorhinalis cortexbe. **A hippocampus – entorhinalis cortex – gyrus dentatus – hippocampus neuronkör minden tagja és minden axonja excitatorikus, ami biztosítja az ingermintázatok kialakulását, cirkulációját, reverberációját, megerősödését, és bevéső dését, amely a memória kialakulásának alapfolyamata.**

A hippocampus vékony fehérállománya kívül helyezkedik el: **alveus** a neve. A fehérállomány a fimbriánál vastagabb lesz: itt gyűlnek össze azok az axonok, amelyek majd kialakítják a crus fornicis-t. A hippocampusok között a **commissura hippocampi** létesít kapcsolatot.

# 11.4. AZ AGYKÉREG FEHÉRÁLLOMÁNYA: ASSZOCIÁCIÓS ÉS COMMISSURALIS ROSTRENDSZEREK

A hemispheriumok horizontalis metszetén, amelyet jóval a corpus callosum síkja felett készítünk, a neocortex alatti fehérállományt látjuk: ez a **centrum semiovale**. A centrum semiovale látszólag egynemű fehérállomány, megfelelő fixálási és preparálási módszerekkel (az agyvelő rostozásával) azonban láthatóvá tehető számos axonrendszer, amelyek fontos funkciókkal is rendelkeznek: sérüléseik neurológiai tüneteket okoznak.

A nagyagyféltekék fehérállománya igen bonyolult rendszert alkot. A **capsula interna** ennek csupán egy kis részét képezi: itt haladnak a **corticospinalis**, **corticobulbaris**, **corticopontin** rostrendszerek, valamint a **thalamus pedunculusai**. A cortex




A hemispheriumok nagy asszociációs rostrendszereinek vetületei a felszínen. A rajzon ábrázolt rostrendszerek mind cortico-corticalis pályák. A cingulum a corpus callosumot körülvevő pálya, amely a gyrus cinguli fehérállományában található.

különböző területeit rövidebb-hosszabb cortico-corticalis axonok kötik össze: az axonkötegeket **asszociációs pályáknak** nevezzük. A fontosabb asszociációs rostkötegeket a megfelelően fixált agyvelő rostozásával (lásd: *Komáromy: Az agyvelő boncolása*) láthatóvá lehet tenni. A **commissuralis pályák** ezzel szemben a jobb és bal hemispheriumokat összekötő axonokból állnak. Fontos feladatuk a két hemispherium működésének összehangolása (pl.: a két kézzel végzett tevékenységek esetén). Az asszociációs pályák és a commissuralis pályák pyramissejt axonok (vagy axon kollateralisok), vagyis excitatorikus hatással bírnak. Az axonok az agykéregben elágazódnak, és egy-egy axon terminálisai (és szinapszisai) minden rétegben megtalálhatók – nem úgy, mint a thalamocorticalis axonok, amelyek csak a IV. rétegben képeznek dús terminális arborizációt.

## 11.4.1. Fibrae arcuatae cerebri

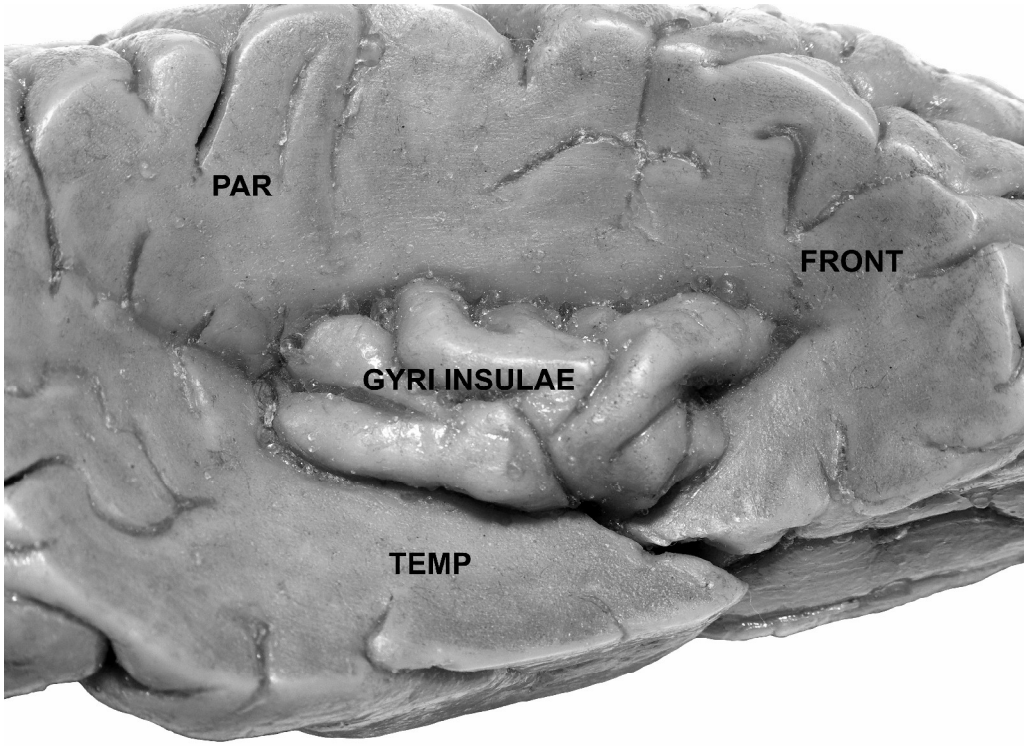
Ezek U alakú, rövid rostok, amelyek a szomszédos tekervényeket kapcsolják össze. Egy-egy tekervényen belül a Baillarger-csíkokban haladó axonrendszerek biztosítanak horizontális összeköttetéseket.

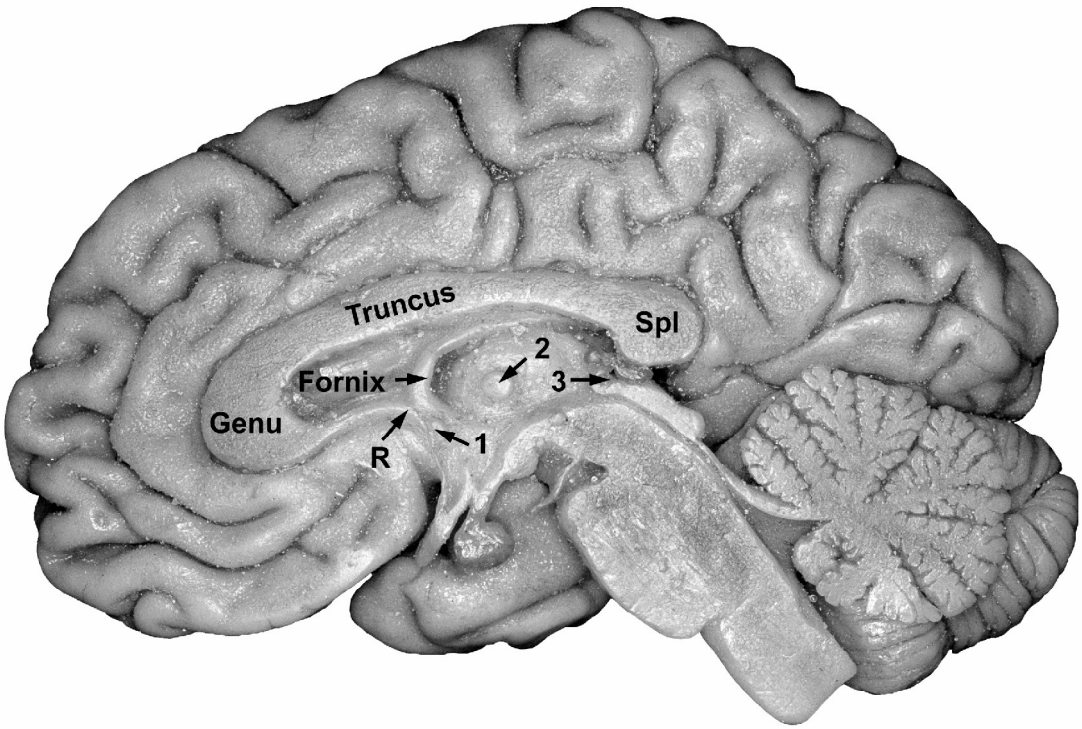
## 11.4.2. Fasciculus longitudinalis superior

A frontalis és az occipitalis lebenyt köti össze. Alsó rostjai (fasciculus arcuatus) a temporalis lebeny hátsó részébe kanyarodnak. Ezek a rostok kapcsolják össze a motoros és szenzoros beszédközpontokat (Broca-area a frontalis lebenyben és Wernicke-area a temporalis lebeny hátsó részében). A rostrendszer sérülése beszédzavarokat okoz.

## 11.4.3. Fasciculus longitudinalis inferior

A temporalis lebenyt és az occipitalis lebenyt köti össze. A temporalis lebenyben számos olyan terület van, amely komplex vizuális emléknyomokat tárol. A fasciculus részt vesz ezek szállításában, azokban a kognitív folyamatokban, amelyek a látás során zajlanak.




A felső képen az insula agykérgi felszíne látható, az insula gyrusaival. Az operculumok (PAR, FRONT, TEMP) eltávolítva. Az alsó kép a commissurákat mutatja. A corpus callosum részei: rostrum (R), genu, truncus és splenium (Spl). 1: commissura anterior; 2: adhesio interthalamica; 3: commissura posterior. A fornix nem commissuralis pálya, azonban a két fornix között jelentős összeköttetés, a commissura hippocampi van.

## 11.4.4. Fasciculus uncinatus

A temporalis lebeny elülső részét a frontalis lebeny alsó-elülső részével (orbitofrontalis cortex) köti össze. Részt vesz a rhinencephalon és a limbicus rendszer működésében.

## 11.4.5. Cingulum

A gyrus cinguli alatt lévő fehérállomány övszerű asszociációs pálya, amely az area subcallosától az uncus gyri hippocampiig terjed, és biztosítja a gyrus cinguli és a gyrus parahippocampalis és a cortex entorhinalis közötti kapcsolatokat. Ahogyan a limbikus rendszernél említettük, a cingulum a Papez-gyűrűben is szerepet játszik, mert biztosítja az ingerületek hippocampusba történő visszajutását.

A jobb és a bal hemispherium corticalis régiói között ún. **commissurális rostrendszerek** közlekednek. **A commissuralis (committere = összekötni) axonok pyramissejt axonok és többnyire identikus cortex területek között biztosítanak funkcionális synaptikus kapcsolatokat.** A neocortex commissurája a corpus callosum. A commissura anterior és a commissura hippocampi az allocortex commissurái.

## 11.4.6. Corpus callosum

A corpus callosum morfológiáját a féltekék szétválasztása után, az agy medialis felszínén tanulmányozhatjuk. A corpus callosum felett a gyrus cinguli látható, alatta pedig a septum pellucidum és a fornix. A corpus callosum részt vesz az oldalkamra falának alkotásában. A corpus callosum tömeges középső része a **truncus**, amelyet elöl a **genu corporis callosi** követ. A genu lefelé hajlik és elvékonyodik: ez a **rostrum**. A rostrum a **lamina rostralisba** folytatódik, amely a commissura anteriorban végződik. A commissura anterior alatt a lamina terminalis található. A corpus callosum hátulsó, kiszélesedő része a **splenium corporis callosi**. A corpus callosum rostjai a féltekékben szétsugároznak: ez a **radiatio corporis callosi**. A

radiatio rostozata a frontalis lebenyben és az occipitalis lebenyben U alakban sugárzik a medialis kéregterületek felé: ezt a rostozatot **forceps minor** (frontalisan) és **forceps major** (occipitalisan) névvel illetjük. Az oldalkamra falának alkotásában részt vevő rostokat ependyma borítja: ez az ún. **tapetum lemez** *(tapetum = szőnyeg, kárpit)*. A corpus callosumban kb. 200 millió axon halad.

## 11.4.7. Commissura anterior

A commissura anterior a temporalis lebeny polusait, basalis felszíneit, a rhinencephalon struktúráit és az amygdala magkomplexumait köti össze. Összeköttetést biztosít a temporalis lebeny medialisan fekvő neocortexe (gyrus temporalis inferior) és allocortexe (gyrus parahippocampalis) között is.

## 11.4.8. Commissura hippocampi

A **fornix** a hippocampusból kiinduló (és oda haladó) axonokat tartalmaz. A fimbria hippocampi a **crus fornicis**-t hozza létre, amely felfelé hajlik és a corpus callosum alatt a **corpus fornicis**-t alkotja. Innen lefelé és hátrafelé hajlik a **columna fornicis**, amely a corpus mammillareban végződik. A jobb és bal oldali crus fornicis között haránt irányú commissuralis rostrendszer feszül: ez a **commissura hippocampi** (régebbi nevén **psalterium** vagy még költőibb néven: lyra Davidis).

## 11.4.9. Commissura posterior

A **commissura posterior nem agykérgi összeköttetés**: sokkal inkább a pretectalis area két oldalát és a diencephalon hátulsó részeit köti össze. A III. agykamra metszetén látható, az epithalamus alatt. Gyakorlati jelentősége a pupillareflex és az accomodatio koordinálásában van: a retinából érkező látópálya rostok itt, a pretectalis régióban kereszteződnek, és lehetővé válik, hogy a retina ingerlésével mindkét oldalon pupillareflex alakuljon ki (consensualis pupillareakció).

# 11.5. AZ AGYKÉREG VÉRELLÁTÁSA

Az agykéreg vérellátását a **Willis-kör nagy ágai (arteria cerebri anterior, arteria cerebri media, arteria cerebri posterior)** biztosítják. Mindhárom érnek felületes és mély ágai vannak: a cortex vérellátását a felületes ágak biztosítják.

## 11.5.1. Az arteria cerebri anterior (ACA) felületes ágai

Az ACA felületes ágai a hemispherium medialis felszínén haladnak. Legjelentősebb ág az arteria pericallosa, amely a corpus callosum felett halad hátrafelé. Az ágak ellátják a frontalis és parietalis lebeny medialis felszínét, a frontalis lebeny alsó felszínének medialis részét (a bulbus – tractus olfactorius két oldalán). Az ágak áthajlanak a superolateralis convex felszínre, ahol a frontalis és parietalis lebeny felső vékony (kb. 2 cm széles) szegmensét táplálják.

## 11.5.2. Az arteria cerebri media (ACM) felületes ágai

Az ACM felületes ágai a fossa lateralis cerebri mélyén, az insulához közel oszlanak. A felületes ágak a sulcus lateralisból lépnek elő és az egész convexitást (superolateralis felszín) ellátják, az occipitalis lebeny hátulsó kisebb része, és a már említett legfelső vékony szegmens kivételével. Az occipitalis lebeny ellátását az ACP, a felső szegmensét az ACA ágai adják. Az ACM felületes ágai **frontalis, prefrontalis, centralis, parietalis** és **temporalis ágcsoportokat** képeznek, amelyek a frontalis lebeny elülső részét, a prefrontalis régiót, a sulcus centralis területét, a parietalis lebenyt és a temporalis lebeny oldalsó felszínét táplálják.

## 11.5.3. Az arteria cerebri posterior (ACP) felületes ágai

Az ACP felületes ágai az occipitalis lebenyt (annak medialis, alsó és lateralis felszíneit), és a temporalis lebeny alsó felszínét (beleértve a legmediálisabb limbikus struktúrákat is) látják el. A polus temporalis kivétel, mert az ACM ellátási területébe

tartozik. Külön artéria halad a sulcus calcarinusban a primer látókéreg ellátására. Érdemes megjegyezni, hogy a látással kapcsolatos többi struktúrák (corpus geniculatum laterale, pulvinar, felső mesencephalon) szintén az ACP-ból kapják vérellátásukat.

# 12. AGYKAMRÁK

A velőcső ürege a fejlődés során együtt differenciálódik az agyvelő és a gerincvelő struktúráival, és kialakítja az agykamrákat (5. Táblázat). A kamrák ependymasejtekkel bélelt üregek, amelyek **egymással összefüggő rendszert képeznek, valamint kommunikálnak a subarachnoidalis térrel, így biztosítva a liquor cerebrospinalis keringését**. A kamrarendszer az **oldalkamrák**, a **III. agykamra**, az **aqueductus cerebri (vagy: aqueductus mesencephali)**, a **IV. agykamra** és a **canalis centralis** rendszere. A kamrák anatómiáját részletesen leírjuk. Az aqueductus cerebri és a canalis centralis nem rendelkeznek különleges anatómiai sajátosságokkal, ezért az anatómiai leírások nem említik őket. Tudni kell róluk, hogy ependyma borítja őket, és összefüggésben vannak a jóval tágabb kamrákkal. A canalis centralis egyébként vakon végződik a conus medullarisban. Az **ependymasejt** hengerhámhoz hasonló sejt, egy rétegben borítja az agykamrákat. A sejteken csillók lehetnek. A sejtek között vannak junkciók, de ezek nem akadályozzák azt, hogy az agyszövetből sejtközötti folyadék áramoljon a kamrába. Ez a folyadék, amely az agyszöveti metabolizmus eredménye hozzájárul a liquorhoz, és minden olyan anyagot tartalmaz, amely a szöveti metabolizmus során az extracelluláris térbe került (gyulladások esetében sejteket, baktériumokat, gyulladásos mediátorokat is). A kamrák fejlődése során a leptomeninx erei betüremkednek a kamrarendszer üregeibe, és dús kapilláris hálózattal kialakítják a **plexus choroideusokat**, amelyek nagyrészt felelősek a liquor termelődésért. Azokat a helyeket, ahol a plexusok érfonatai a kamrába türemkednek **fissura choroideáknak** nevezzük: itt az embryonalis agyszövet igen vékony és nem tartalmaz idegsejteket: ezeket **tenia choroideáknak** nevezzük. A plexusok a magzatban során önálló szervecskékké fejlődnek, és felszínükön az ependymához hasonló egyrétegű hám differenciálódik. Ez **köbös plexus hám** „tight junction”-ok révén igen jól záró felszínt alakít ki: ez az ún. **vér-**

**liquor gát**, amelyen a serum komponensei nem juthatnak át. A plexus belsejében a leptomeninx laza szövete és **fenestrált kapillárisok** dús fonata található. A laza szövetben bőven találhatók fagociták. A kapillárisokból kiszűrődő serumból a plexus hám aktív szekrécióval választja ki a liquort, amely víztiszta folyadék. Sejteket elvétve tartalmaz, fehérjetartalma igen alacsony. Tartalmaz azonban vitaminokat, transzmittereket, hormonokat, prosztaglandinokat, agyi metabolitokat, kolint és glutamint. Aktuális mennyisége kb. 150 ml, amely naponta kb. négyszer kicserélődik. **A liquor áramlásának iránya: oldalkamra → III. agykamra → aqueductus cerebri → IV. agykamra → subarachnoidalis tér (cisterna cerebellomedullaris) és canalis centralis. A subarachnoidalis térben a gerinccsatorna felé veszi útját előbb lefelé, majd felfelé áramlik, körülveszi az agyvelőt és felszívódik a dura mater sinusaiba nyíló granulationes arachnoidei révén.** A granulációk legnagyobb számban a sinus sagittalis superiorban találhatók, azonban más sinusokban is lehetnek kicsiny granulációk vagy arachnoid villusok. A liquor felszívódásának ez a legfontosabb útja. Van azonban egy másik mechanizmus is: a gerinccsatornából kilépő gerincvelői idegek gyökereinél a pachymeninx az epineuriumba, a leptomeninx a perineuriumba megy át: itt tulajdonképpen megnyílik a liquortér és kis mennyiségben ugyan, de liquor áramlik ki a perifériás idegeket körülvevő nyirokerekbe. Hasonló mechanizmus működik az agyidegek koponyai kilépésének helyén is: egyetlen kivétel a nervus opticus, mert itt az agyburkok folytonosak a szemgolyó rétegeivel. A fila olfactoria mentén azonban kis mennyiségű liquor kerül az orrüregi nyálkahártya nyirokereibe a lamina cribrosán keresztül. Hasonló liquor-nyirok kontaktusok vannak ott is, ahol az agyvelőt és a gerincvelőt ellátó erek a subarachnoidalis térbe hatolnak. A liquor-nyirok kommunikáció érdekes (és fontos) következménye, hogy napokkal a subarachnoidalis vérzés után, a nyaki nyirokcsomókban megjelennek (és szövettanilag kimutathatók) a hemosiderint tartalmazó macrophagok (miután phagocytálták a subarachnoidalis térbe került vörösvérsejteket, kivándoroltak a liquortérből és bejutottak a nyirokerekbe). A jelenségnek igazságügyi orvostani fontossága van.

# 12.1. VENTRICULUS LATERALIS

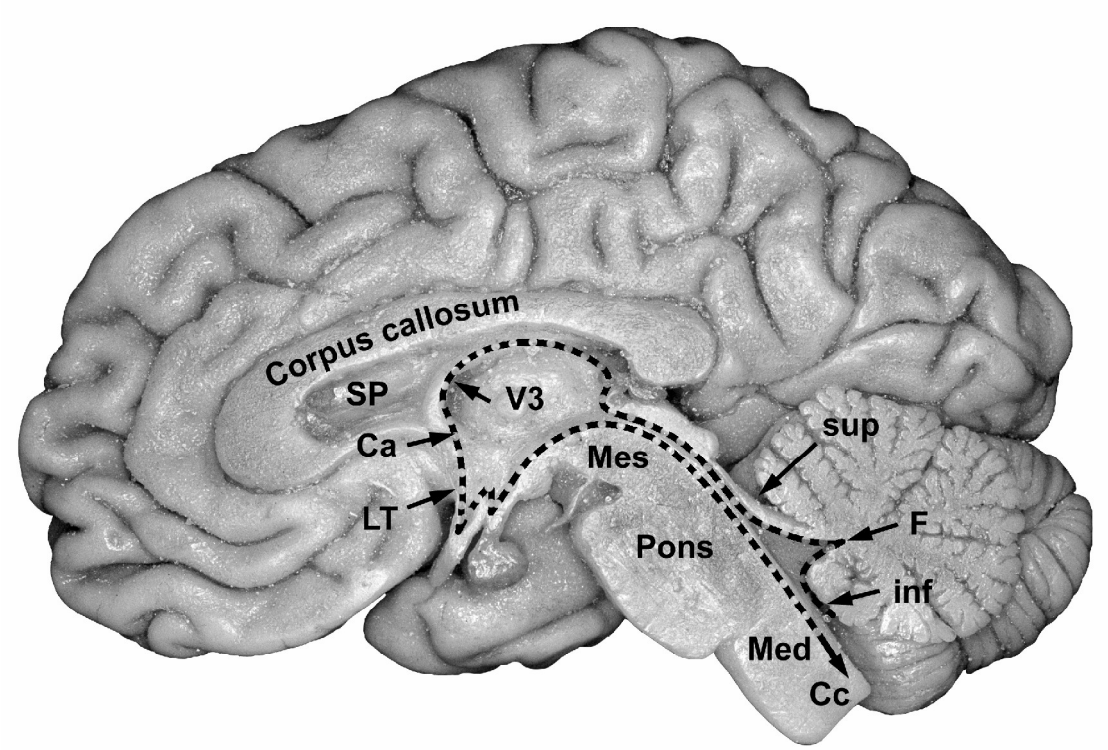
A hemispheriumokban találhatók az oldalkamrák **(ventriculi laterales)**. Az oldalkamra elülső szarva a frontalis lebenyben, középső része (cella media) a parietalis lebenyben, hátsó szarva az occipitalis lebenyben, alsó szarva a temporalis lebenyben található. Az oldalkamra a **foramen interventriculare (MONROE)** révén kommunikál a III. agykamrával. Az **elülső szarv** tetejét a corpus callosum forceps minorának rostrendszere alkotja, medialisan a septum pellucidum határolja, lateralisan pedig a striatum (nucleus caudatus feje) található. A **cella media** a foramen interventriculare-tól terjed hátrafelé, az alsó szarv kezdetéig. Itt alját a thalamus felső felszíne, oldalát a nucleus caudatus teste, tetejét a corpus callosum rostozata, medialis falát pedig a tenia choroidea és a corpus fornicis alkotják. A tenia choroidea mentén a fissura choroidea és a choroid plexus erei futnak.

A **hátulsó szarv** rövid, kúp alakú (Lenhossék). Köröskörül fehérállomány határolja. Medialis falán erős kiemelkedés, a **calcar avis** látszik – ez tulajdonképpen a sulcus calcarinus elülső részének benyomata.

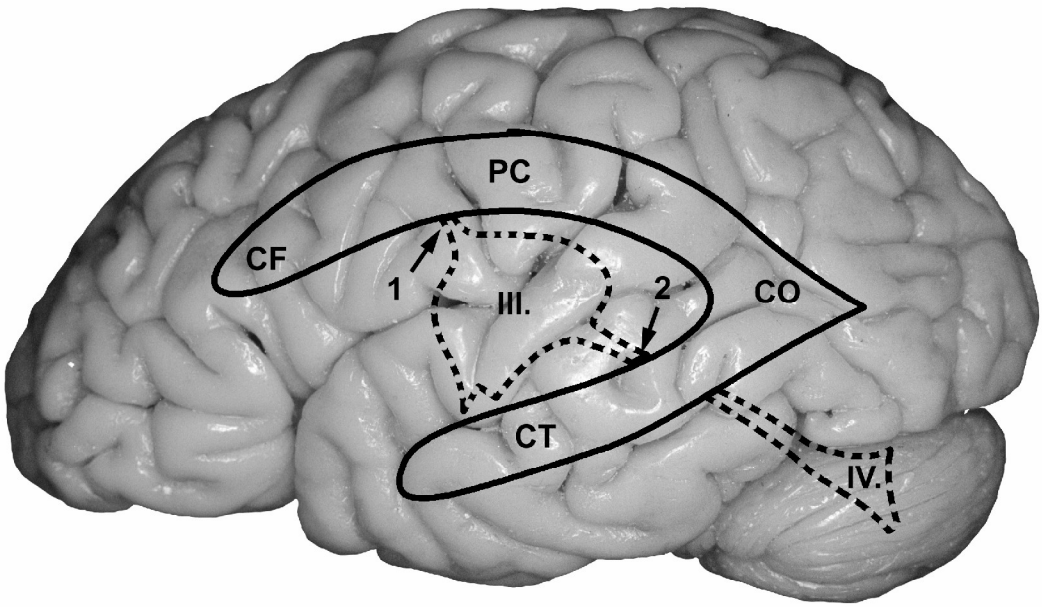
Az alsó szarv a halántéklebenyben van, jellemzője, hogy elöl kissé szélesebb. A medialis oldalon a **hippocampus** türemkedik beléje, amelyet az **alveus** (valamint az ependyma) borít. A hippocampus elülső vége vaskos, ez a **pes hippocampi**. Medialis oldalán a **fimbria** látható, amely egyben a **tenia choroidea** tapadásául is szolgál, valamint itt van a **fissura choroidea**, ahol a plexust tápláló erek behatolnak a kamrába. Az alsó szarv elülső végében az amygdala okoz kisebb domborulatot.

# 12.2. VENTRICULUS TERTIUS

A harmadik agykamra a középvonalban helyezkedik el, páratlan, keskeny üreg. Az oldalkamrákkal a **Monroe-féle nyílással** közlekedik, hátul fokozatosan keskenyedik és a mesencephalon **aqueductus cerebri** nevű üregébe megy át. Az aqueductus Sylvii lúdtoll vastagságú, mesencephalon hosszúságú kamrai vezeték, amely a IV. agykamrába nyílik. Elülső falát felülről lefelé a **columna fornicis**, a **lamina rostralis**, a **commissura anterior** és a **lamina terminalis** alkotják. A kamra tetejét nagyrészt a tela choroidea alkotja, amelyet a kamra felé eső oldalán egyrétegű köbhám borít. A




Harmadik agykamra (V3), aqueductus cerebri és negyedik agykamra körvonalai. A harmadik agykamrai nyíl a foramen interventriculare-t jelzi. F: fastigium. A medullában lévő nyíl a canalis centralis (CC) irányát jelzi. LT: lamina terminalis; SP: septum pellucidum; Ca: commissura anterior; sup: velum medullare superius; inf: velum medullare inferius.




Az oldalkamra vetülete folytonos vonal, a distalisabb kamrai részek szaggatott vonallal jelölve. CF: cornu frontale; PC: pars centralis; CO: cornu occipitale; CT: cornu temporale; III: ventriculus tertius; IV: ventriculus quartus; 1: foramen interventriculare; 2: aqueductus cerebri.

**tela choroidea** a thalamus oldalán tapad: ez a **tenia thalami**. Hátul a tela choroidea az epithalamusra húzódik rá és ott végződik. A tela choroideát a **plexus choroideus** türemíti be, amely így a kamra tetején található, és a foramen interventriculare útján összefügg az oldalkamrai plexusokkal. Oldalsó falát a thalamus és a hypothalamus ependymával borított felszínei alkotják. A thalamusokat összekötő **adhesio interthalamica** itt megfigyelhető. A hypothalamus határát a **sulcus hypothalamicus** mutatja, amely sekély barázda a foramen interventricularétól indul lefelé. Az alsó fal a chiasma opticummal kezdődik, majd a tuber cinereum, az infundibulum és a regio mammillaris képezi. A chiasma és az infundibulum területén a kamra ürege háromszögletű, apró recessusokat **(recessus opticus, recessus infundibuli)** képez. További recessusok az epithalamusnál vannak: a **recessus suprapinealis** és a **recessus pinealis**. A recessus pinealis alatt a **commissura posterior** átmetszete, alatta pedig az **aqueductus cerebri nyílása** látszik.

# 12.3. VENTRICULUS QUARTUS

A negyedik agykamra dorsoventralis irányban lapított, rombusz alakú üreg (Lenhossék). Oldalsó zugai a **recessus lateralisok**, a vermisbe boltosuló szögletszerű teteje a **fastigium**, aljzata pedig a híd és a nyúltvelő nyitott dorsalis felszíne, a **fossa rhomboidea**. Felső vége az **aqueductus cerebri** nyílása, alsó vége pedig a **canalis centralis** kezdete (régi nevén: calamus scriptorius). A canalis centralis a nyúltvelő zárt részében kezdődik, majd a gerincvelőben folytatódik. A negyedik agykamra tetejét vékony agyszöveti lemezek **(velum medullare superius et inferius)** alkotják. A felső velumot („velővitorla”; velum medullare superius) két oldalán a kisagy pedunculus cerebellaris superiorjai határolják, és a velumra ráfekszik a lingula cerebelli apró tekervényeivel (Lenhossék). Az alsó velum (velum medullare inferius) vékonyabb a felsőnél, és a kisagy nodulusán, a flocculuson, a pedunculus cerebellaris inferioron, valamint a tuberculum gracile medialis szélén rögzül. Alul csúcsosan zárul, ez az **obex**. A preparálás folyamán a velum medullare inferius leszakad, maradványa a **tenia choroidea ventriculi quarti**. A **plexus choroideus** a velum medullare inferius vékony lemezét türemíti be a kamra üregébe. A velum a recessus lateralisnak megfelelően keskeny nyílást képez **(apertura lateralis, LUSCHKA)**, amelyen keresztül a plexus egy része „kilóg” a kamrából és a subarachnoidalis térben

látható. A velumon egy középvonali nyílás is van **(apertura mediana, MAGENDIE)**: a nyílásokon a liquor kifolyik a kamrarendszerből a subarachnoidalis térségbe, vagyis **a három nyílás nagyon fontos, hiszen biztosítja a kamrarendszer és a subarachnoidalis tér közötti összeköttetést**. A negyedik agykamra fenekét képező fossa rhomboidea képleteit a nyúltvelőnél leírtuk.

# 12.4. CIRCUMVENTRICULARIS SZERVECSKÉK

A circumventricularis szervek dúsan erezett struktúrák, amelyek a kamrarendszer különböző pontjain találhatók. A szervekben nincs vér-agy gát, és a kapillárisok mindenütt fenestráltak. A circumventricularis szervek agykamrai felszínét mindenütt ependyma borítja. Funkcióik nem túlzottan ismertek, valószínűleg a neuroendokrin rendszerhez tartoznak.

## 12.4.1. Organum subfornicale

A columna fornicis mögött, a III. agykamrában van. Neuronokat tartalmaz, amelyek a hypothalamusszal állnak kapcsolatban (nucleus paraventricularis).

## 12.4.2. Organum vasculosum laminae terminalis

A lamina terminalis állományában van: kívül a subarachnoidalis térrel, belül a III. agykamrával van kapcsolatban. Neuronjai a hypothalamusszal kapcsolódnak (nucleus supraopticus, nucleus arcuatus).

## 12.4.3. Area postrema

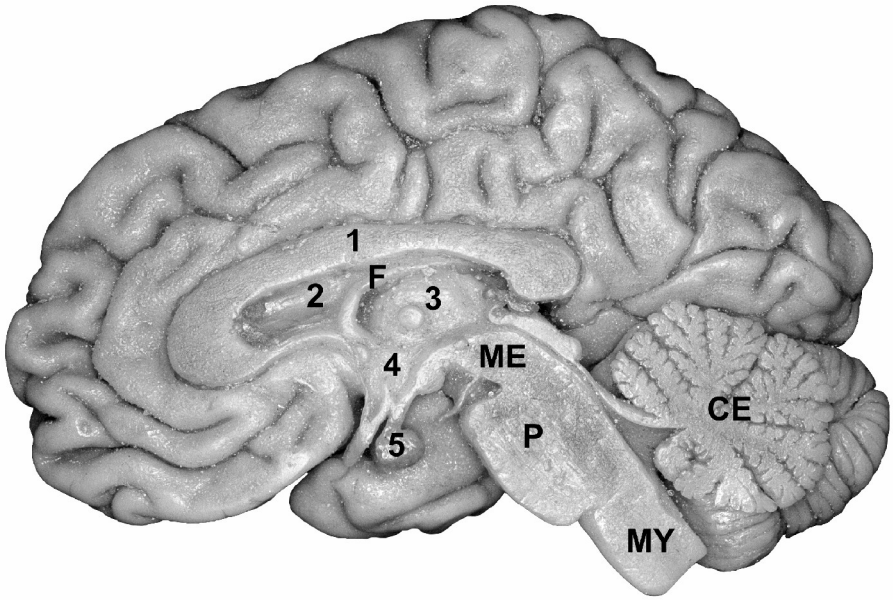
A fossa rhomboidea képlete. Apró neuronokat, gliasejteket és fenestrált kapillárisokat tartalmaz. Kapcsolódik a hypothalamushoz, valamint a nervus vagus és glossopharyngeus magrendszereihez. Zsigeri reflexekben vesz részt, valószínűleg chemoreceptor funkciói vannak.

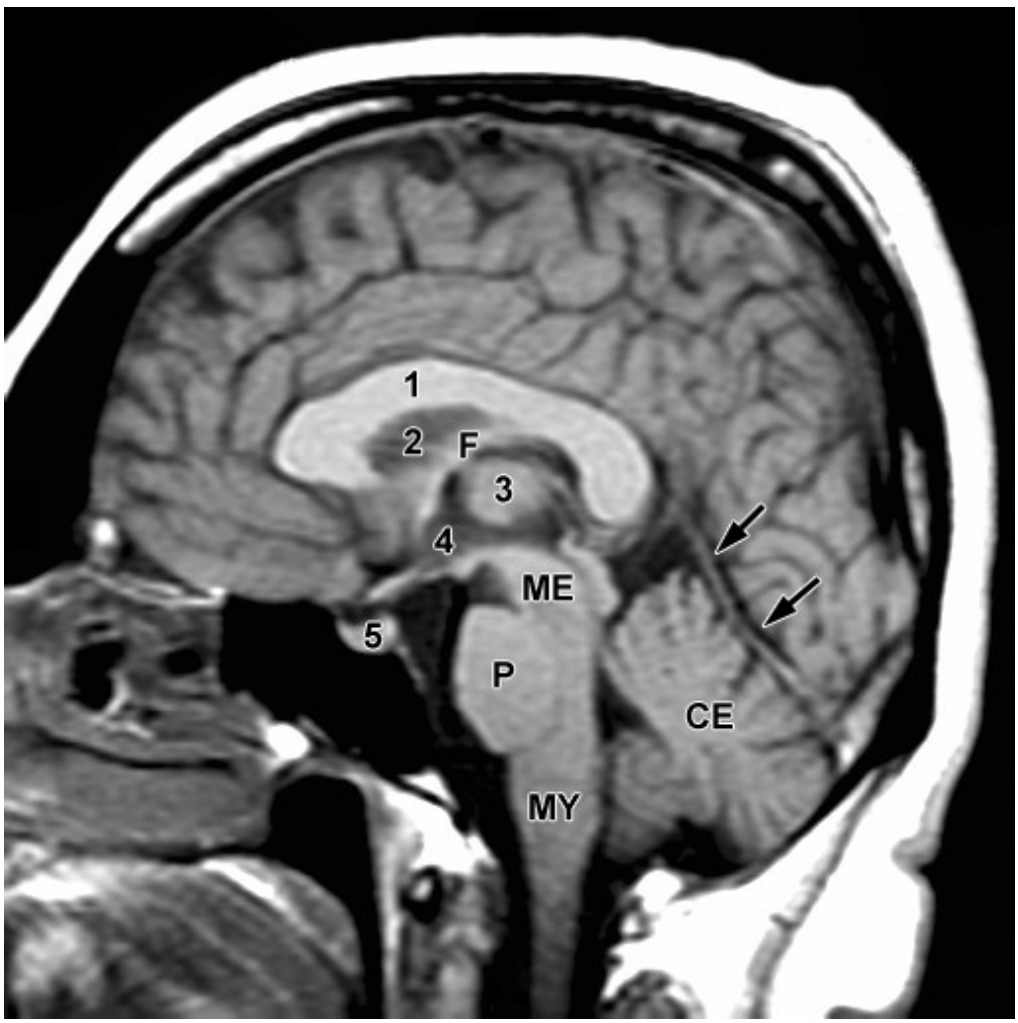
## 12.4.4. Eminentia mediana

A tuber cinereum középvonalában található. A III. agykamra felé néző felszínén ependyma sejtek, tanycyták vannak. A tanycyták speciális ependyma sejtek, amelyeket zonula occludensek kapcsolnak össze, kamrai felszínükön csilló, másik felszínükön pedig hosszabb nyúlvány található. A nyúlvány az eminentia mediana kapillárisain végződik. Az eminentia mediana a fenestrált kapillárisok és gliasejtek mellett axonokat tartalmaz. Az axonok a nucleus arcuatusból erednek és releasing hormonokat tartalmaznak. Az axonok a kapillárisokon végződnek, és hormonjaikat neurosecretióval a kapillárisokba ürítik. A neuroszekréciós axonok mellett dopaminerg axonok is vannak itt, amelyek a neurosecretiót szabályozzák.

## 12.4.5. Organum subcommissurale

A commisura posterior alatt, a III. agykamrában található. Az ependymasejtek glikoproteineket szekretálnak, amelyek a kamrában kondenzálódva egy rostszerű képletet hoznak létre: ez a **REISSNER-féle rost**, amely igen hosszú, az aqueductus cerebri-n át a IV. agykamrába ér. Funkciója ismeretlen, felnőttben hiányzik, de a magzatban jelen van.




Az MRI képen világosan felismerhetők az agyvelő részei. ME: mesencephalon; P: pons; MY: medulla oblongata; CE: cerebellum; nyilak: tentorium cerebelli; F: fornix; 1: corpus callosum; 2: septum pellucidum; 3: thalamus; 4: hypothalamus; 5: agyalapi mirigy

# 13. IRODALOMJEGYZÉK

**Carpenter, MB: Core Text of Neuroanatomy. Williams and Wilkins, Baltimore-London, 1982.**

**Creutzfeldt, OD: Cortex Cerebri. Göttingen, 1993.**

**Haines DE: Neuroanatomy. An Atlas of Structures, Sections, and Systems. Williams and Wilkins, Baltimore, 1991.**

**Lenhossék Mihály: Az ember anatomiája. Budapest, 1924.**

**Paxinos, G: The Human Nervous System. Academic Press, New York, 1990.**

**Szentágothai, J, Réthelyi, M: Funkcionális anatómia. Medicina, Budapest, 1996.**

**Szirmai, I: Neurologia. Medicina, Budapest, 2005.**