

Izgled i raspodjela sive i bijele tvari kralježnične moždine, moždanog debla i malog mozga

Kralježnična moždina je spinalni dio središnjeg živčanog sustava

Kralježnična moždina je stup tkiva što seže od lubanjskog otvora do drugog slabinskog kralješka, ima dva podebljanja, uski središnji kanal i bijelu tvar na površini, a sivu u dubini

Kralježnična moždina (*medulla spinalis*) je spinalni dio središnjeg živčanog sustava, smješten u vertebralnom kanalu (*canalis vertebralis*), a u odraslog čovjeka seže od razine velikog lubanjskog otvora (*foramen magnum*) tj. od gornjeg ruba prvog vratnog kralješka (*atlas*) do razine drugog slabinskog kralješka (L2).

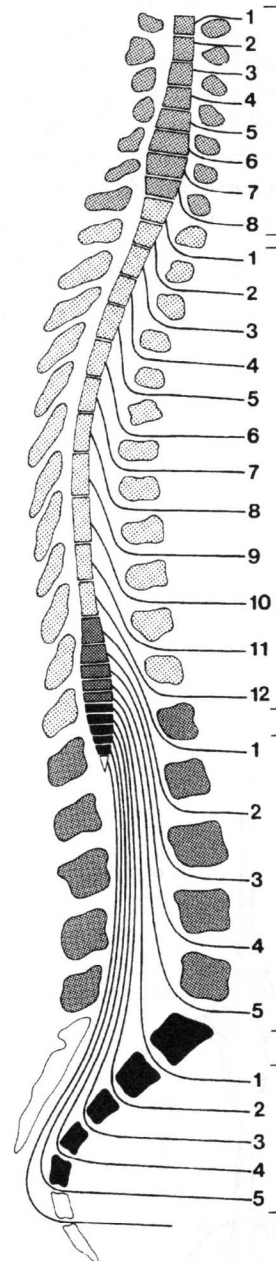
Na svom kranijalnom kraju, kralježnična moždina izravno se nastavlja u produljenu moždinu (*medulla oblongata* - najkaudalniji dio moždanog debla). Na razini lubanjskog otvora, granicu produljene i kralježnične moždine naznačuju najgornja korjenska vlakna (*fila radicularia*) prvog vratnog živca (*nervus suboccipitalis*) i donji kraj križanja piramida (*decussatio pyramidum*). Viši ljudi, naravno, imaju dulju kralježničnu moždinu, no njezina prosječna duljina je u muškaraca 45 cm, a u žena 40-42 cm.

Kralježnična moždina je zapravo tkivni stup nejednolike debljine, spljošten u dorzoventralnom smjeru i prošupljen uskim središnjim kanalom (*canalis centralis*). Taj stup ima dva jasno uočljiva podebljanja: vratno (*intumescencia cervicalis*) i slabinsko-križno (*intumescencia lumbosacralis*) (sl. 4-1). S vratnim podebljanjem povezani su spletovi živaca što inerviraju vrat i ruke (*plexus cervicalis*, *plexus brachialis*), a splet živaca što inerviraju područje zdjelice i noge (*plexus lumbosacralis*) povezan je s križno-slabinskim podebljanjem. Kaudalni kraj kralježnične moždine suzi se u moždinski čunja (*conus medullaris*), a vrh tog čunja se izdulji u završno vlakno (*filum terminale*). Završno vlakno je tračak glijalnog i vezivnog tkiva, dug oko 20 cm, što većim dijelom (15 cm) leži slobodan u subarahnoidnom prostoru (*cavitas subarachnoidealis*) okružen spinalnim korjenovima što oblikuju "konjski rep" (*cauda equina*). Taj dio završnog vlakna je unutar duralne vreće, pa ga neki udžbenici opisuju kao *filum terminale internum*; preostali dio završnog vlakna kroz kaudalni vršak duralne vreće se stopi s vlaknom spinalne dure (*filum durae matris spinalis*), a to vlakno napusti križni kanal (*canalis sacralis*) kroz križni "zijeve" (*hiatus sacralis*), lepezasto se širi i upliće u pokosnicu drugog križnog kralješka. Stoga taj završni dio završnog vlakna neki udžbenici opisuju kao *filum terminale externum*.

Duboka srednjocrtna pukotina (*fissura mediana ventralis*) na ventralnoj i plići srednjocrtni žlijeb (*sulcus medianus dorsalis*) na dorzalnoj strani dijele kralježničnu moždinu u dvije simetrične polovice (sl. 4-2). Od dna dorzalnog žlijeba, u tkivo moždine seže središnja dorzalna pregrada (*septum medianum dorsale*). Na svakoj strani moždine, *sulcus dorsolateralis* označava mjesto ulaza dorzalnih korjenova (*radices dorsales*), a *sulcus ventrolateralis* označava mjesto izlaza ventralnih korjenova (*radices ventrales*). U svakoj polovici moždine, ta dva središnja i dva bočna žlijeba ograničuju tri

blago izbočena snopa bijele tvari - *funiculi medullae spinalis*.

Fissura mediana ventralis i *sulcus ventrolateralis* omeđuju ventralni snop (*funiculus ventralis*), bočni snop (*funiculus lateralis*) smješten je između ventrolateralnog i dorzolateralnog žlijeba, a dorzalni snop (*funiculus dorsalis*) smješten je između



Slika 4-1. Spinalni korjenovi povezuju 31 spinalni segment s 31 parom spinalnih živaca. Spinalne segmente (i odgovarajuće parove živaca) razvrstavamo u: 8 vratnih (C1-C8; C = cervicalis), 12 grudnih (T1-T12; T = thoracalis), 5 slabinskih (L1-L5; L = lumbalis), 5 križnih (S1-S5; S = sacralis) i 1 trtični (Co1; Co = coccygealis). Ponekad postoje dva trtična segmenta (i dva para trtičnih živaca).

dorzolateralnog i dorzalnog srednjocrtnog žlijeba (sl. 4-2). U vratnom i gornjem grudnom dijelu kralježnične moždine, dodatni plitki žlijeb (*sulcus intermedius dorsalis*) podijeli dorzalni snop u dva manja snopića: medijalni *fasciculus gracilis* (Gollov snopić) i lateralni *fasciculus cuneatus* (Burdachov snopić).

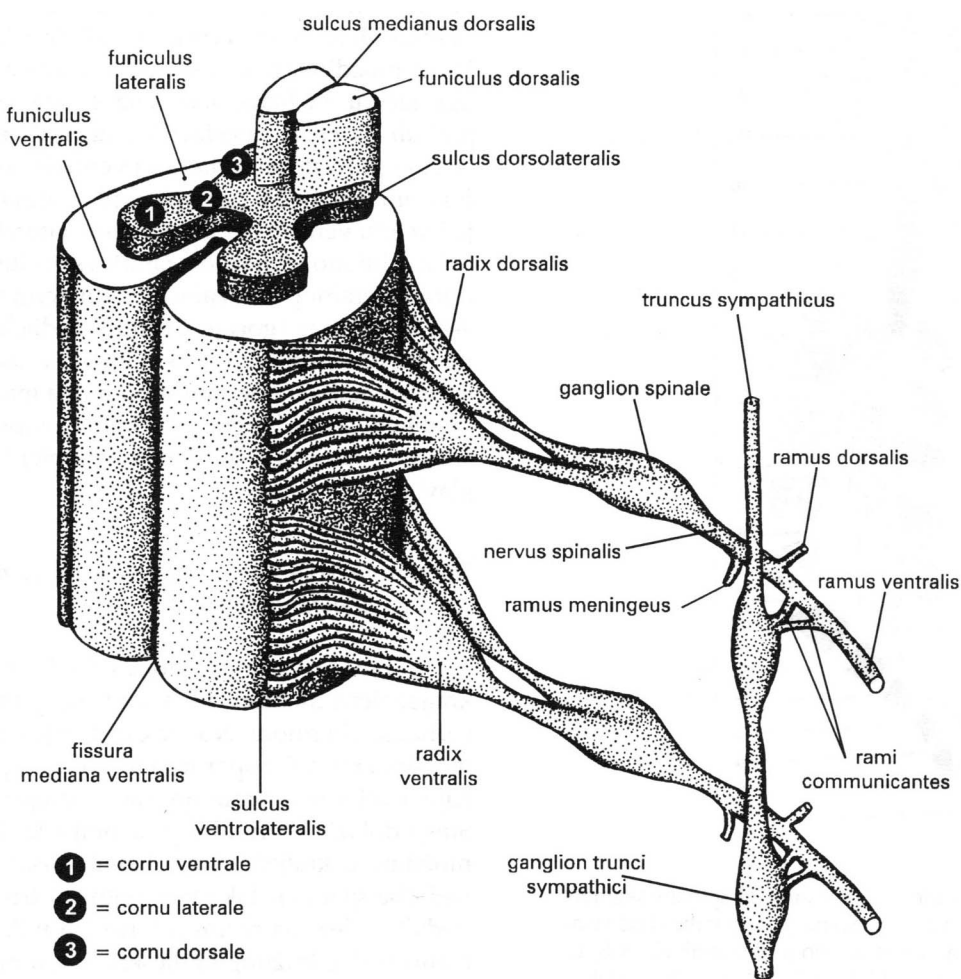
Tijekom razvoja, kralježnična moždina zaostaje u rastu za kralježničnim kanalom

U ranom embrionalnom i fetalnom razdoblju, kralježnična moždina i kralježnični kanal rastu podjednakom brzinom. No, nakon 4. mjeseca trudnoće, moždina raste sve sporije, a njezine ovojnice nastavljaju rasti istom brzinom kao i kralježnični kanal. Stoga dolazi do prividnog "uspinjavanja" kralježnične moždine u kralježničnom kanalu (*ascensus virtualis medullae spinalis*). Tako u 6. mjesecu trudnoće *conus medullaris* leži na razini četvrtog, a u 7. mjesecu na razini trećeg križnog kralješka, dok u novorođenog djeteta leži na razini trećeg slabinskog kralješka. U odraslih ljudi, donji kraj moždine je na razini hrskavične ploče između prvog i drugog slabinskog kralješka - točnije, u ljudi dugih leđa na razini ploče između 12. grudnog i 1. slabinskog kralješka ("visoki položaj"), a u ljudi kratkih leđa niže od 2. slabinskog kralješka ("niski položaj").

Prednji i stražnji korijeni povezuju 31 par moždinskih živaca s kralježničnom moždinom

Cijelom duljinom kralježnične moždine, s njom su sa svake strane povezani parni ventralni i dorzalni korijeni (*radices ventrales et dorsales*) (sl. 4-2). Početni dio svakog korijena sastavljen je od snopića korjenskih vlakana (*fila radicularia*); u području međukralježnjačnog otvora (*foramen intervertebrale*) dorzalni i ventralni korijen se spoje u moždinski živac (*nervus spinalis*). Svaki par dorzalnih i ventralnih korijeva označuje jedan odsječak kralježnične moždine tj. **spinalni segment** (*segmentum medullae spinalis*). Kako je s kralježničnom moždinom povezan 31 par dorzalnih i ventralnih korijeva, postoji 31 spinalni segment, što je korijenovima povezan s 31 parom moždinskih živaca.

Spinalni segment je temeljna strukturno-funkcionalna jedinica najjednostavnijih (refleksnih) oblika ponašanja; stoga je u fiziologiji za kralježničnu moždinu uvriježen naziv **segmentni dio** središnjeg živčanog sustava (pa govorimo o segmentnim procesima), a za preostala područja (tj. dijelove encefalona) naziv **suprasegmentni dio** središnjeg živčanog sustava (pa govorimo o suprasegmentnim procesima). Kralježnična moždina ima 8 vratnih (C1-C8), 12 grudnih (T1-T12), 5 slabinskih (L1-L5), 5 križnih (S1-S5) i 1 trtični (Co1) spinalni segment, pa stoga i 31 par spinalnih živaca razvrstavamo u takve skupine (sl. 4-1). Kako je već



Slika 4-2. Temeljni dijelovi sive i bijele tvari kralježnične moždine. Za pojedinosti vidi tekst.

spomenuto, spinalni živci nastaju spajanjem spinalnih korjenova. Ventralni korjenovi su **motorički** (*radices ventrales s. motoriae*), a dorzalni korjenovi su **osjetni** (*radices dorsales s. sensibiles*). To načelo ustrojstva kralježnične moždine je poznato kao Bell-Magendijevu pravilo. Za kliničku medicinu (pri tumačenju mehanizma nastanka ozljeda spinalnih korjenova) još je značajno da je svaki spinalni korijen fiksiran na tri mjesta: a) na spoju s moždinom, b) na mjestu na kojem probija duru i c) u intervertebralnom otvoru.

Jedan ventralni korijen sadrži prosječno 3000 aksona (riječ je o aksonima spinalnih motoneurona), dok je broj aksona u jednom dorzalnom korijenu promjenljiviji: 8000 u korijenu odsječka T5, a čak 15.000 u korijenu odsječka C8.

Dorzalni korjenovi sastoje se od **centralnih nastavaka pseudounipolarnih neurona**, tj. primarnih aferentnih neurona (= prvih neurona uzlaznih osjetnih putova). Tijela tih neurona oblikuju **spinalni ganglij** (*ganglion spinale = ganglion intervertebrale*), što je smješten u intervertebralnom otvoru, na mjestu spoja dorzalnog s ventralnim korjenom. Periferni nastavci tih neurona dio su spinalnog živca. Kako je moždina kraća od kralježničnog kanala, prvi vratni živci izlaze iz moždine i kralježničnog kanala vodoravno (kroz odgovarajuće intervertebralne otvore), no potom su usmjereni sve više koso nadolje, a na kaudalnom kraju moždine su usmjereni gotovo okomito i oblikuju tzv. "konjski rep" (*cauda equina*), dug oko 24 cm.

Središnji kanal je moždinski dio sustava moždanih komora

Središnji kanal kralježnične moždine (*canalis centralis*) započinje u donjem dijelu produljene moždine (*medulla oblongata*) kao ljevasto suženje IV. moždane komore, a nastavlja se cijelom duljinom kroz sredinu kralježnične moždine; na kaudalnom kraju moždine može biti blago proširen u završnu komoricu (*ventriculus terminalis = ventriculus quintus Krause*). No, valja naglasiti da je središnji kanal vrlo uzak, a u ljudi često (posebice u vratnom dijelu moždine) i mjestimice obliteriran.

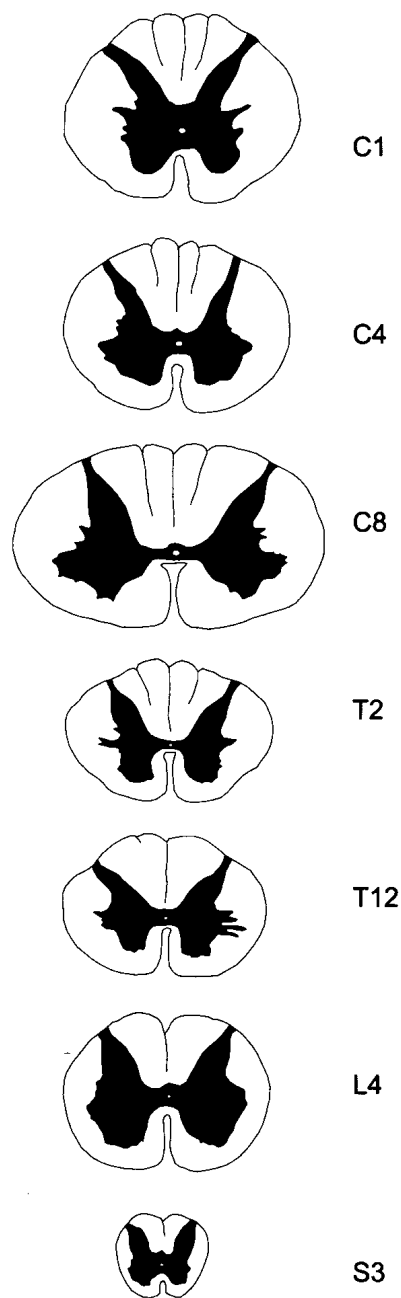
Sivu tvar kralježnične moždine čine dorzalni, lateralni i ventralni stupovi, povezani sivom tvari oko središnjeg kanala

Siva tvar kralježnične moždine (*substantia grisea medullae spinalis*) smještena je oko središnjeg kanala (*canalis centralis*) i na poprečnom presjeku ima oblik slova H ili leptira (sl. 4-2). Nju zapravo čine ventralni stup sive tvari (*columna ventralis*), što na poprečnom presjeku oblikuje **ventralni rog** (*cornu ventrale*), te dorzalni stup sive tvari (*columna dorsalis*), što na poprečnom presjeku oblikuje **dorzalni rog** (*cornu dorsale*). Dio sive tvari što povezuje lijeve s desnim stupovima tj. rogovima je *substantia (grisea) intermedia*; kako taj dio sive tvari je ventralne i dorzalne strane obuhvaća središnji kanal, često govorimo o dvije "sive komisure" (*commissura grisea ventralis et dorsalis*). Tanki prsten sive tvari, smješten tik ispod endimija središnjeg kanala, hladetinastog je izgleda na neurohistološkim preparatima, pa za taj dio sive tvari rabimo naziv "središnja hladetinasta tvar" (*substantia gelatinosa centralis*). Nadalje, tanki ventralni snop bijele tvari (ventralna bijela komisura, *commissura alba ventralis*) spaja lijevu s desnom polovicom kralježnične moždine. Ventralni i dorzalni stup sive tvari na svakoj su strani međusobno spojeni malim lateralnim stupom sive tvari (*columna lateralis = columnam intermediolateralis*), no taj je nazočan

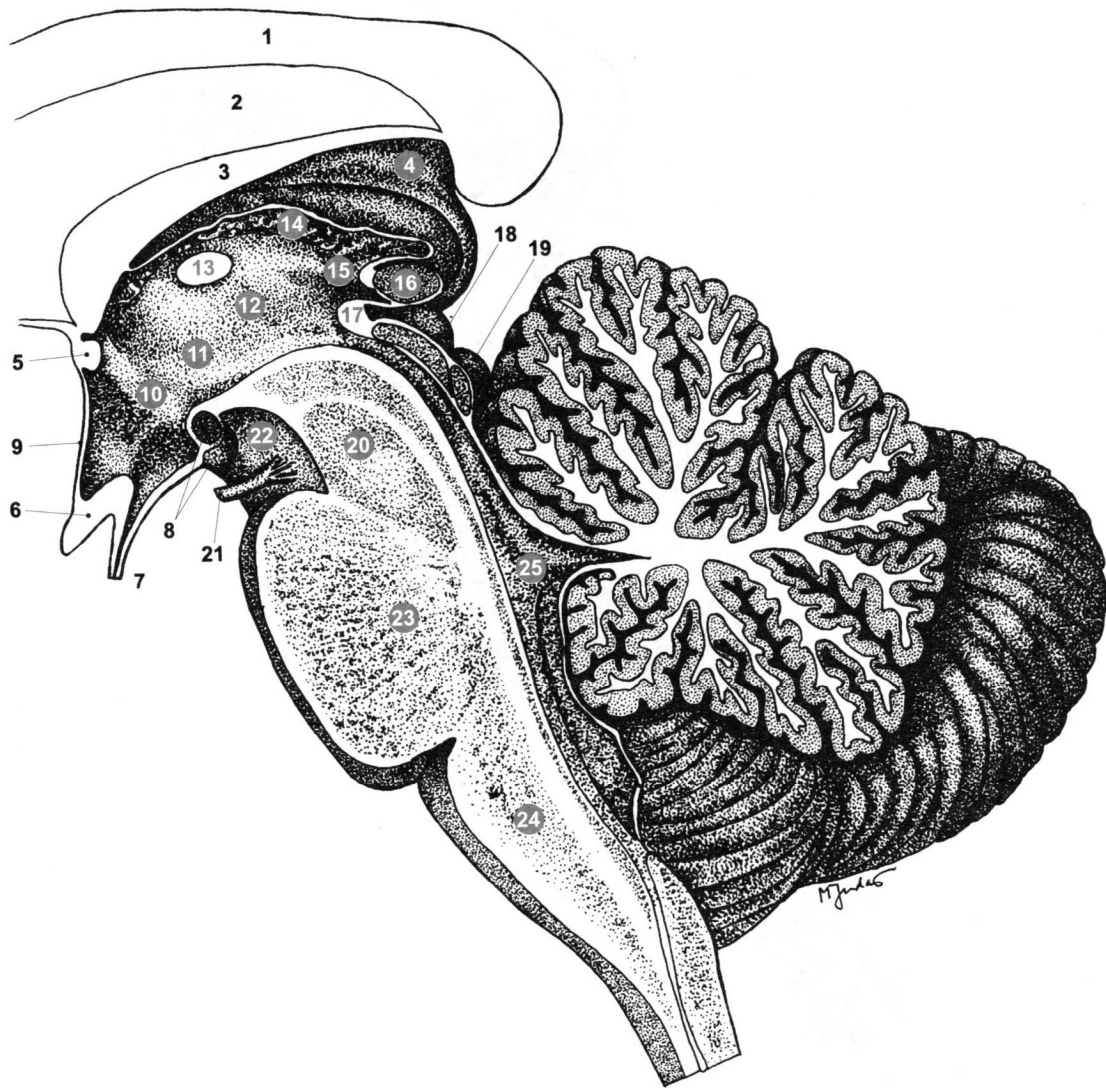
samo u području između odsječaka C8 i L2 (dakle, nema ga u vratnom, donjem slabinskom i križno-trtičnom dijelu kralježnične moždine). Na poprečnom presjeku taj stup oblikuje **lateralni rog** sive tvari (*cornu laterale*).

Bijela tvar kralježnične moždine čine tri debela snopa mijeliniziranih aksona

Bijela tvar kralježnične moždine (*substantia alba medullae spinalis*) posve okružuje sivu tvar (sl. 4-2). Bijelu tvar dijelimo u tri debela snopa: *funiculus ventralis* (što seže od srednjocrtne ventralne pukotine do najlateralnijeg snopića ventralnih korjenova), *funiculus lateralis* (smješten između ventralnog i dorzalnog snopa tj. između ventralnih i dorzalnih korjenova) i *funiculus dorsalis* (što seže od dorzalnog roga do srednjocrtne dorzalne pregrade). Bijela



Slika 4-3. Omjer bijele i sive tvari na različitim razinama kralježnične moždine.



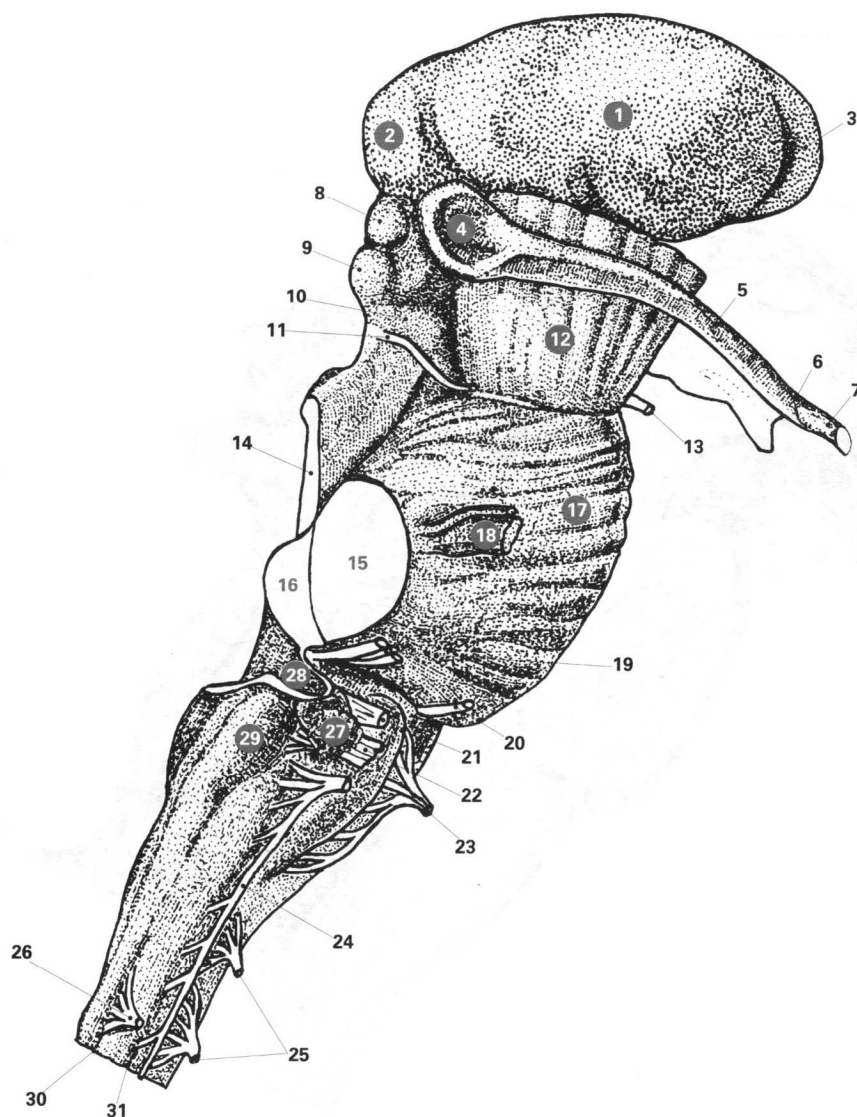
Slika 4-4. Mediosagitalni presjek kroz moždano deblo, mali mozak i međumozak. 1. corpus callosum; 2. septum pellucidum; 3. corpus fornicis; 4. crus fornicis; 5. commissura anterior; 6. chiasma opticum; 7. infundibulum; 8. corpus mamillare; 9. lamina terminalis; 10. columna fornicis; 11. sulcus hypothalamicus; 12. thalamus; 13. adhesio interthalamica; 14. plexus choroideus ventriculi tertii; 15. habenula i commissura habenularum (bijelo polje); 16. corpus pineale; 17. commissura posterior; 18. colliculus superior; 19. colliculus inferior; 20. mesencephalon; 21. nervus oculomotorius; 22. fossa interpeduncularis; 23. pons; 24. medulla oblongata. Nacrtao prema Nieuwenhuys i sur. (1988).

komisura (*commissura alba*) spaja lijevi ventralni snop s desnim. Dakle, ventralni i bočni snop su zapravo stopljeni u jedinstvenu masu bijele tvari (njihovu granicu samo izvana naznačuju ventralni korjenovi), pa stoga često govorimo o ventrolateralnom snopu (*funiculus ventrolateralis* = *funiculus anterolateralis*). Nadalje, u gornjim grudnim i u vratnim odsječcima, *septum cervicale intermedium* (glijalna pregrada što u tkivo moždine prodire iz dna dorzalnog intermedijalnog žlijeba, *sulcus intermedius dorsalis*) dijeli dorzalni bijeli snop u dva manja snopića: medijalni *fasciculus gracilis* (Gollov snop) i lateralni *fasciculus cuneatus* (Burdachov snop).

Omjer količine sive i bijele tvari različit je na različitim razinama kralježnične moždine

Poprečni presjek kralježnične moždine najveću površinu ima u području podebljanja (11 x 7 mm u vratnim, 9 x 7 mm u slabinskim), a najmanju u grudnom dijelu (6 x 7 mm). Presjek vratnih odsječaka je jajast (poprečni promjer je najveći), grudnih okrugao, a slabinskih približno četvrtast i ventralno spljošten (sl. 4-3). Bijela tvar najmoćnije je

razvijena u gornjim vratnim odsječcima, jer su tu skupljeni svi uzlazni i silazni putovi; naime količina uzlaznih aksona sve je veća prema kranijalno, a količina silaznih aksona sve je manja prema kaudalno. Primjerice, u donjim grudnim i u slabinsko-križnim odsječcima, *funiculus dorsalis* sastoji se samo od gracilnog snopića (*fasciculus gracilis*). Siva tvar je najmoćnije razvijena u podebljanjima (to se posebice odnosi na ventralne, motoričke robove), a najslabije u grudnim odsječcima. U vratnom podebljanju moćno su razvijeni ventralni rogovi, a dorzalni rogovi su upadljivo tanki. U gornjim vratnim odsječcima (C1-C4) su i ventralni rogovi stanjeni i usmjereni gotovo sagitalno (kao i u grudnim odsječcima). Na slovo "H" siva tvar kralježnične moždine najviše nalikuje u grudnim odsječcima. U slabinskim odsječcima slabinskog podebljanja dorzalni rogovi su deblji i moćnije razvijeni nego u vratnom podebljanju, ali su ventralni rogovi još uvijek deblji i moćnije razvijeniji od dorzalnih.



Slika 4-5. Izgled lateralne površine moždanog debla i talamusa. 1. thalamus; 2. pulvinar; 3. tuberculum anterius thalami; 4. corpus geniculatum laterale; 5. tractus opticus; 6. chiasma opticum; 7. nervus opticus; 8. colliculus superior; 9. colliculus inferior; 10. trigonum lemnisci; 11. nervus trochlearis; 12. crus cerebri; 13. nervus oculomotorius; 14. pedunculus cerebellaris superior; 15. pedunculus cerebellaris medius; 16. pedunculus cerebellaris inferior; 17. pons; 18. nervus trigeminus; 19. nervus facialis, nervus intermedius i nervus vestibulocochlearis; 20. nervus abducens; 21. nervus glossopharyngeus; 22. nervus vagus; 23. nervus hypoglossus; 24. nervus accessorius; 25. radices ventrales nervi spinalis; 26. radix dorsalis nervi spinalis; 27. plexus choroideus ventriculi quarti; 28. recessus lateralis ventriculi quarti; 29. tuberculum cuneatum; 30. sulcus dorsolateralis; 31. sulcus ventrolateralis. Nacrtno prema Nieuwenhuys i sur. (1988).

Moždano deblo spaja kralježničnu moždinu s malim i velikim mozgom

Moždano deblo (*truncus encephalicus*) je dio središnjeg živčanog sustava što spaja kralježničnu moždinu s malim i velikim mozgom. To spajanje je omogućeno na dva načina:

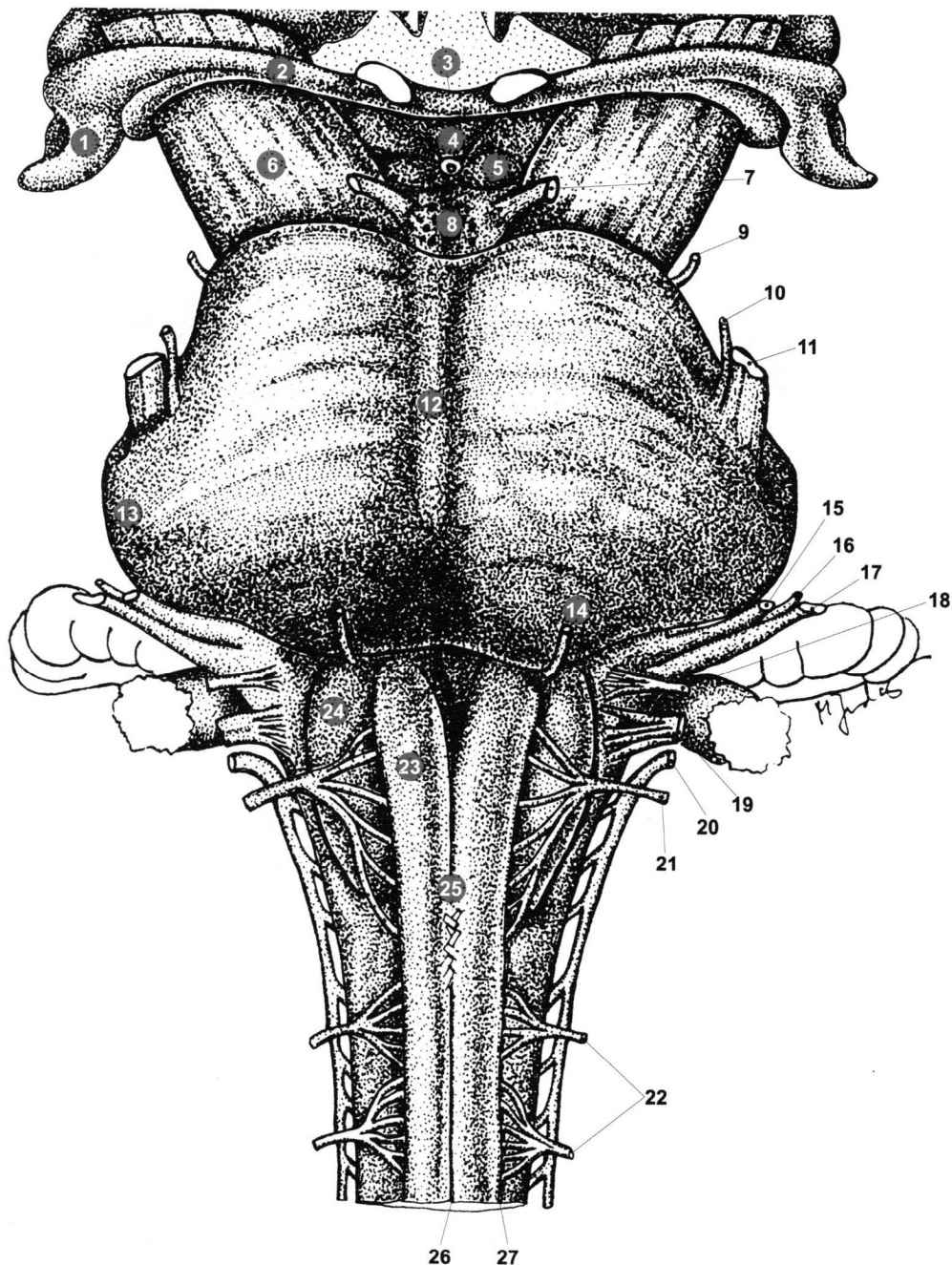
a) **kontinuitetom sive tvari**, što se od kralježnične moždine kroz tegmentum moždanog debla izravno nastavlja u međumozak (*diencephalon*);

b) **kontinuitetom bijele tvari**, tj. nizom dugih i kraćih, silaznih i uzlaznih snopova aksona, što povezuju središnji živčani sustav s periferijom tijela te različite dijelove središnjeg živčanog sustava međusobno, a svi prolaze kroz moždano deblo.

No, moždano deblo sadrži i niz zasebnih struktura, pa osim "spojnih i posredničkih" ima i brojne vlastite funkcije.

Tri temeljna dijela moždanog debla jesu: produljena moždina (*medulla oblongata*), most (*pons*) i srednji mozak (*mesencephalon*)

Moždano deblo ima tri temeljna dijela: produljenu moždinu (*medulla oblongata*), most (*pons*) i srednji mozak (*mesencephalon*). Od embrionalnog mezencefalona razvije se odrasli mezencefalon, dok se ostali dijelovi moždanog debla i mali mozak razvijaju od embrionalnog rombencefalona. Naime, *rhombencephalon* se podijeli na kaudalni *myelencephalon* (razvojna osnova produljene moždine) i rostralni *metencephalon* (razvojna osnova mosta i malog mozga). Od šupljine rombencefalona razvije se IV. moždana komora, što se kaudalno nastavlja u središnji kanal (*canalis centralis*) kralježnične moždine, a rostralno ju uski "vodovod srednjeg mozga" (*aqueductus mesencephali*) povezuje s III. komorom. Dno IV. komore (tzv. **rombna udubina** - *fossa rhomboidea*; sl. 4-7) je dorzalna površina rombencefalona (tj. mosta i produljene moždine), a krov IV. komore je mali mozak.



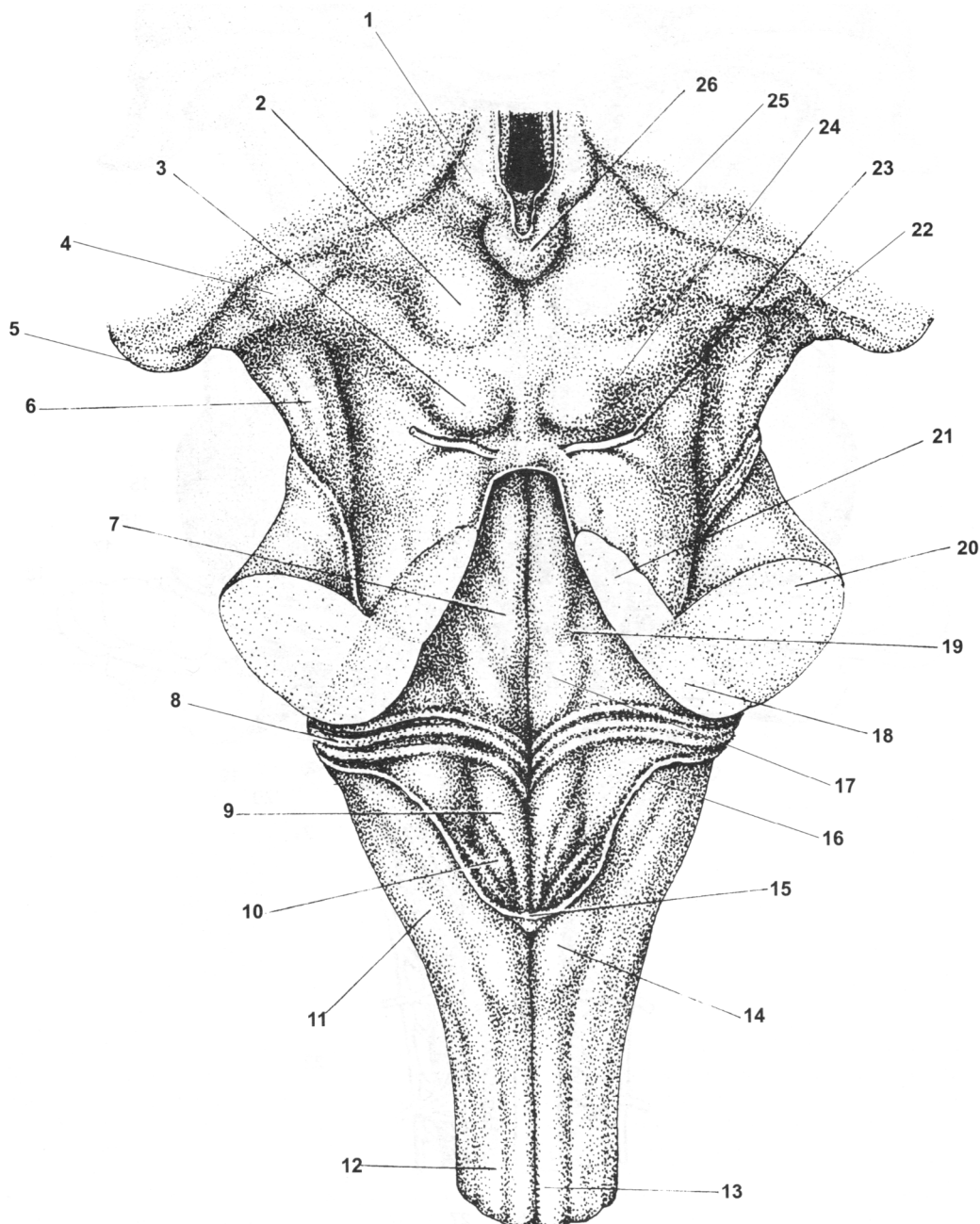
Slika 4-6. Izgled ventralne strane moždanog debla 1. corpus geniculatum laterale; 2. tractus opticus; 3. chiasma opticum; 4. infundibulum; 5. corpus mamillare; 6. crus cerebri; 7. n. oculomotorius; 8. fossa interpeduncularis; 9. n. trochlearis; 10. radix motoria n. trigemini; 11. radix sensoria n. trigemini; 12. sulcus basilaris pontis; 13. pedunculus cerebellaris medius; 14. n. abducens; 15. n. facialis; 16. n. intermedius; 17. n. vestibulocochlearis; 18. n. glossopharyngeus; 19. n. vagus; 20. n. accessorius; 21. n. hypoglossus; 22. radices ventrales nervi spinalis; 23. pyramis; 24. oliva; 25. decussatio pyramidum; 26. fissura mediana ventralis; 27. sulcus ventrolateralis. Nacrano prema Nieuwenhuys i sur. (1988).

Sve se to jasno uočava na mediosagitalnom presjeku kroz moždano deblo, mali mozak i veliki mozak (sl. 4-4), što ujedno jasno pokazuje kontinuitet sive i bijele tvari kralježnične moždine, moždanog debla i međumozga. Tri temeljna dijela moždanog debla također se jasno uočavaju pri pogledu na njegovu lateralnu (sl. 4-5) i ventralnu stranu (sl. 4-6); no na dorzalnoj strani moždanog debla (u području rombne udubine) granice tih dijelova su slabo izražene (sl. 4-7).

Tri uzdužne zone moždanog debla jesu: basis, tegmentum i tectum

Proučavanje presjeka moždanog debla (obojenih Weigertovom ili Nisslovom metodom) pokazuje nam da se cijelo moždano deblo može podijeliti u 3 uzdužne zone: *basis, tegmentum i tectum*. Te se zone također jasno uočavaju i na mediosagitalnom presjeku kroz moždano deblo (sl. 4-4).

Bazu moždanog debla oblikuju velike mase mijeliniziranih aksona silaznih motoričkih putova: *crus cerebri* u srednjem mozgu (*tractus corticospinalis, tractus corticonuclearis, tractus corticopontinus*), *basis pontis* u mostu (*tractus corticospinalis, završni dio tractus corticopontinus, fibrae pontocerebellares*), te

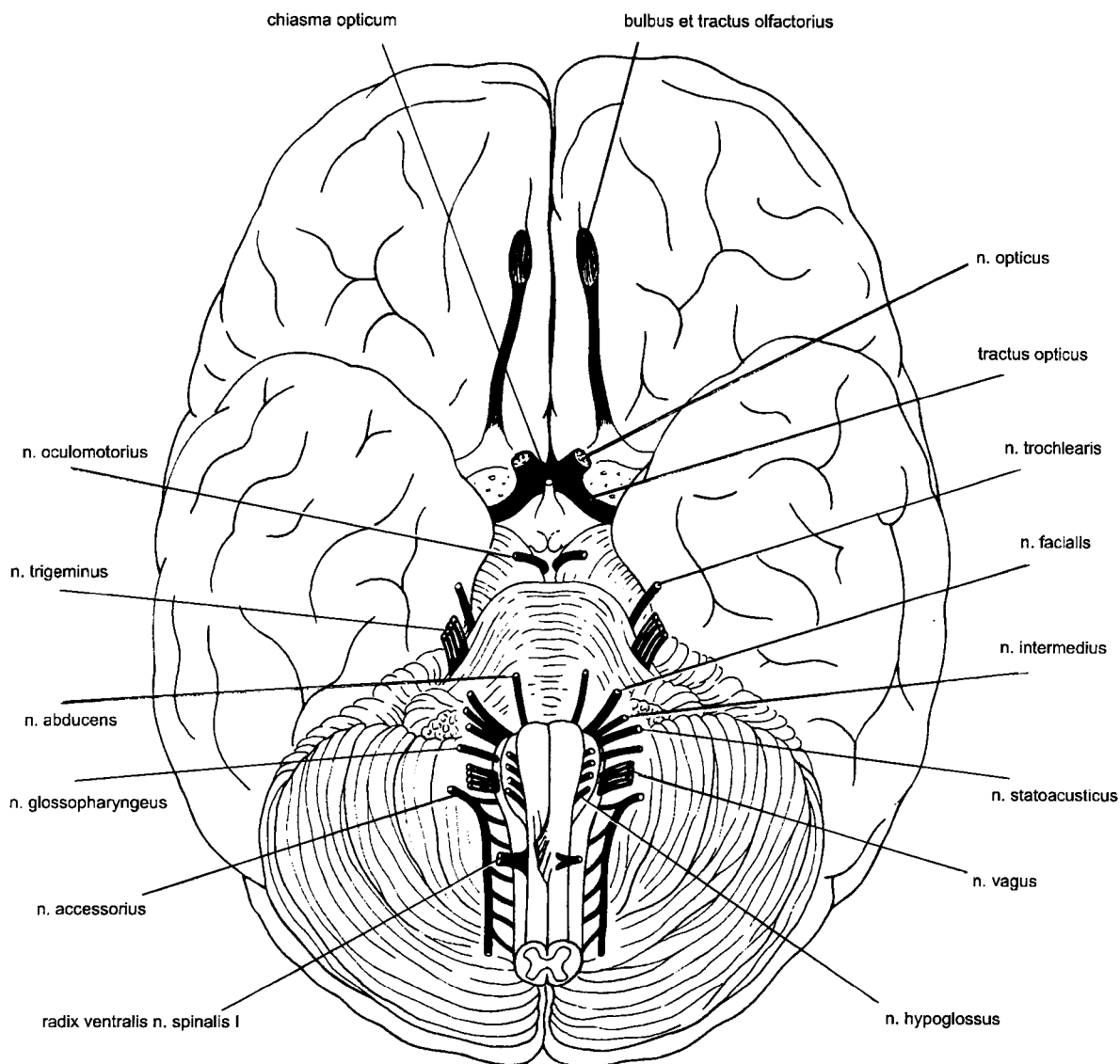


Slika 4-7. Izgled dorzalne strane moždanog debla, dna rombne udubine i epitalamusa. 1. trigonum habenulae; 2. colliculus superior; 3. colliculus inferior; 4. corpus geniculatum mediale; 5. corpus geniculatum laterale; 6. trigonum lemnisci; 7. eminentia mediana; 8. striae medullares; 9. trigonum n. hypoglossi; 10. trigonum n. vagi; 11. tuberculum cuneatum; 12. fasciculus cuneatus; 13. fasciculus gracilis; 14. tuberculum gracile; 15. obex; 16. taenia ventriculi quarti; 17. colliculus facialis; 18. pedunculus cerebellaris inferior; 19. sulcus limitans; 20. pedunculus cerebellaris medius; 21. pedunculus cerebellaris superior; 22. pedunculus cerebri; 23. n. trochlearis; 24. brachium colliculi inferioris; 25. brachium colliculi superioris; 26. corpus pineale.

pyramis medullae oblongatae (= *tractus corticospinalis*) u produljenoj moždini. Jedine jezgre smještene u bazi moždanog debla su *nuclei pontis* - sve ostalo su aksoni silaznih motoričkih putova.

Tectum (krovni dio) u užem smislu ima jedino srednji mozak - to je tzv. krovna ploča (*lamina tecti* = *tectum mesencephali*) sastavljena poglavito od gornjih i donjih kolikula (stoga je u mnogim starijim atlasima označena kao *lamina quadrigemina* ili točnije kao *lamina bigemina* - ploča s četiri kvržice). Krovni dio mosta i produljene moždine oblikuje mali mozak - no njega opisujemo kao zasebni dio mozga, a ne kao krovni dio moždanog debla.

Tegmentum je naziv što označava središnju sivu tvar moždanog debla. No, tu su smještene vrlo raznolike jezgre (npr. jezgre moždanih živaca, posebne osjetne ili motoričke jezgre, monoaminske jezgre, jezgre retikularne formacije) a kroz tegmentum također prolaze dugi osjetni uzlazni putovi (npr. *lemniscus medialis*, *lemniscus spinalis*, *corpus trapezoidum* i *lemniscus lateralis*, *tractus trigeminothalamicus*), te drugi važni putovi što povezuju strukture moždanog debla međusobno i s ostalim dijelovima mozga (npr. snopovi FLM, FLD, MFB, *tractus tegmentalis centralis*, silazni motorički i monoaminski putovi što polaze iz moždanog debla). Tegmentum srednjeg mozga (*tegmentum mesencephali*) izravno se rostralno nastavlja u hipotalamus i subtalamus (sl. 4-4).



Slika 4-8. Deset moždanih živaca (III. do XII, tj. *n. oculomotorius* do *n. hypoglossus*) povezano je s moždanim deblom. *Fila olfactoria* povezana su s telencefalonom, a *nervus opticus* s diencefalonom. *N. statoacusticus* = *n. vestibulocochlearis*. Za ostale pojediniosti vidi tekst.

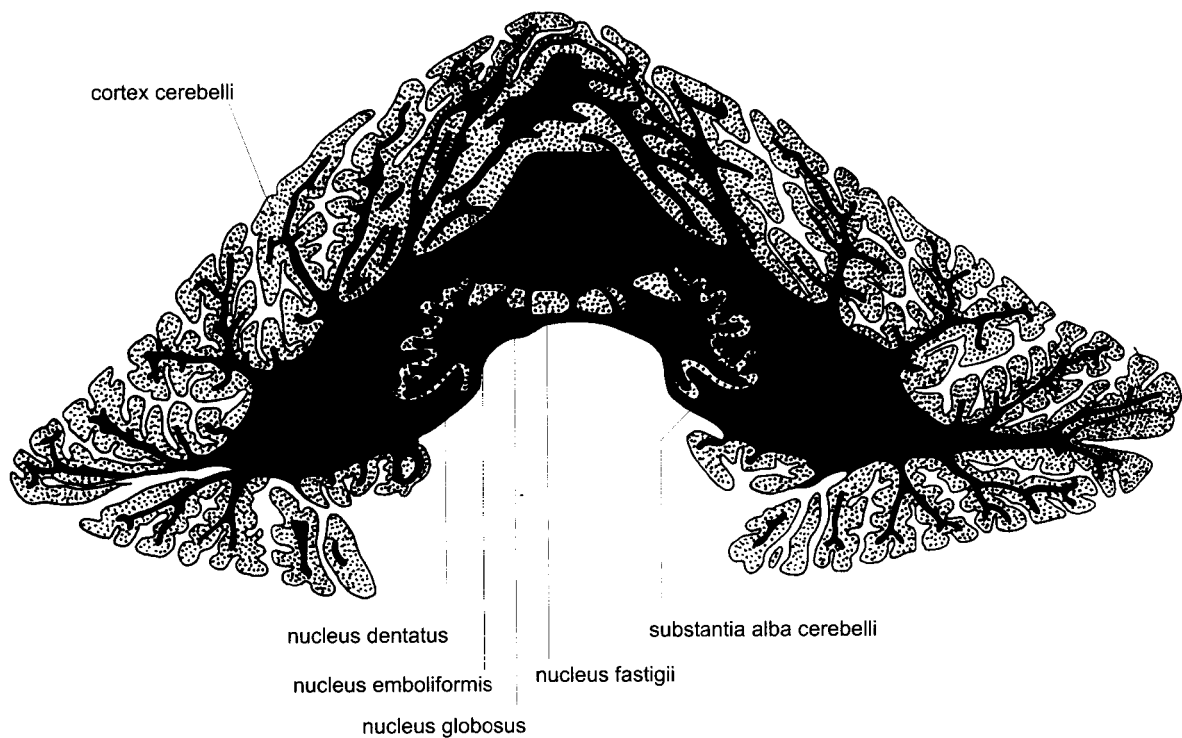
Tri para krakova povezuju tri dijela moždanog debla s malim mozgom, a između malog mozga i moždanog debla je IV. moždana komora

Gornji kraci (*pedunculi cerebellares superiores*) povezuju mali mozak sa srednjim mozgom, srednji kraci (*pedunculi cerebellares medii*) s mostom, a donji kraci (*pedunculi cerebellares inferiores*) s produljenom moždinom. Kad te krake prerežemo i tako odvojimo mali mozak, prikaže se rombna udubina s ostatkom dorzalne površine moždanog debla (sl. 4-7). Na takvom preparatu (kao i na mediosagitalnom presjeku - sl. 4-4) vidi se prvo da **produljena moždina ima kaudalni "zatvoreni" i rostralni "otvoreni" dio** - granicu ta dva dijela označava tanka pločica (*obex*) što ujedno označava i donji ugao rombne udubine, a nastavlja se rostralateralno kao *taenia ventriculi quarti* (uz tu je prugicu prirasla *tela choroidea ventriculi quarti*). Na dorzalnoj površini zatvorenog dijela produljene moždine (sl. 4-7) vidimo dvije kvržice: medijalnu (*tuberculum gracile*) i lateralnu (*tuberculum cuneatum*) - to su zapravo jezgre (*nucleus gracilis* i *nucleus cuneatus*) u kojima završavaju dva odgovarajuća snopa dorzalnih bijelih

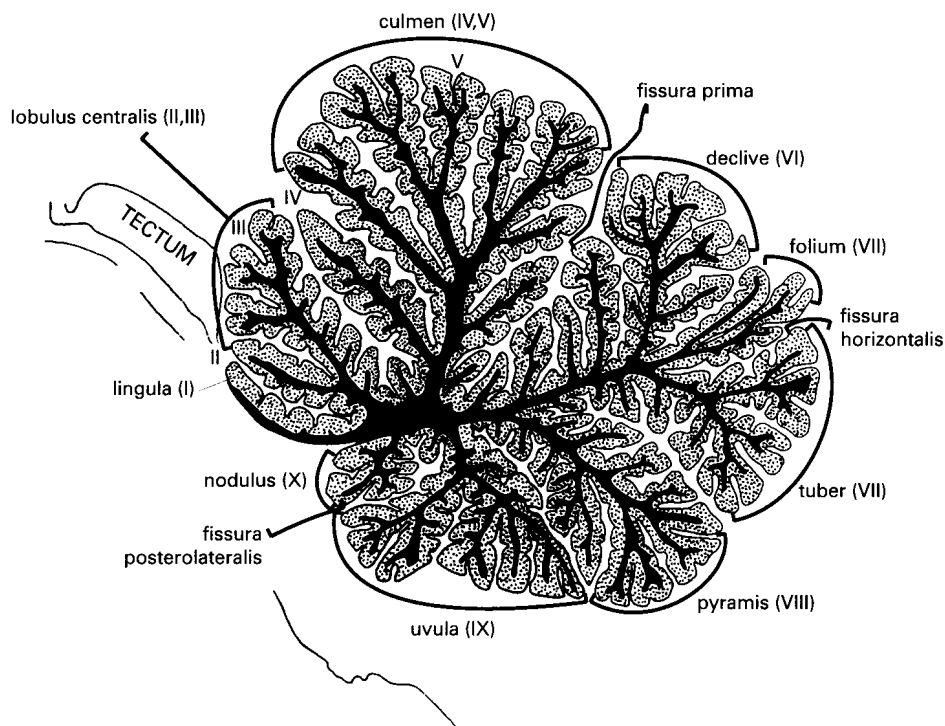
kolumni kralježnične moždine (*fasciculus gracilis* i *fasciculus cuneatus*).

Dorzalne površine produljene moždine i ponsa su u dnu rombne udubine stopljene, no njihovu granicu približno označuju poprečne bijele prugice (*striae medullares*) (sl. 4-7). Između obeksa i tih prugica je dorzalna površina otvorenog dijela produljene moždine, na kojoj uočavamo dva trokutasta polja (*trigonum n. hypoglossi* i *trigonum n. vagi*) ispod kojih su odgovarajuće jezgre moždanih živaca (sl. 4-7). Na dorzalnoj površini ponsa uočava se okruglo izbočenje (*colliculus facialis* - no ispod njega je *nucleus n. abducentis!*) što se prema rostralno nastavlja u valjkasto izbočenje (*eminentia teres* = *eminentia mediana*) (sl. 4-7). Središnji žlijeb (*sulcus medianus posterior*) dijeli rombnu udubinu na dvije simetrične polovice, a granični žlijeb (*sulcus limitans*) dijeli svaku polovicu na medijalni i lateralni dio (sl. 4-7).

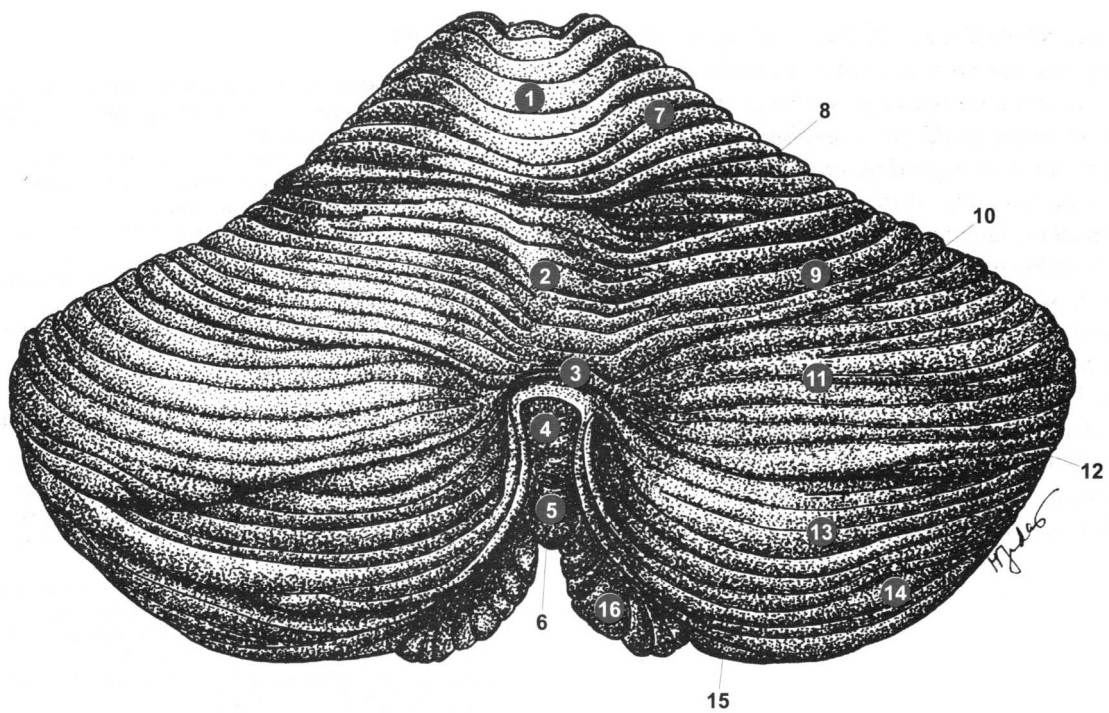
Prijelaz mosta u srednji mozak odgovara embrionalnom suženju rombencefalona (*isthmus rhombencephali*), a od njega se razvijaju gornji kraci malog mozga i *velum medullare superius* (rostralni dio krova IV. komore - sl. 4-4 i 4-7); to područje lako prepoznamo na dorzalnoj strani moždanog debla, jer



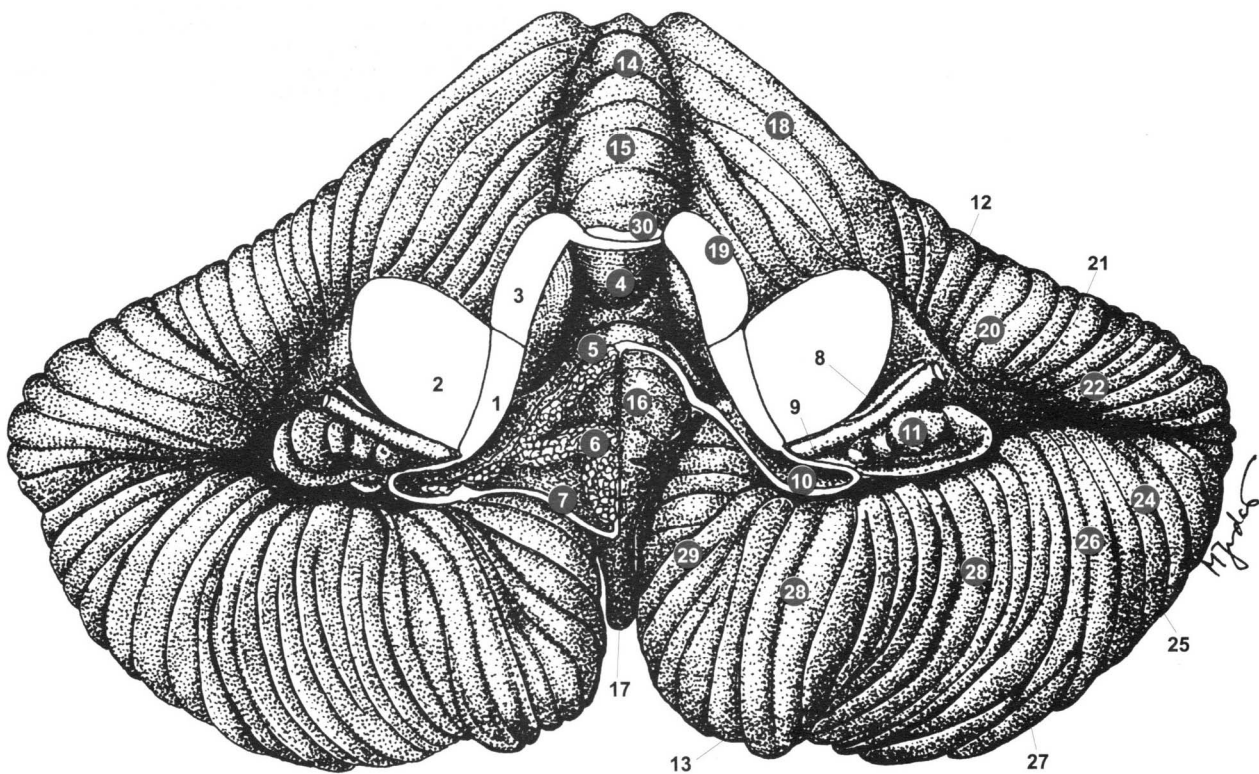
Slika 4-9. Mali mozak sastoji se od **kore** (*cortex cerebelli*), **bijele tvari** (*substantia alba cerebelli*) i **četiri parne duboke jezgre** (*nuclei cerebellares*): *nucleus fastigii*, *nucleus globosus*, *nucleus emboliformis* i *nucleus dentatus*. Pri opisu eferentnih projekcija malog mozga (što poglavito polaze iz dubokih jezgara - 15. i 35. poglavlje), vrlo često se *nucleus emboliformis* i *nucleus globosus* označuju zajedničkim nazivom *nucleus interpositus*; pritom *nucleus globosus* = *nucleus interpositus posterior*, a *nucleus emboliformis* = *nucleus interpositus anterior*. Izraz »interpositus« označuje da je ta jezgra umetnuta između jedne medijalne (*nucleus fastigii*) i jedne lateralne (*nucleus dentatus*) jezgre; zbog toga se onda često rabi i sljedeće nazive: *nucleus medialis* (= *nucleus fastigii*) i *nucleus lateralis* (= *nucleus dentatus*). Bijela tvar je ono što je na slici crne boje, a kora i duboke jezgre mozga su točkasta područja.



Slika 4-10. Mediosagitalni presjek kroz vermis pokazuje da bijela tvar malog mozga nalikuje drvetu (»drvo života« - *arbor vitae cerebelli*). Glavne grane tog drveta oblikuju režnjiće (*lobuli*) prekrivene »listićima« (*folia cerebelli*). Deset Larsellovih režnjića (označenih rimskim brojevima) zapravo obuhvaćaju svega devet režnjića klasične neuroanatomije. Ti režnjići su: *lingula*, *lobulus centralis*, *culmen*, *declive*, *folium*, *tuber*, *pyramis*, *uvula* i *nodulus*. *Fissura prima* odvaja prednji režanj (*lobus anterior*) od stražnjeg režnja (*lobus posterior*) (vidi i sl. 4-11), a *fissura posterolateralis* odvaja stražnji režanj od flokulonodularnog režnja (*lobulus flocculonodularis*) (vidi i sl. 4-12). Za dodatne pojedinosti vidi tekst.



Slika 4-11. Izgled gornje površine malog mozga. 1. culmen; 2. declive; 3. folium vermis; 4. tuber vermis; 5. pyramis vermis; 6. uvula vermis; 7. lobulus quadrangularis (pars anterior); 8. fissura prima; 9. lobulus simplex (= lobulus quadrangularis pars posterior); 10. fissura superior posterior; 11. lobulus semilunaris superior; 12. fissura horizontalis; 13. lobulus semilunaris inferior; 14. lobulus gracilis; 15. lobulus biventer; 16. tonsilla cerebelli. Nactano prema Nieuwenhuys i sur. (1988).



Slika 4-12. Izgled donje strane malog mozga. 1. pedunculus cerebellaris inferior; 2. pedunculus cerebellaris medius; 3. pedunculus cerebellaris superior; 4. velum medullare superius; 5. velum medullare inferius; 6. plexus choroideus ventriculi quarti; 7. tela choroidea ventriculi quarti; 8. n. intermedius; 9. n. vestibulocochlearis; 10. recessus lateralis ventriculi quarti; 11. flocculus; 12. fissura prima; 13. fissura secunda; 14. culmen; 15. lobulus centralis; 16. nodulus; 17. uvula; 18. lobulus quadrangularis pars anterior; 19. ala lobuli centralis; 20. lobulus simplex; 21. fissura superior posterior; 22. lobulus semilunaris superior; 23. fissura horizontalis; 24. lobulus semilunaris inferior; 25. fissura ansoparamediana; 26. lobulus gracilis; 27. fissura prebiventeris; 28. lobulus biventer; 29. tonsilla cerebelli; 30. lingula cerebelli. Nactano prema Nieuwenhuys i sur. (1988).

tuda izlazi *nervus trochlearis* (jedini moždani živac što izlazi na dorzalnoj strani moždanog debla - sl. 4-7). Napokon, na dorzalnoj strani srednjeg mozga vide se parne donje kvržice (*colliculi inferiores*) i gornje kvržice (*colliculi superiores*) (sl. 4-7). Bijeli snop aksona (*brachium colliculi inferioris*) povezuje donju kvržicu s medijalnim koljenastim tijelom talamusa (*corpus geniculatum mediale* - CGM), a isti takav snop aksona (*brachium colliculi superioris*) povezuje gornje kvržice s lateralnim koljenastim tijelom talamusa (*corpus geniculatum laterale* - CGL) (sl. 4-7). U središnjoj crti između gornjih kvržica leži epifiza (*corpus pineale*). Gornje i donje kvržice oblikuju krovnu ploču (*lamina tecti* = *tectum mesencephali*) srednjeg mozga; stoga za spojno područje srednjeg mozga i međumozga rabimo naziv pretektalno polje (*area praetectalis*).

S moždanim deblom povezano je 10 moždanih živaca

Prema tradicionalnoj podjeli, postoji 12 parnih moždanih živaca (sl. 4-8). Prvi moždani živac sastavljen je od njušnih vlakana (*fila olfactoria*) što izravno završavaju u njušnoj lukovici (*bulbus olfactorius*) - od nje se nastavlja novi snop aksona, *tractus olfactorius*; dakle, taj je živac izravno povezan s telencefalonom. Drugi moždani živac (*nervus opticus*) zapravo i nije pravi živac, nego dio vidnog puta (sastoji se od aksona ganglijskih stanica mrežnice, a to su aksoni trećeg neurona vidnog puta!) i izravno je povezan s međumozgom. Preostalih 10 moždanih živaca (III. - XII.) izravno je povezano s moždanim deblom (sl. 4-6 i 4-8).

Na ventralnoj strani moždanog debla, tri temeljna dijela vrlo lako razlikujemo na temelju karakterističnih izbočina te žljebova u koje uranjaju moždani živci (sl. 4-6). U produljenoj moždini, središnji ventralni žlijeb (*sulcus medianus ventralis*) razdvaja dva duguljasta ispupčena snopa aksona (*pyramis medullae oblongatae*) što se na samom prijelazu u kralježničnu moždinu križaju (*decussatio pyramidum*). Sa svake strane piramida nalazi se ispupčenje nalik na maslinu (*oliva medullae oblongatae*); piramide i olive razdvaja plitki žlijeb (*sulcus lateralis ventralis* = *sulcus ventrolateralis*) u kojem su korjenovi XII. moždanog živca (*nervus hypoglossus*). Drugi plitki žlijeb (*sulcus lateralis dorsalis* = *sulcus dorsolateralis*) odvaja olivu od lateralne površine produljene moždine, a u tom su žlijebu korjenovi IX., X. i XI. moždanog živca (*nervus glossopharyngeus*, *nervus vagus* i *nervus accessorius*).

Poprečni žlijeb (*sulcus transversus*) odvaja produljenu moždinu od mosta i bočno se proširuje u udubinu što se u kliničkoj medicini obično naziva pontocerebelarni ugao (*angulus pontocerebellaris*); u tom uglu smješteni su korjenovi VII. i VIII. moždanog živca (*nervus facialis* i *nervus vestibulocochlearis*), dok je korijen VI. živca (*nervus abducens*) smješten bliže središnjoj crti, u žlijebu što odvaja produljenu moždinu od mosta. U središnjoj crti mosta je uzdužni plitki žlijeb, *sulcus basilaris*, u kojem leži *arteria basilaris*, a vidljivi ventralni dio mosta su zapravo debeli srednji kraci malog mozga; kroz lateralni dio tih krakova probijaju se korjenovi V. moždanog živca (*nervus trigeminus* - *portio major* i *portio minor*).

Bočno, uz granicu mosta i srednjeg mozga vidi se *nervus trochlearis*, što tuda s dorzalne strane debla dospijeva ventralno (sl. 4-5 i 4-6). Ventralni središnji dio srednjeg mozga je duboka jama (*fossa interpeduncularis*) na čijem dnu vidimo niz otvora za prolaz krvnih žila (*substantia perforata posterior*), a bokovi te jame su moćni moždani kraci (*pedunculi cerebri* - točnije *basis pedunculi* = *crura cerebri*) (sl. 4-6). U žlijebu između moždanih krakova i središnje udubine vide se korjenovi III. moždanog živca (*nervus oculomotorius*) (sl. 4-6).

Uočite da XI. moždani živac ima i spinalni korijen (*radix spinalis n. accessorii*) što u lubanjsku jamu ulazi iz vratnih segmenata kralježnične moždine kroz veliki lubanjski otvor (*foramen magnum*).

Mali mozak ima koru, bijelu tvar, 4 parne duboke jezgre i 3 režnja s 10 režnjića što oblikuju središnji vermis i dvije bočne hemisfere

Mali mozak (*cerebellum*) je smješten u donjem dijelu stražnje lubanjske jame, a od zatiljnog režnja velikog mozga odvaja ga podvostručenje tvrde moždane ovojnice, *tentorium cerebelli*. Mali mozak ujedno oblikuje krov IV. moždane komore (sl. 4-4). Iako zauzima tek 10% ukupnog volumena mozga, mali mozak sadrži više od 50% svih moždanih neurona. Ti neuroni oblikuju tanku površinsku koru (*cortex cerebelli*) što je nabrana u brojne, uske i usporedne vijugice (*gyri cerebellares*). Te vijugice i danas mnogi atlas i udžbenici opisuju kao *folia cerebelli*, listiće malog mozga - naziv opisuje prizor mediosagitalnog presjeka kroz mali mozak, na kojem vijugice nalikuju listovima "drveta života" (*arbor vitae* - vidi niže i sl. 4-4 i 4-10). Vijugice su raspoređene u 10 režnjića (*lobuli*) što oblikuju 3 veća režnja (*lobi* - vidi Dodatni okvir 4-1 i sl. 4-10). Kako je već spomenuto u prethodnim odlomcima, tri para nožica tj. krakova (*pedunculi cerebellares*) povezuju mali mozak s moždanim deblom (sl. 4-5 i 4-7). Mali mozak sastoji se od tri glavna dijela (sl. 4-9):

- 1) kore (*cortex cerebelli*),
- 2) bijele tvari (*substantia alba cerebelli*) i
- 3) četiri parne duboke jezgre (*nuclei cerebellares*).

Građu malog mozga najbolje uočavamo na mediosagitalnom presjeku kroz vermis (sl. 4-10), što pokazuje da bijela tvar malog mozga nalikuje tankom razgranatom drvcu (tzv. "drvo života" - *arbor vitae cerebelli*). Glavne grane tog drveta oblikuju režnjiće (*lobuli*) prekrivene "listićima" (*folia cerebelli*). Razdiobu te naizgled nepregledne mase vijugica u režnjeve i režnjiće omogućuje nam poznavanje razvoja malog mozga.

Tijekom embrionalnog i fetalnog razvoja, na glatkoj i pločastoj razvojnoj osnovi malog mozga (tzv. cerebelarna ploča, *lamina cerebellaris*) prvo se pojavi posterolateralna pukotina (*fissura posterolateralis*) što fetalni mali mozak podijeli u dva temeljna dijela: a) malu, kaudalno smještenu osnovu flokulonodularnog režnja (*lobus flocculonodularis*) i b) veliki preostali dio, tijelo malog mozga (*corpus cerebelli*). Potom se pojavi primarna pukotina (*fissura prima*) što tijelo malog mozga podijeli u prednji režanj (*lobus anterior*) i stražnji režanj (*lobus posterior*). Prema tome, tri temeljna morfološka dijela malog mozga (od naprijed prema nazad) su: *lobus anterior*, *lobus posterior* i *lobus flocculonodularis*. Kasnije se u ta tri temeljna dijela pojave i druge pukotine i žljebovi, pa nastane ukupno 10 režnjića (sl. 4-10) a njihova se površina nabora u niz tankih, usporednih i poprečno položenih vijugica (*folia cerebelli*).

No, već prvi pogled na dorzalnu površinu malog mozga (sl. 4-11) otkriva nam drugu korisnu morfološku podjelu malog mozga - na središnji crvoliki dio tj. vermis (*vermis cerebelli*) i dvije velike polutke (*hemisphaeria cerebelli*). Stoga je i svaki režanj tj. režnjić sastavljen od odgovarajućeg dijela vermisa i susjednih dijelova hemisfera (sl. 4-11, 4-12). Štoviše, na temelju ulazno-izlaznih veza koru malog mozga možemo podijeliti u **tri uzdužne funkcionalne zone**: medijalnu (vermis) intermedijalnu (medijalni dio hemisfere) i lateralnu (lateralni dio hemisfere).