

## Ustrojstvo sive i bijele tvari moždanog debla i malog mozga

Moždano deblo (*truncus encephalicus*) spaja kralježničnu moždinu s malim i velikim mozgom na dva načina:

- kontinuitetom sive tvari**, što se od kralježnične moždine kroz tegmentum moždanog debla izravno nastavlja u međumozak (*diencephalon*);
- kontinuitetom bijele tvari**, tj. nizom dugih i kraćih, silaznih i uzlaznih snopova aksona, koji povezuju središnji živčani sustav s periferijom tijela kao i različite dijelove SŽS-a međusobno, a svi prolaze kroz moždano deblo.

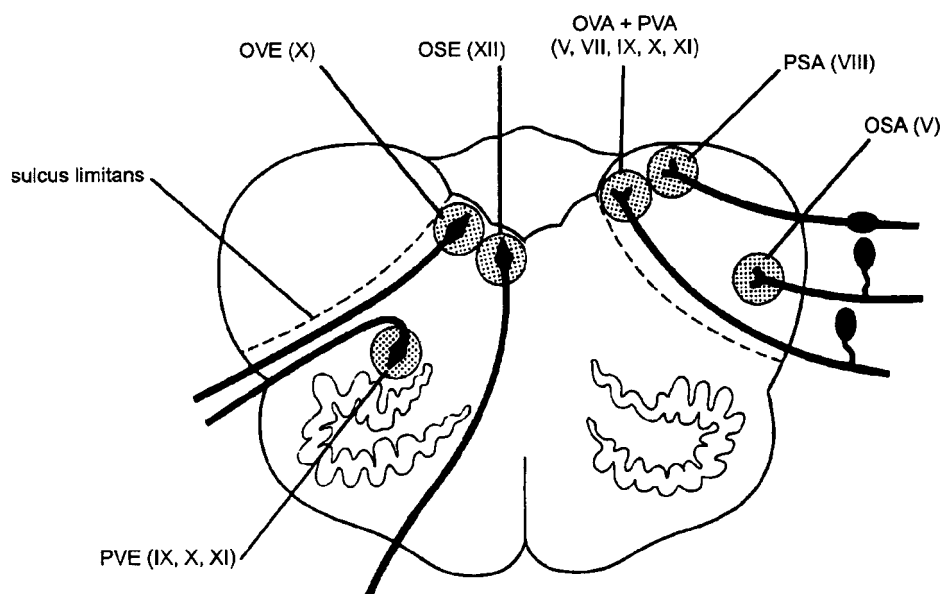
No, moždano deblo sadrži i niz zasebnih struktura, pa osim spojnih i posredničkih ima i brojne vlastite funkcije – dovoljno je spomenuti osjetne i motoričke jezgre moždanih živaca, posebne motoričke i osjetne jezgre, autonomna središta što upravljaju radom srčano-krvožilnog i dišnog sustava, uzlazne aktivacijske monoaminske sustave aksona što upravljaju općom razinom moždane aktivnosti (npr. ciklusom budnosti i spavanja). Mnoge od tih struktura opisane su u odgovarajućim poglavljima, a ovdje se prikazuje opći plan ustrojstva moždanog debla.

### Na prijelazu iz kralježnične u produljenu moždinu dolazi do bitnih promjena unutarnjeg ustrojstva

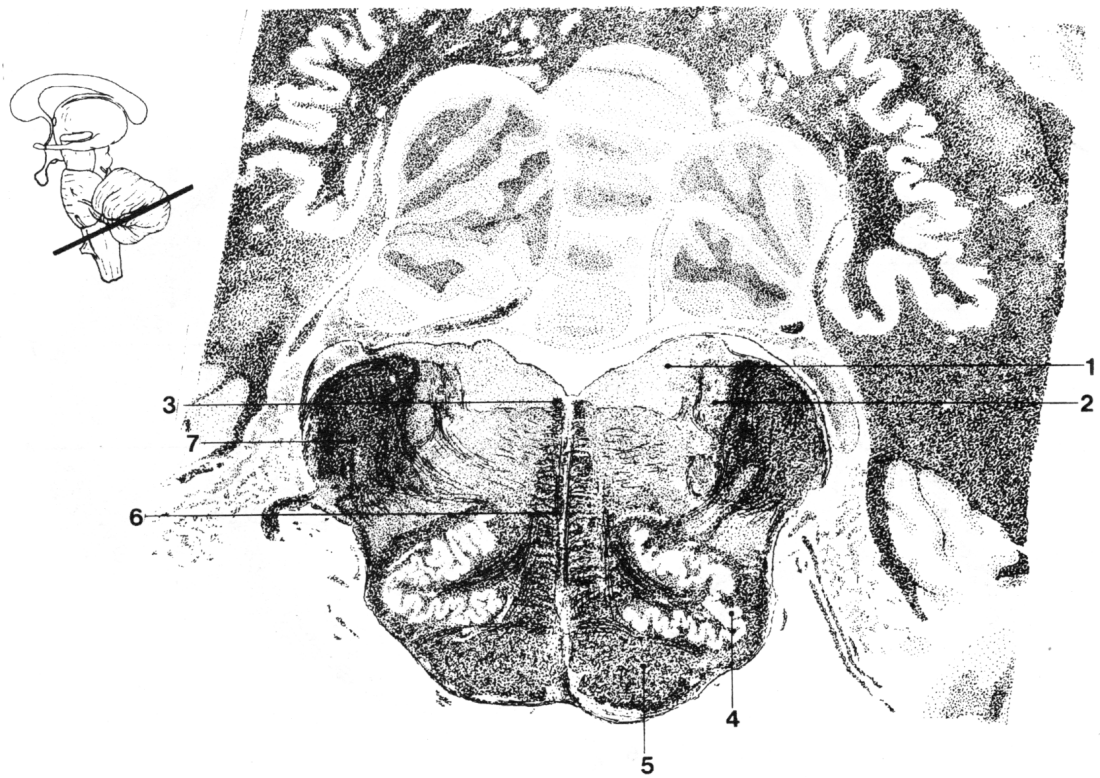
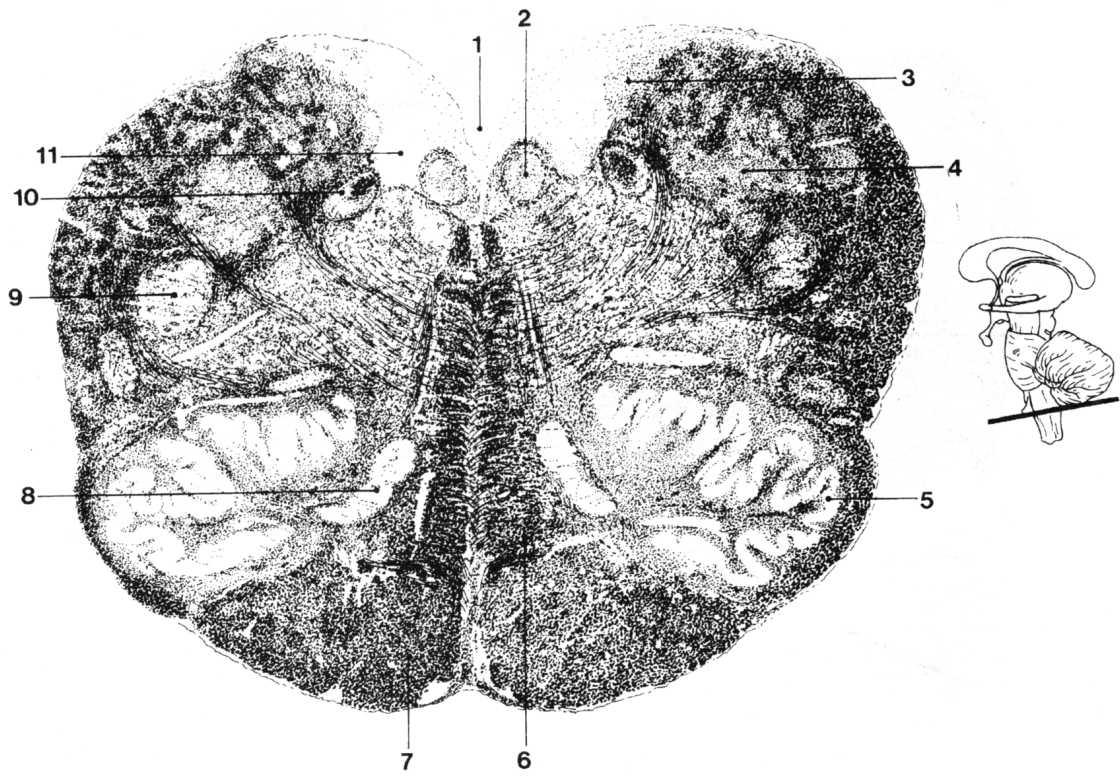
Unutarnje ustrojstvo zatvorenog i otvorenog dijela produljene moždine bitno se razlikuje. Zatvoreni dio još uvijek dosta nalikuje kralježničnoj moždini, jer je tu siva tvar još uvijek okružena izvanjskim slojem bijele tvari, a šupljina IV. moždane komore je sužena u uski središnji kanal. No,

rostralni otvoreni dio pokazuje niz značajnih promjena:

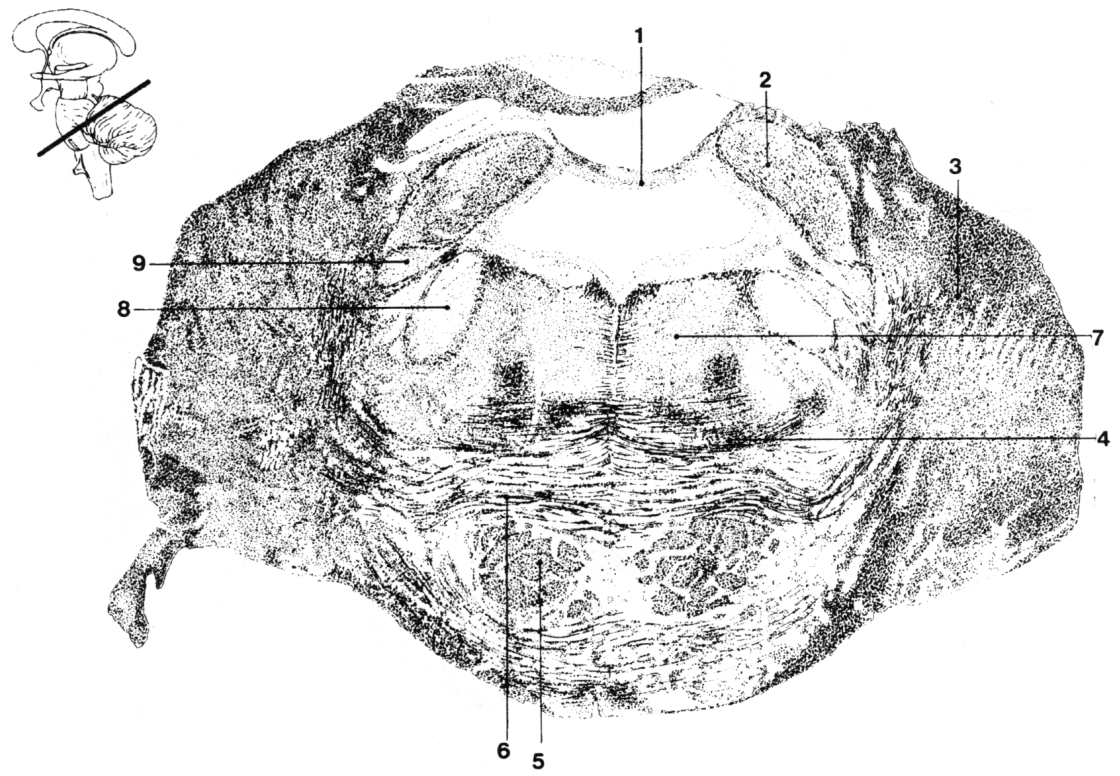
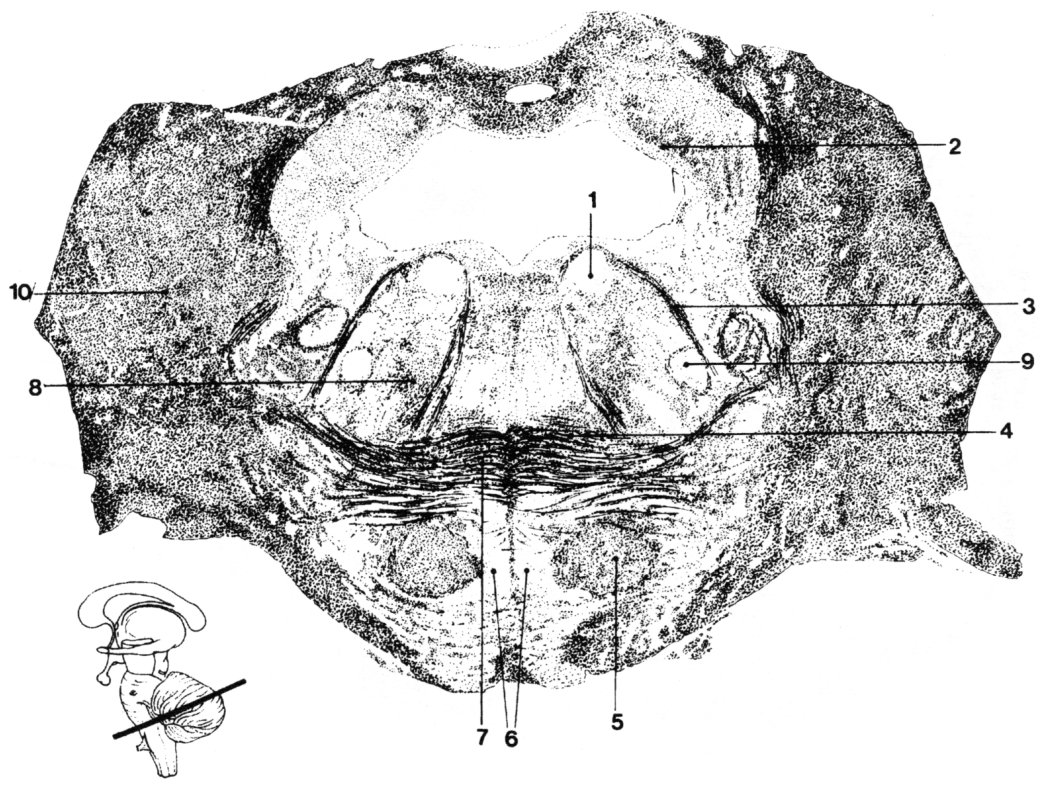
- Središnji kanal se proširi u IV. moždanu komoru, a produljena moždina se “rasklopi poput knjige” (ono što je u kralježničnoj moždini bilo dorzalno u otvorenom dijelu produljene moždine postaje lateralno).
- Zbog toga u dnu IV. moždane komore osjetne jezgre moždanih živaca (koje su rostralni nastavak dorzalnog roga kralježnične moždine) leže lateralno od graničnog žlijeba (*sulcus limitans*), motoričke jezgre moždanih živaca (koje su rostralni nastavak ventralnog roga) leže uz središnju crtu (između graničnog i središnjeg žlijeba), a autonomne (parasimpatičke) jezgre moždanih živaca (koje su rostralni nastavak lateralnog roga) leže između motoričkih i osjetnih jezgara (sl. 15-1).
- Lissauerov snop (*fasciculus dorsolateralis*) se nastavlja u spinalni put trigeminusa (*tractus spinalis n. trigemini*), a *substantia gelatinosa Rolandi* se nastavlja kao *nucleus spinalis n. trigemini* (= *substantia gelatinosa n. trigemini*).
- Središnja siva tvar silno se razvije i oblikuje retikularnu formaciju (*formatio reticularis*).
- Pojavljaju se nove osjetne jezgre (*nucleus gracilis*, *nucleus cuneatus*) i nove motoričke jezgre (sklop donje olive).
- Na ventralnoj strani produljene moždine jasno se ističe kortikospinalni put kao *pyramis medullae oblongatae*, a njegovo križanje (*decussatio pyramidum*) označuje granicu produljene i kralježnične moždine.
- Pojavljaju se i druge posebne jezgre (npr. serotoninske *nuclei raphe*s) i novi snopovi aksona (npr. FLM snop, *lemniscus medialis*, *pedunculus cerebellaris inferior*).



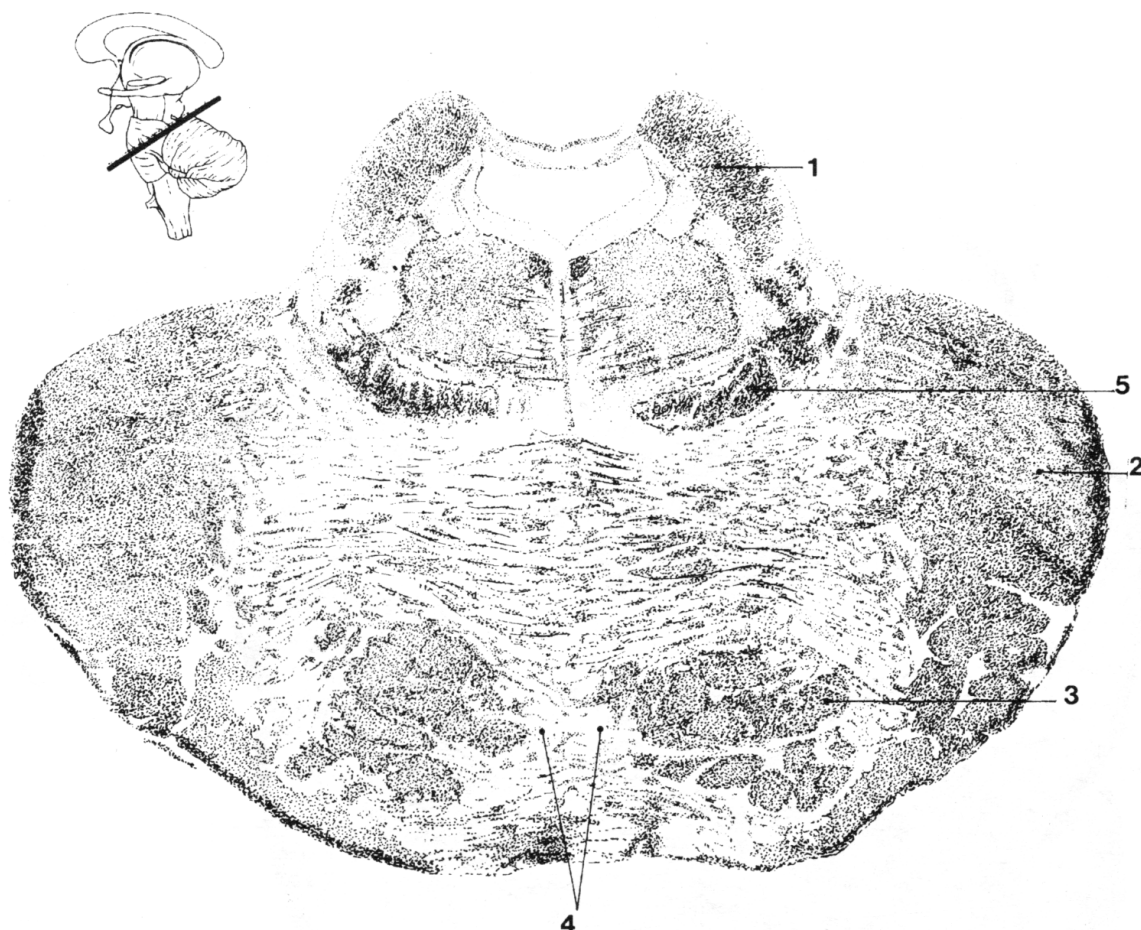
**Slika 15-1.** Shema razmještaja funkcionalnih nizova jezgara moždanih živaca u odnosu na dva glavna žlijeba dna rombne udubine – srednjocrtni žlijeb (*sulcus medianus*) i granični žlijeb (*sulcus limitans*). Za pojedinosti vidi tekst.



Slika 15-2. (gore) i slika 15-3. (dolje)



Slika 15-4. (gore) i slika 15-5. (dolje)



Slika 15-6.

**Vanjski izgled moždanog debla izraz je njegove unutarnje građe – izbočine i polja na površini odgovaraju jezgrama ili snopovima aksona u dubini**

Kaudalno-kranijalni niz poprečnih mijeloarhitektonskih presjeka kroz moždano deblo (od spinomedularnog do mezodiencefaličkog prijelaza, slike 15-2 do 15-8) pokazuje da različite izbočine i polja na površini moždanog debla odgovaraju jezgrama ili snopovima aksona u njegovoj nutrini te da se siva i bijela tvar moždanog debla izravno nastavljaju u sivu i bijelu tvar kraljeznične moždine (kaudalno) i međumozga (kranijalno). Takav niz presjeka je najpogodniji za prikaz glavnih struktura i općeg plana ustrojstva moždanog debla.

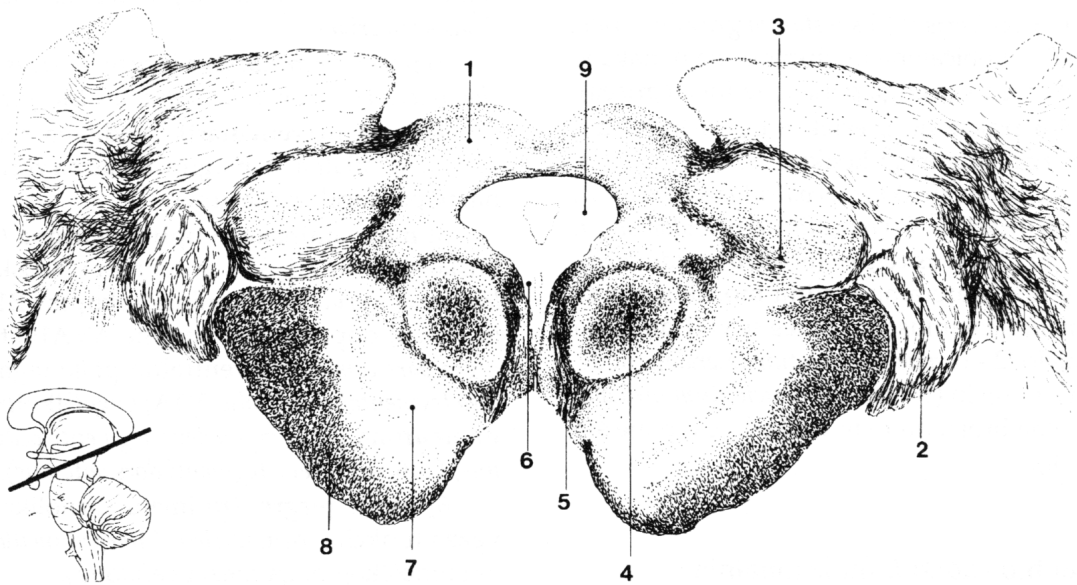
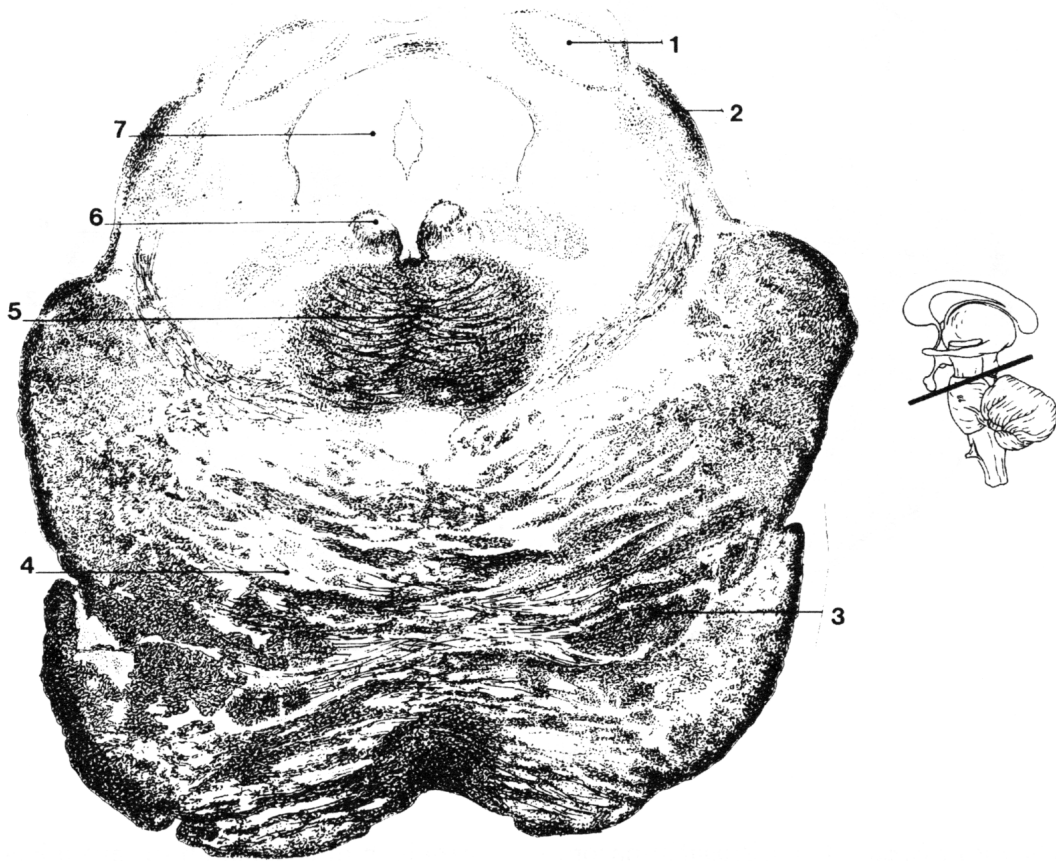
**Slika 15-2** (presjek kroz sredinu produljene moždine i kaudalni kraj rombne udubine). *Pyramis medullae oblongatae* je zapravo kortikospinalni put (7 – *tractus corticospinalis*); *oliva medullae oblongatae* je sklop donje olivarne jezgre (5 – *nucleus olivaris inferior*, 8 – *nucleus olivaris accessorius medialis*). *Tuberculum gracile* sadrži *nucleus gracilis* (3), a *tuberculum cuneatum* sadrži *nucleus cuneatus* (4). Trokut XII. moždanog živca (*trigonum n. hypoglossi*) prekriva njegovu jezgru (2 – *nucleus n. hypoglossi*), a trokut X. moždanog živca (*trigonum n. vagi*) prekriva dorzalnu jezgru vagusa (11 – *nucleus dorsalis n. vagi*). U blizini te jezgre je solitarna jezgra (10 – *nucleus solitarius*), a lateralno je velika spinalna jezgra V. živca (9 – *nucleus spinalis n. trigemini*). Uz središnju crtu je veliki trokutasti snop aksona (6 – *lemniscus medialis*), a na vršku tog trokuta je manji snopić aksona u blizini jezgre XII. živca (*fasciculus longitudinalis medialis* = FLM

snop; na slici nije označen brojem!). Sredinom dna rombne udubine ide srednjo-crtni žlijeb (1 – *sulcus medianus*).

**Slika 15-3** (presjek kroz kranijalni dio produljene moždine). I na ovoj razini se vide *tractus corticospinalis* (5), *nucleus olivaris inferior* (4), *lemniscus medialis* (6) i FLM snop (3), ali se pojavljuju i nove strukture: *pedunculi cerebellares inferiores* (7), sklop vestibularnih jezgara (1 – *nucleus vestibularis medialis*; 2 – *nucleus vestibularis lateralis*), a mali mozak oblikuje krov IV. komore.

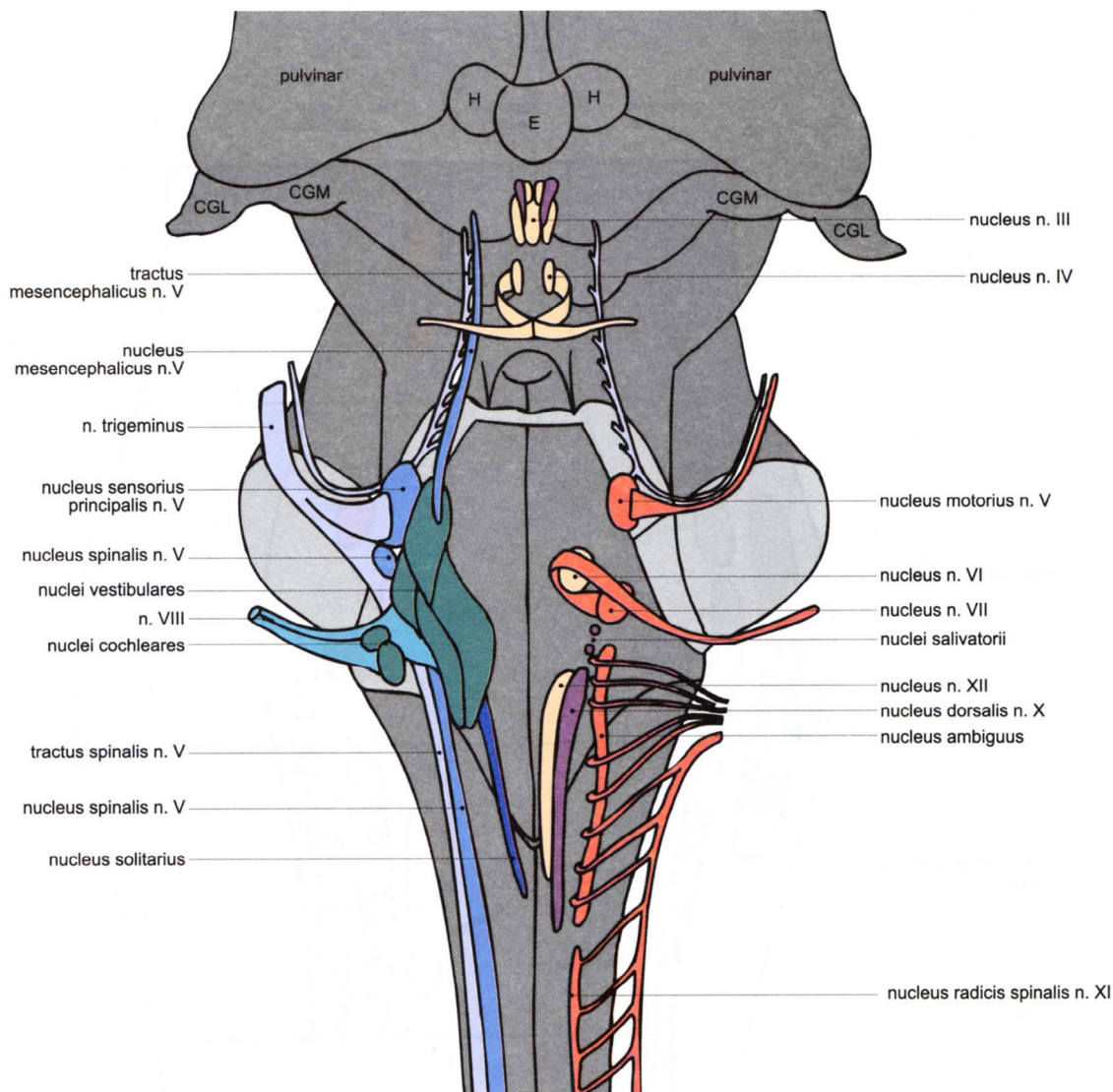
**Slika 15-4** (presjek kroz kaudalni dio mosta). Došlo je do brojnih bitnih promjena unutarnjeg ustrojstva. *Corpus trapezoidum* (7) označuje granicu tegmentuma (dorzalno) i baze mosta (ventralno). Baza mosta sastoji se od goleme mase vodoravno usmjerenih aksona koji polaze od jezgara ponsa (6 – *nuclei pontis*) i lateralno oblikuju srednje krakove malog mozga (10 – *pedunculi cerebellares medii*). *Tractus corticospinalis* više nije na ventralnoj površini, nego je “razbijen” u nekoliko uzdužnih snopova aksona (5 – *fasciculi longitudinales pontis*) usred baze mosta. Ni *lemniscus medialis* (4) više nije okomito usmjereni trokutasti snop uz središnju crtu, nego je vodoravno usmjereni snop u tegmentumu, lateralno od trapezoidnog tijela.

Tegmentum mosta sadrži brojne strukture, a ovdje su istaknute dvije jezgre moždanih živaca: *nucleus n. abducentis* (1) kojoj na dnu rombne udubine odgovara *colliculus facialis*, te *nucleus n. facialis* (9) u dubini ventrolateralnog tegmentuma, od koje aksoni u luku odlaze prema dorzalnoj površini (3 – *fila radicularia n. facialis*), zavijaju oko jezgre abducensa i tu oblikuju *genu internum n. facialis*, a potom naglo zaviju ventrolateralno i iz moždanog debla izlaze u



Slika 15-7. (gore) i slika 15-8. (dolje)





**Slika 15-9.** Jezgre deset moždanih živaca raspoređene su u tegmentumu moždanog debla u sedam uzdužnih nizova (vidi i sl. 15-10), te po načelu 2:4:4. Jezgre III. i IV. živca su u srednjem mozgu, jezgre V., VI., VII. i VIII. živca su uglavnom u mostu, a jezgre IX., X., XI. i XII. živca su u produljenoj moždini. Za pojedinosti vidi tekst. Nacrtno, uz izmjene, prema Nieuwenhuys i sur. (1988).

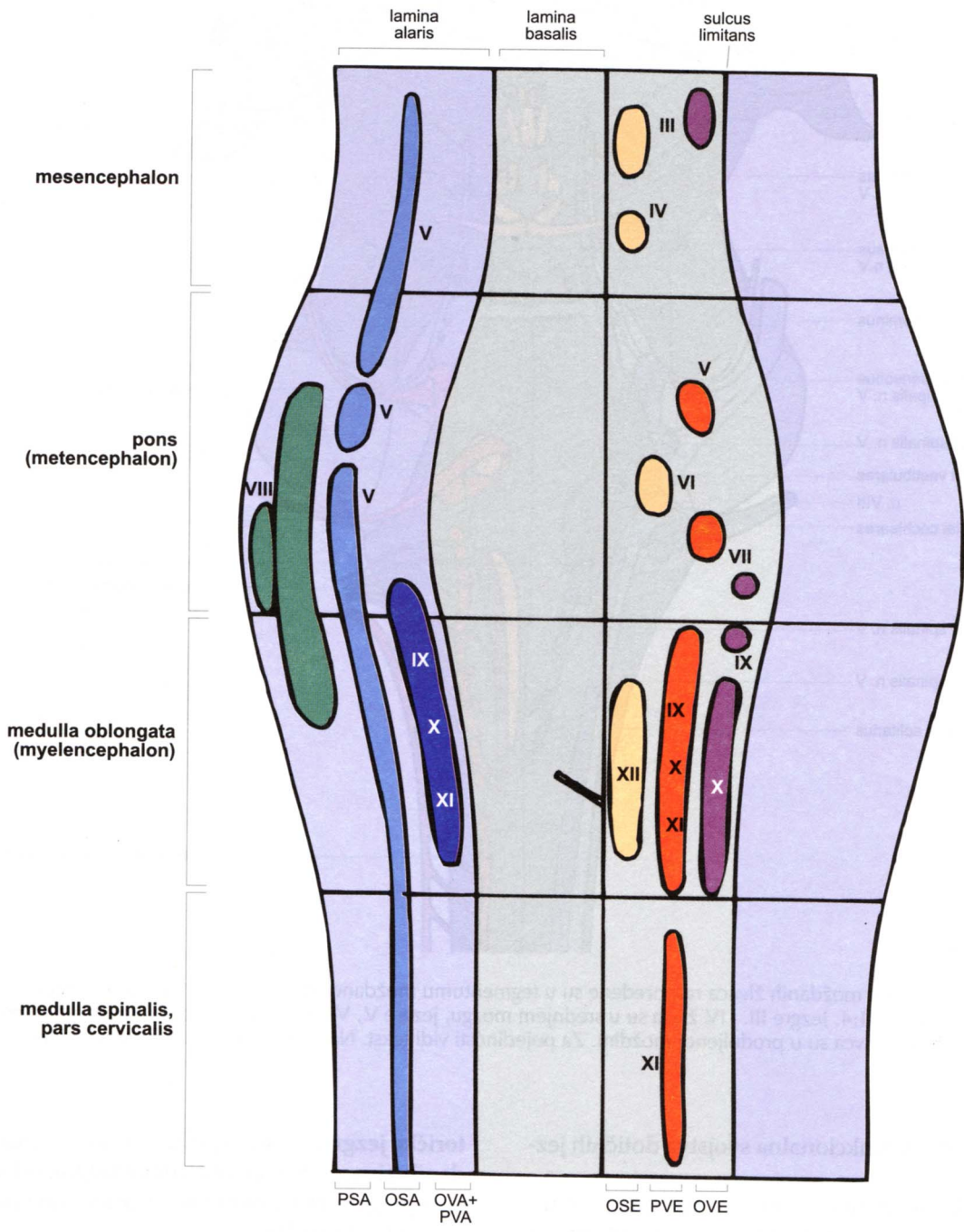
pontocerebelarnom uglu (što se ne vidi na ovom presjeku). U sredini tegmentuma je velik snop aksona (8 – *tractus tegmentalis centralis*) što povezuje crvenu jezgru srednjeg mozga (*nucleus ruber*) sa sklopom donje olive (*tractus rubroolivaris*), a sadrži i glavninu monoaminskih aksona. Uočava se i početni dio gornjih krakova malog mozga (2 – *pedunculi cerebellares superiores*).

**Slika 15-5** (presjek kroz središnji dio mosta). Vide se gornji krakovi malog mozga (2), *corpus trapezoidum* (4), *tractus corticospinalis* (5), te *fibrae pontocerebellares* (6 = *fibrae pontis profundae*) koje oblikuju srednje krakove malog mozga (3). Gornji medularni veo (1 – *velum medullare superius*) oblikuje kranijalni dio krova IV. komore. Retikularna formacija (7) čini glavninu tegmentuma mosta, a tu su i glavna motorička i osjetna jezgra V. živca (8 – *nucleus motorius n. trigemini*; 9 – *nucleus pontinus n. trigemini*).

**Slika 15-6** (presjek kroz sredinu kranijalne polovice mosta). Vide se gornji (1) i srednji (2) kraci malog mozga, kortikospinalni put (3) i *nuclei pontis* (4), a posebno je uočljiv *lemniscus medialis* (5).

**Slika 15-7** (presjek kroz kranijalni dio mosta u ventralnom dijelu, odnosno kroz kaudalni dio srednjeg mozga, tj. donje kolikule, u dorzalnom dijelu). Vidi se kortikospinalni put (3) i jezgre mosta (4) te pet novih bitnih struktura: *colliculi inferiores* (1), *lemniscus lateralis* (2), *decussatio pedunculorum cerebellarium superiorum* (5), *nucleus n. trochlearis* (6) i *substantia grisea centralis mesencephali* (7). Za ovu posljednju je uobičajena i međunarodna oznaka PAG (skraćeno za engl. periaqueductal grisea).

**Slika 15-8** (presjek kroz rostralni dio srednjeg mozga, tj. gornje kolikule). Uz PAG (9), vidi se niz novih struktura: *colliculus superior* (1), *nucleus ruber* (4), *nucleus* (6) i *radix* (5) *nervi oculomotorii*, *substantia nigra* (7) i *crus cerebri* (8 = *basis pedunculi*). Dorzolateralno se srednji mozak stapa sa stražnjim dijelom talamusa, od kojeg se vide lateralno i medijalno koljenasto tijelo (2 – *corpus geniculatum laterale*; 3 – *corpus geniculatum mediale*) te *pulvinar* (veliko bijelo polje koje prekriva 2 i 3, a nije označeno brojem).



**PSA (n. VIII)**

*nuclei cochleares:*  
 nucleus cochlearis dorsalis  
 nucleus cochlearis ventralis

*nuclei vestibulares:*  
 nucleus vestibularis medialis  
 nucleus vestibularis lateralis  
 nucleus vestibularis superior  
 nucleus vestibularis inferior

**OSA**

nucleus mesencephalicus nervi trigemini  
 nucleus sensorius principalis n. trigemini  
 nucleus spinalis n. trigemini (n. V, VII, IX, X)

**OVA + PVA**

nucleus solitarius (n. V, VII, IX, X)

**OSE**

nucleus nervi oculomotorii  
 nucleus nervi trochlearis  
 nucleus nervi abducentis  
 nucleus nervi hypoglossi

**PVE**

nucleus motorius nervi trigemini  
 nucleus nervi facialis  
 nucleus ambiguus (n. IX, X, XI)

**OVE**

nucleus accessorius n. oculomotorii  
 nucleus salivatorius superior (n. VII)  
 nucleus salivatorius inferior (n. IX)  
 nucleus dorsalis nervi vagi

Slika 15-10. Jezgre moždanih živaca i vlakna koja iz njih polaze ili u njima završavaju. Za pojediniosti vidi tekst.

## Moždano deblo sadrži 6 funkcionalnih skupina sive tvari

Različite dijelove sive tvari moždanog debla pogodno je razvrstati u 6 temeljnih funkcionalnih skupina:

- 1) **jezgre moždanih živaca** (osjetne, motoričke, parasimpatičke);
- 2) **posebne osjetne jezgre** (*nucleus gracilis, nucleus cuneatus, nucleus olivaris superior, colliculus inferior, colliculus superior*);
- 3) **posebne motoričke jezgre** (*nucleus olivaris inferior, nuclei pontis, nucleus ruber, nucleus niger*);
- 4) **retikularna formacija** (*formatio reticularis*) s tri uzdužne zone: lateralnom parvocelularnom, medijalnom magnocelularnom te središnjom-medijanom zonom (*nuclei raphe*);
- 5) **monoaminske skupine neurona** (noradrenalske skupine A1-A7, npr. *nucleus locus coerulei*; dopaminske skupine A8-A10, tj. *substantia nigra pars compacta* i *area tegmentalis ventralis, VTA*; serotoninске skupine B1-B9, tj. *nuclei raphe*) i **acetilkolinске skupine neurona** (Ch5 = *nucleus tegmenti pedunculopontinus*, Ch6 = *nucleus tegmenti dorsolateralis*);
- 6) **ostale jezgre** s raznolikim funkcijama i vezama (npr. *nucleus interpeduncularis* kao jezgra limbičkog polja mezencefalona).

U tegmentumu su osjetne, motoričke i parasimpatičke jezgre 10 moždanih živaca

U tegmentumu moždanog debla se nalaze osjetne, motoričke i parasimpatičke jezgre deset moždanih živaca (sl. 15-9 i 15-10). Mnemotehničko načelo "2:4:4" kaže da su jezgre dva živca (III, IV) smještene u mezencefalonu, jezgre sljedeća četiri živca (V-VIII) u mostu, a jezgre posljednja četiri živca (IX-XII) u produljenoj moždini. Načelo je u cjelini točno, no ima i iznimke: npr. trigeminus ima po jednu jezgru u svakom dijelu moždanog debla.

Kao i spinalni živci, kranijalni živci imaju 4 opće funkcionalne vrste aksona: opća somatska aferentna (OSA) somatosenzibilna vlakna, opća visceralna aferentna (OVA) viscerosenzibilna vlakna, opća somatska eferentna (OSE) motorička vlakna za poprečnoprugaste mišiće, te opća visceralna eferentna (OVE) parasimpatička i simpatička vlakna.

Međutim, moždani živci imaju i još 3 posebne vrste vlakana (jer su neki osjetni organi ili vrste mišića nazočni jedino u području glave): **posebna somatska aferentna** (PSA) slušnovestibularna vlakna, **posebna visceralna aferentna** (PVA) okusna vlakna, te **posebna visceralna eferentna** (PVE) motorička vlakna za mišiće što se razvijaju od ždrijelnih lukova. (To su obični poprečnoprugasti mišići, ali se razvijaju od prednjeg dijela probavne cijevi – npr. žvačni i mimični mišići te mišići glasnica).

Dakle, jezgre moždanih živaca su dijelom rostralni nastavci dorzalnog (OSA), ventralnog (OSE) i lateralnog (OVE, OVA) roga kralježnične moždine, a dijelom oblikuju tri posebne skupine jezgara u kojima završavaju PSA i PVA vlakna, odnosno iz kojih polaze PVE vlakna.

Mnemotehničko načelo "7 vrsta vlakana – 7 stupića jezgara" kaže da su jezgre moždanih živaca raspoređene u 7 uzdužnih nizova (stupića, kolumni) u tegmentumu moždanog debla te da je svaki niz povezan s odgovarajućom funkcionalnom vrstom vlakana neovisno o tome kroz koji moždani živac ta vlakna prolaze (sl. 15-10).

Posebne osjetne jezgre su u tegmentumu i tektumu

U produljenoj moždini su *nucleus gracilis* i *nucleus cuneatus*, dvije važne postaje uzlaznog puta za prijenos kožnog i potkožnog osjeta dodira, pritiska i vibracije te osjeta položaja i kretanja udova i tijela (kinestezija). Tijela prvog neurona tog puta su pseudounipolarni neuroni spinalnih ganglija, a njihovi centralni nastavci oblikuju *fasciculus gracilis* i *fasciculus cuneatus*. Tijela drugog neurona tog puta su u *nucleus gracilis* i *nucleus cuneatus*, a aksoni tih neurona križaju stranu u produljenoj moždini kao *fibrae arcuatae internae* i potom oblikuju *lemniscus medialis* (sl. 15-2 i 15-3).

U tegmentumu mosta su posebne jezgre koje sadrže tijela trećeg neurona slušnog puta: *nucleus olivaris superior, nucleus corporis trapezoidei, nucleus lemnisci lateralis*. Te tri jezgre oblikuju **sklop gornje olive**. Dio slušnog puta su i donji kolikuli (*colliculi inferiores*) u tektumu mezencefalona.

Posebne motoričke jezgre su *nucleus ruber, nucleus niger, nuclei pontis* i *sklop donje olive*

U tegmentumu srednjeg mozga su velika crvena jezgra (*nucleus ruber*) te crna jezgra (*nucleus niger = substantia nigra*). U tegmentumu produljene moždine je **sklop donje olive**, a u tom sklopu je najveća jezgra *nucleus olivaris inferior*, čiji aksoni kao vitičasta vlakna završavaju u kori malog mozga.

U bazi mosta su *nuclei pontis*. Na tim jezgrama sinaptički završava *tractus corticopontinus*, a aksoni iz tih jezgara kao *fibrae pontocerebellares* oblikuju srednje krakove malog mozga i sinaptički završavaju u kori malog mozga kao mahovinasta vlakna.

Retikularna formacija proteže se kroz cijelo moždano deblo

Retikularna formacija (*formatio reticularis*) je velika masa raštrkanih neurona i raznoliko usmjerenih snopića aksona, koja oblikuje glavnu masu tegmentuma i ispunjava prostor između jasno definiranih jezgara i dugih snopova aksona. Stoga je retikularna formacija (RF) heterogeni skup funkcionalno vrlo različitih struktura. U RF sinaptički završavaju kolaterale skoro svih uzlaznih osjetnih i silaznih motoričkih putova, a ona je brojnim dvosmjernim vezama obilno povezana i s ostalim strukturama moždanog debla, velikim i malim mozgom, međumozgom te kralježničnom moždinom.

Monoaminske i acetilkolinске skupine neurona su u tegmentumu

Monoaminske jezgre su manje skupine neurona moždanog debla, no njihovi su aksoni dugi, imaju golem broj kolaterala i inerviraju sva ostala područja središnjeg živčanog sustava te sudjeluju u nizu općih funkcija (održavanju svijesti i budnosti, regulaciji ciklusa budnosti i spavanja, moduliranju ekscitabilnosti drugih neurona, itd.). No, te jezgre sudjeluju i u nizu specifičnih funkcija, npr. silaznom nadzoru nad prijenosom osjeta boli, silaznom nadzoru nad aktivnošću motoneurona, modulaciji aktivnosti bazalnih ganglija. Monoaminske jezgre razvrstavamo u 4 glavne skupine:

- 1) Skupine **A1-A7** sintetiziraju **noradrenalin**, a glavna takva jezgra je *nucleus locus coerulei*;
- 2) Skupine **A8-A10** sintetiziraju **dopamin**; A9 je *substantia nigra pars compacta* (SNc), a A10 je ventralno polje tegmentuma mezencefalona (VTA);



- 3) Skupine **B1-B9** su zapravo *nuclei raphe*, a sintetiziraju **serotonin**;
- 4) Skupine **Ch5 i Ch6** sintetiziraju **acetilkolin**, smještene su u lateralnom tegmentumu na prijelazu iz mosta u srednji mozak, a imaju posebnu ulogu u budnosti i spavanju.

#### *Ostale posebne jezgre moždanog debla*

Tegmentum sadrži i niz drugih manjih jezgara, a neke od njih spominju se u drugim poglavljima. To su, primjerice, *nucleus interpeduncularis* (dio limbičkog polja tegmentuma), *nuclei parabrachiales* i *nucleus Kölliker-Fuse* (uključena u autonomne i visceralne funkcije), *nucleus praepositus hypoglossi* i *nucleus interstitialis Cajal* (uključene u pokretanje očiju).

### **Kroz moždano deblo prolaze (ili iz njega polaze) dugi osjetni i motorički putovi**

*Neki dugi osjetni putovi uzlaže kroz tegmentum moždanog debla prema talamusu i kori velikog mozga*

Dio uzlaznih aksona što prolaze kroz tegmentum je u sastavu somatosenzibilnog i slušnog puta. Ti aksoni dijelom samo prolaze kroz tegmentum, a dijelom polaze iz specifičnih jezgara tegmentuma. *Lemniscus medialis* je dio puta za osjet finog dodira, pritiska, vibracije i kinestezije; *corpus trapezoidium* i *lemniscus lateralis* su dio slušnog puta. *Tractus spinothalamicus* (= *lemniscus spinalis*) je dio svjesnog puta za osjet boli, temperature i "rubog" dodira. Svi ti putovi završavaju u talamusu, a potom njihove informacije talamokortikalni sustav prenosi do odgovarajućih polja moždane kore.

*Neki dugi osjetni putovi uzlaže kroz moždano deblo prema kori malog mozga*

Izravni spinocerebelarni putovi polaze iz dorzalnog roga kralježnične moždine, prođu kroz moždano deblo i ulaze u mali mozak. Sličan put polazi iz *nucleus cuneatus accessorius* produljene moždine. Svi ti putovi prenose osjetne informacije iz mišićnih i tetivnih vretena i drugih proprioceptora izravno u mali mozak (za kontrolu tekućih pokreta), pa ne dopiru do razine svijesti.

*Kortikospinalni i kortikonuklearni put sliže kroz moždano deblo izravno na bulbospinalne i spinalne motoneurone*

U čovjeka i majmuna su posebno dobro razvijeni *tractus corticospinalis* i *tractus corticonuclearis*, koji izravno sinaptički završavaju na motoneuronima ventralnog roga, odnosno motoričkih jezgara moždanih živaca, a imaju ključnu ulogu u svjesnim voljnim pokretima.

*Iz moždanog debla polaze silazni motorički i monoaminski putovi u kralježničnu moždinu*

Brojni motorički putovi polaze iz moždanog debla i završavaju u ventralnom i lateralnom rogu kralježnične moždine. U sivu tvar sva tri roga kralježnične moždine silaze i monoaminski putovi iz moždanog debla, npr. rafespinalni i ceruleospinalni put. Svi ti putovi završavaju na

interneuronskim mrežama, a samo ponekad izravno na motoneuronima, a imaju ključnu ulogu kao silazni modulacijski sustavi što nadziru prijenos osjetnih informacija prema mozgu (npr. za bol) ili aktivnost refleksnih krugova kralježnične moždine. Interneuronske mreže slikovito nazivamo "vratima" kroz koja različiti silazni (i periferni) utjecaji mogu djelovati na osjetne ili motoričke neurone. Takvi silazni putovi su:

- a) motorički: *tractus rubrospinalis*, *tractus tectospinalis*, *tractus reticulospinalis*, *tractus vestibulospinalis*;
- b) monoaminski: rafespinalni i ceruleospinalni put.

*U moždano deblo silaze izvršni putovi iz kore velikog mozga*

Moždana kora trajno nadzire većinu gore spomenutih silaznih putova. Takvu nadzornu ulogu imaju *tractus corticorubralis*, *tractus corticoreticularis*, *tractus corticopontinus*, *tractus corticotectalis*. Posebna komponenta kortikospinalnog puta silazi iz somatosenzibilnih polja moždane kore u dorzalni rog kralježnične moždine, pa tako zajedno s monoaminskim silaznim putovima sudjeluje u modulaciji prijenosa osjeta boli i drugih osjeta.

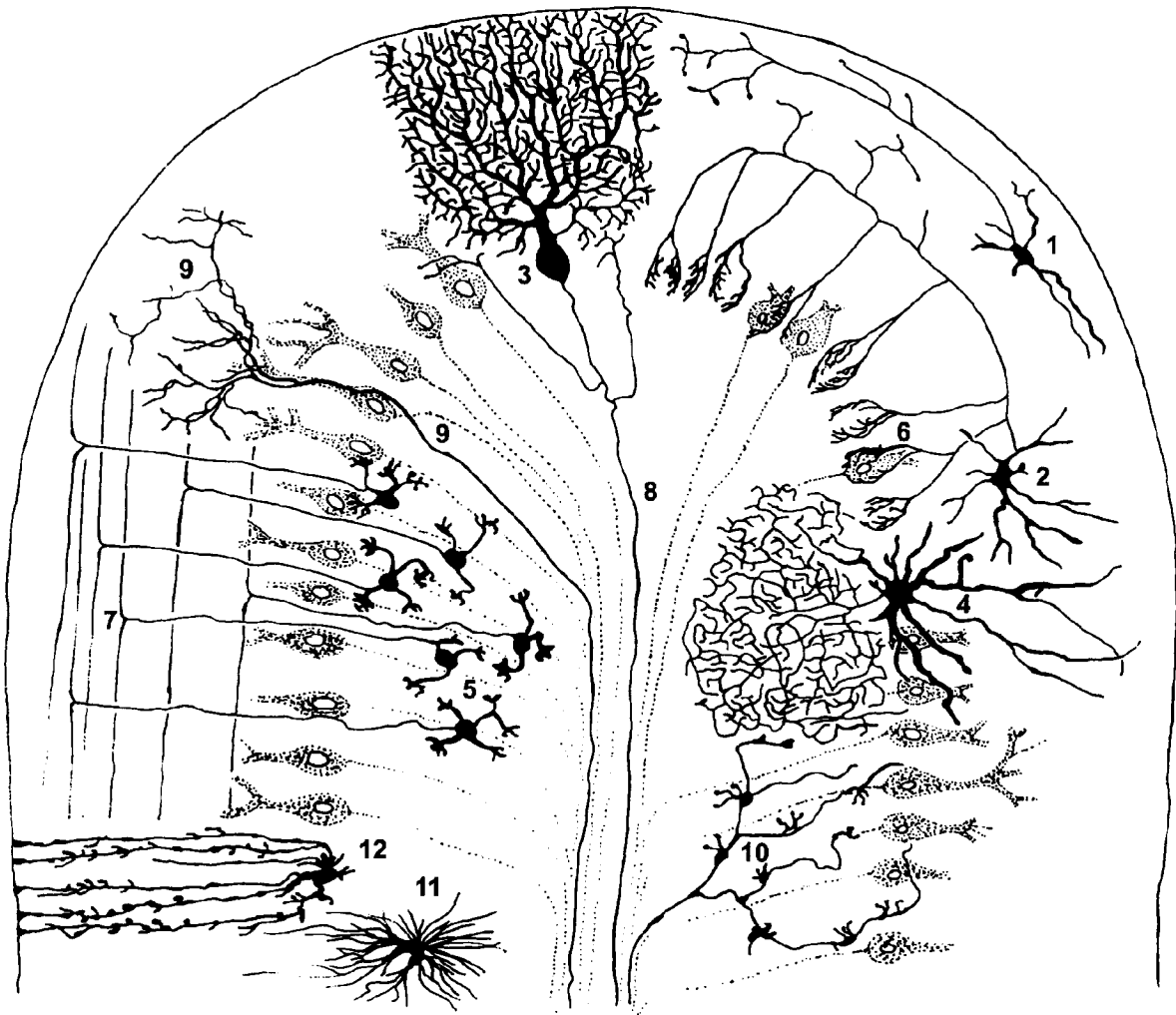
*Dva snopa (FLD i MFB) povezuju limbičke strukture s moždanim debлом i kralježničnom moždinom*

Limbička područja diencefalona (npr. hipotalamus) i telencefalona (npr. amigdala) upravljaju aktivnošću cijelog autonomnog živčanog sustava. U moždanom deblo smještene su brojne strukture tijesno vezane uz održavanje vitalnih funkcija (rada srca, disanja, itd.) i visceralne refleksa (gutanje, kašljanje, povraćanje, itd.). Limbičke strukture s tim područjima moždanog debla povezuju dva glavna snopa: MFB snop i FLD snop (*fasciculus longitudinalis dorsalis*).

### **Moždani živci**

S moždanim deblo je povezano 10 pari moždanih živaca (III. – XII. živac), a osjetne, motoričke i parasimpatičke jezgre tih živaca u tegmentumu moždanog debla oblikuju 7 funkcionalnih nizova, tj. stupića (sl. 15-10). Funkcionalno razvrstavanje perifernih aksona i pojedinih moždanih živaca omogućuju sljedeća tri para svojstava.

1. Sva živčana vlakna su ili somatska ili visceralna. **Somatska vlakna** inerviraju kožu, potkožno tkivo, poprečnoprugaste mišice, tetive, ligamente, zglobove čahure i same zglobove. **Visceralna vlakna** inerviraju sluznice probavnog, dišnog i mokraćnospolnog sustava, glatke mišice i ostale dijelove stijenke krvnih žila i drugih šupljih organa, srčani mišić i ostale utrobnice organe, endokrine žlijezde, baroreceptore i kemoreceptore (npr. one u *glomus caroticus* ili u luku aorte).
2. Sva živčana vlakna su ili aferentna ili eferentna. **Aferentna vlakna** vode akcijske potencijale od periferije prema mozgu, a **eferentna vlakna** vode akcijske potencijale od mozga prema perifernim organima. U perifernom živčanom sustavu, aferentno je **osjetno**, a eferentno je **motoričko**; u središnjem živčanom sustavu pojmovi aferentno i eferentno imaju općenitije značenje (u smislu da je aferentno ono što donosi informaciju, a eferentno ono što odnosi informaciju).



**Slika 15-11.** Pojednostavljeni crtež (prema Cajal 1911) stanične građe kore malog mozga. U 3 sloja (molekularni sloj, sloj Purkinjeovih stanica, zrnati sloj) razmješteno je 5 vrsta neurona: zvjezdaste stanice (1), košaraste stanice (2), Purkinjeove stanice (3), Golgijevе stanice (4) i zrnate stanice (5). Aksoni košarastih stanica oblikuju košarice oko tijela Purkinjeovih stanica (6), a aksoni zrnatih stanica su usporedna vlakna u molekularnom sloju (7). Kroz bijelu tvar prolaze aksoni Purkinjeovih stanica (8) i dvije vrste aferentnih aksona – vitičasta vlakna (9) i mahovinasta vlakna (10). Kora sadrži i fibrozne astrocite (11) i posebnu vrstu protoplazmatskih astrocita – Bergmannove stanice (12). Nacrtno prema Cajal (1911).

3. Sva živčana vlakna su ili opća ili posebna. **Opća vlakna** nalazimo i u spinalnim i u kranijalnim živcima, a **posebna vlakna** samo u kranijalnim živcima.

Stoga svako živčano vlakno možemo označiti jednim od tri slova što označuju tri para svojstava: A ili E (aferentno-eferentno), S ili V (somatsko-visceralno) te O ili P (opće-posebno). Moguće je 8 kombinacija od po tri slova, no u stvarnosti postoji samo 7 vrsta vlakana, tj. 7 kombinacija slova:

A. Vlakna spinalnih i kranijalnih živaca:

OSA = opća somatska aferentna (somatosenzibilna) vlakna;  
 OSE = opća somatska eferentna (motorička) vlakna;  
 OVA = opća visceralna aferentna (viscerosenzibilna) vlakna;  
 OVE = opća visceralna eferentna, tj. preganglijska simpatička i parasimpatička vlakna.

B. Vlakna kranijalnih živaca:

PSA = posebna somatska aferentna (slušna i vestibularna) vlakna;

PVA = posebna visceralna aferentna (okusna) vlakna;  
 PVE = posebna visceralna eferentna vlakna, tj. motorička vlakna za poprečnoprugaste mišiće koji se razvijaju od ždrijelnih lukova (žvačni mišići, mimični mišići te mišići ždrijela i grkljana).

Slika 15-10 prikazuje koja vlakna završavaju u kojoj jezgri moždanog živca (ili iz nje polaze). Ista funkcionalna vrsta vlakana završava u jednoj jezgri, bez obzira na to koji periferni živac ta vlakna spaja s moždanim deblom. Primjerice, **okusna** (PVA) vlakna su komponente VII., IX. i X. živca, a sva završe u rostralnom (gustatornom) polu solitarne jezgre (*nucleus solitarius*). Neki moždani živci su mješoviti, sastavljeni od nekoliko vrsta vlakana (pa su povezani s nekoliko jezgara u moždanom deblu), dok su drugi sastavljeni samo od jedne vrste vlakana. Samo OSE vlakna i samo po jednu jezgri imaju: *nervus trochlearis*, *nervus abducens* i *nervus hypoglossus*. To su isključivo



**Slika 15-12.** Mahovinasta vlakna nalikuju stručcima mahovine (što na svojim vrhovima nose spore). Nacrtno prema Cajal (1911).

motorički moždani živci, a njihove jezgre su: *nucleus n. trochlearis* (u mezencefalonu na razini donjih kolikula), *nucleus n. abducentis* (u ponsu ispod *colliculus facialis*) i *nucleus n. hypoglossi* (u produljenoj moždini ispod *trigonum n. hypoglossi*). *Nervus oculomotorius* ima OSE vlakna (za vanjske očne mišiće i pokretanje očne jabučice) što polaze iz *nucleus n. oculomotorii*, a ima i preganglijska parasimpatička OVE vlakna (za unutarnje očne mišiće, sužavanje zjenice i akomodaciju) što polaze iz *nucleus accessorius oculomotorii* (*Westphal-Edinger*). Obje su jezgre u tegmentumu mezencefalona na razini gornjih kolikula.

**Preganglijska parasimpatička OVE vlakna** polaze iz četiri jezgre i iz moždanog debla izlaze kroz četiri živca: *nucleus accessorius oculomotorii Westphal-Edinger* (*nervus oculomotorius*), *nucleus salivatorius superior* (*nervus facialis*), *nucleus salivatorius inferior* (*nervus glossopharyngeus*) i *nucleus dorsalis nervi vagi* (*nervus vagus*).

Samo PVE vlakna ima *nervus accessorius* (za dio mišića grkljana) i ta vlakna polaze iz *nucleus ambiguus* u produljenoj moždini; spinalni korijen tog živca ima OSE vlakna, no ta vlakna polaze iz vratnih odsječaka kralježnične moždine i inerviraju mišiće vrata i ramena. Motorička PVE vlakna za mišiće ždrijela i grkljana polaze iz jedne jezgre (*nucleus ambiguus*), ali iz moždanog debla izlaze kroz tri živca: *nervus glossopharyngeus*, *nervus vagus* i *nervus accessorius*.

Samo PSA vlakna, ali čak 6 jezgara, ima *nervus vestibulocochlearis*. Taj živac ima 4 vestibularne jezgre (*nucleus vestibularis superior, inferior, medialis et lateralis*) vezane uz organ ravnoteže (*organum vestibulare*) te 2 kohlearne jezgre (*nucleus cochlearis dorsalis et ventralis*) vezane uz slušni Cortijev organ (*organum spirale Corti*).

Somatosenzibilna OSA vlakna dolaze kroz četiri živca (V., VII., IX. i X. živac), a sva završavaju u tri osjetne jezgre trigeminusa. OSA vlakna su centralni nastavci pseudounipolarnih neurona smještenih u odgovarajućim osjetnim ganglijima moždanih živaca. Kroz navedena četiri živca u moždano deblo ulaze i **viscerosenzibilna OVA vlakna**, a sva završavaju u kaudalne 2/3 solitarne jezgre. Jezgre i funkcije živaca koji inerviraju vanjske očne mišiće (III., IV. i VI. živac) opisane su u posebnom poglavlju, a isto vrijedi i za jezgre i funkcije VIII. živca.

#### *Nervus trigeminus*

Trigeminus je najveći moždani živac koji ima i motorička PVE vlakna (*portio minor s. radix motoria n. trigemini*) i osjetna

OSA i OVA vlakna (*portio maior s. radix sensibilis n. trigemini*), a povezan je s jednom motoričkom i tri osjetne jezgre u moždanom deblu. PVE vlakna su aksoni motoneurona smještenih u *nucleus motorius n. trigemini* u tegmentumu mosta, a inerviraju: žvačne mišiće, *musculus tensor tympani*, *musculus tensor veli palatini* i *venter anterior musculi digastrici*.

OSA vlakna su centralni nastavci pseudounipolarnih neurona polumjesečastog ganglija (*ganglion semilunare Gasseri*), prenose različite vrste kožnog osjeta i završavaju u tri jezgre trigeminusa. Vlakna što prenose osjet dodira, pritiska i vibracije iz kože lica završavaju u glavnoj osjetnoj jezgri (*nucleus sensibilis principalis s. pontinus n. trigemini*). Vlakna što prenose osjet boli i temperature iz područja lica završavaju u spinalnoj jezgri (*nucleus spinalis n. trigemini*) u produljenoj moždini. Primarni osjetni neuroni za osjet propriocepcije i kinestezije iz žvačnih mišića smješteni su u mezencefaličkoj jezgri (*nucleus mesencephalicus n. trigemini*) – to su jedini primarni osjetni neuroni smješteni unutar središnjeg živčanog sustava, a kroz trigeminus prolaze samo njihovi periferni nastavci!

U polumjesečastom gangliju smještena su i tijela primarnih osjetnih visceralnih neurona, dok njihovi centralni nastavci kao OVA vlakna završavaju u kaudalne 2/3 solitarne jezgre (*nucleus solitarius*).

#### *Nervus facialis*

*Nervus facialis* ima četiri vrste vlakana (OSA, PVA, OVE, PVE), a u tegmentumu mosta ima motoričku jezgru (*nucleus n. facialis*) i parasimpatičku jezgru (*nucleus salivatorius superior*). Motorička PVE vlakna inerviraju mimične mišiće te *musculus stapedius*, *musculus stylohyoideus*, *platysma*, *venter posterior musculi digastrici*. Preganglijska parasimpatička OVE vlakna odlaze u *ganglion submandibulare* i *ganglion pterygopalatinum* (za inervaciju suzne žlijezde i žlijezda slinovnica). Okusna PVA vlakna iz prednje 2/3 jezika završavaju u okusnom polu solitarne jezgre, a somatosenzibilna OSA vlakna iz dijela kože uske, vanjskog zvukovoda i dijela bubnjića završavaju u spinalnoj jezgri trigeminusa.

Tijela primarnih osjetnih neurona (i somatskih i okusnih) su u gangliju vanjskog koljena (*ganglion geniculi externi*) u piramidi sljepoočne kosti (*canalis facialis*). Periferni nastavci primarnih okusnih neurona kroz *chorda tympani* i *n. lingualis* dolaze do okusnih pupoljaka u prednje 2/3 sluznice jezika, a centralni nastavci obje vrste osjetnih neurona oblikuju tanki živac, *nervus intermedius Wrisbergi*, koji u moždano deblo ulazi u pontocerebelarnom uglu (kao i glavno deblo facijalnog živca). Kroz Wrisbergov živac putuju i preganglijski parasimpatički aksoni facijalnog živca, do odgovarajućih parasimpatičkih ganglija.

*Fila radicularia* motoričke jezgre facijalisa imaju poseban tok u moždanom deblu (sl. 15-4). Motorička jezgra smještena je u ventrolateralnom dijelu tegmentuma mosta. Aksoni iz te jezgre prvo idu dorzomedijalno prema dnu IV. komore, potom zaviju oko površnog dijela jezgre abducensa (*colliculus facialis* na dnu komore!) oblikujući unutarnje koljeno živca (*genu internum n. facialis*), a potom naglo zaviju u ventrolateralnom smjeru i iz moždanog debla izlaze u pontocerebelarnom uglu.

#### *Nervus glossopharyngeus, nervus vagus i nervus accessorius*

*Nervus glossopharyngeus* i *nervus vagus* imaju 5 vrsta vlakana (OSA, OVA, PVA, PVE, OVE), a *nervus accessorius* ima samo

PVE vlakna. Za sva tri živca, PVE vlakna polaze iz zajedničke motoričke jezgre u produljenoj moždini, *nucleus ambiguus*. OSA vlakna IX. i X. živca završavaju u spinalnoj jezgri trigeminusa, a OVA i PVA vlakna IX. i X. živca završavaju u solitarnoj jezgri. Stoga su jedine zasebne jezgre IX. i X. živca dvije parasimpatičke jezgre u produljenoj moždini: *nucleus salivatorius inferior* (IX) i *nucleus dorsalis nervi vagi* (X). Ako se izuzme spinalni korijen, XI. živac nema vlastite zasebne jezgre. Okusna PVA vlakna IX. i X. živca povezana su s okusnim pupoljcima stražnje trećine sluznice jezika, epiglotisa i okolne sluznice ždrijela.