

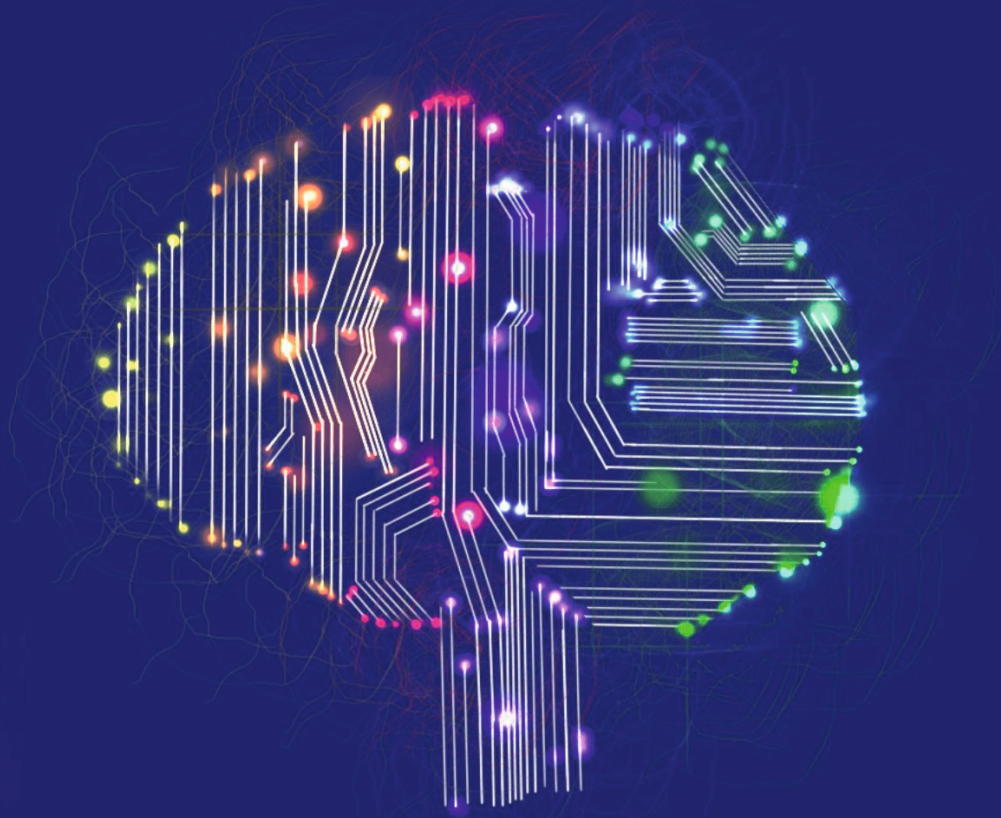


УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA
МЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ
FACULTY OF MEDICINE



MORFOLOGIJA CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA SA KLINIČKIM IMPLIKACIJAMA

Zdenka Krivokuća, Goran Spasojević, Vesna Gajanin
Tatjana Bućma, Zlatan Stojanović, Igor Sladojević



Urednik: **Zdenka Krivokuća**



**MORFOLOGIJA CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA
SA KLINIČKIM IMPLIKACIJAMA**

Urednik	Zdenka Krivokuća
Recenzenti	Prof. dr Aleksandar Maliković Prof. dr Rade Čukuranović
Lektor	Mr Aleksandra Savić
Tehnički urednik / DTP	Sretko Bojić
Izdavač	Medicinski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci
Za izdavača	Prof. dr Ranko Škrbić, dekan fakulteta
Prelom	Medici.com, Banja Luka
Štampa	Grafomark, Laktaši
Godina izdanja	2023.
Tiraž	500 primjeraka

ISBN 978-99976-13-05-9

Odlukom Senata Univerziteta u Banjoj Luci broj 02/04-3.2036-93/23, održanoj dana 21.09.2023. godine, publikacija je odobrena kao univerzitetska nastavna literatura.

Copyright© 2023. Zdenka Krivokuća i Medicinski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci.

Sva prava pridržavana.

Nijedan dio ove knjige ne smije se reprodukovati ni prenositi ni u kakvom obliku niti ikakvim sredstvima, elektronskim ili mehaničkim, fotokopiranjem, snimanjem ili umnožavanjem, u bilo kojem informatičkom sistemu za pohranjivanje i korištenje, bez prethodne saglasnosti vlasnika prava.

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

611.81(075.8)

MORFOLOGIJA centralnog nervnog
Morfologija centralnog nervnog sistema sa kliničkim
implikacijama / [Zdenka Krivokuća ... [et al.]]. - Banja Luka :
Medicinski fakultet, 2023 (Laktaši : Grafomark). - 240 str. :
илустр. ; 26 cm

Тираж 500. - Библиографија: стр. 237-240.

ISBN 978-99976-13-05-9

COBISS.RS-ID 139208449



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
UNIVERSITY OF BANJA LUKA
МЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ
FACULTY OF MEDICINE



Zdenka Krivokuća, Goran Spasojević, Vesna Gajanin
Tatjana Bućma, Zlatan Stojanović, Igor Sladojević

MORFOLOGIJA CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA SA KLINIČKIM IMPLIKACIJAMA

Urednik

Zdenka Krivokuća

Banja Luka, 2023.

SPISAK AUTORA

Urednik

Prof. dr **Zdenka Krivokuća**, redovni profesor
Uža naučna oblast anatomija
Medicinski fakultet u Banjoj Luci

Autori:

Prof. dr **Goran Spasojević**, redovni profesor
Uža naučna oblast anatomija
Medicinski fakultet u Banjoj Luci

Prof. dr **Vesna Gajanin**, redovni profesor
Uža naučna oblast anatomija
Medicinski fakultet u Banjoj Luci

Prof. dr **Tatjana Bućma**, vanredni profesor
Uža naučna oblast anatomija
Medicinski fakultet u Banjoj Luci

Prof. dr **Zdenka Krivokuća**, redovni profesor
Uža naučna oblast anatomija
Medicinski fakultet u Banjoj Luci

Prof. dr **Zlatan Stojanović**, vanredni profesor
Uža naučna oblast anatomija
Medicinski fakultet u Banjoj Luci

Prof. dr **Igor Sladojević**, vanredni profesor
Uža naučna oblast anatomija
Medicinski fakultet u Banjoj Luci

RECENZIJA

Rukopis udžbenika „Morfologija centralnog nervnog sistema sa kliničkim implikacijama” je delo utemeljeno na višedecenijskom stručnom, naučnom i pedagoškom iskustvu urednice i autora prof. dr Zdenke Krivokuće i autora prof. dr Gorana Spasojevića, prof. dr Vesne Gajanin, prof. dr Tatjane Bućme, prof. dr Zlatana Stojanovića i prof. dr Igora Sladojevića. Rukopis se sastoji od 240 stranica teksta (format B5+; font „Palatino Linotype”, veličina slova 11, prored 0.9) koji je upotpunjen sa 13 tabela i 112 slika u boji.

Rukopis se sastoji od 12 poglavlja: 1) Uvod, 2) Moždane opne ili moždanice, 3) Kičmena moždina, 4) Moždano stablo, 5) Mali mozak, 6) Međumozak, 7) Veliki mozak, 8) Ventrikularni sistem mozga, 9) Vaskularizacija centralnog nervnog sistema, 10) Autonomni nervni sistem, 11) Neuromedijatori, i 12) Putevi centralnog nervnog sistema. Izbor i redosled poglavlja je u saglasnosti sa planom i programom nastave iz anatomije čoveka i obuhvata fond znanja koji se očekuje od studenata na studijskim programima Medicinskog fakulteta u Banjoj Luci.

Tekstovi poglavlja su jasni i razumljivi a navođeni neuroanatomski termini su u velikoj meri usaglašeni sa najnovijom anatomskom terminologijom. Tokom pisanja tekstova autori su koristili vodeću neuroanatomsku i kliničku literaturu koja je navedena u spisku od 113 referenci. Poglavlja su upotpunjena delovima koji se odnose na „kliničke implikacije” čiji je cilj da studentima medicine ukažu kako anatomske anomalije ili promene u građi utiču na pojavu, ispoljavanje, razvoj i tok pojedinih bolesti. Ovim pristupom autori od početka studija upućuju svoje studente na primenu neuroanatomskog znanja u svakodnevnoj kliničkoj praksi. Takođe, na kraju svakog poglavlja su uokvireni odeljci u kojima se ističu najvažnije činjenice koje student treba da usvoji. Dobrom i didaktički višeslojnom pristupu doprinosi i navođenje kratkih testova kojima se obično završavaju poglavlja u formi „pitanja za ponavljanje”.

Tabele su pregledne i grafički dobro uobličene. Ono što posebno oplemenjuje ovaj rukopis su ilustracije u boji odličnog kvaliteta koje treba da budu ključni deo svakog anatomskog udžbenika. Anatomija tradicionalno počiva na prezentovanju znanja kroz ilustracije pa nas originalnost priloženih crteža i njihov dobar izbor posebno raduju.

ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu uvida u završen rukopis i priložene ilustracije udžbenika sa velikim zadovoljstvom predlažem Naučno-nastavnom veću Medicinskog fakulteta u Banjoj Luci da se „Morfologija centralnog nervnog sistema sa kliničkim implikacijama“ usvoji i štampa kao zvanični udžbenik za nastavu iz predmeta (uže naučne oblasti) Anatomija na studijskim programima Medicina i Dentalna medicina koji se izvode na Medicinskom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci.

U Beogradu, 22. juna 2023. godine

RECENZENT

Prof. dr Aleksandar Maliković
redovni profesor za užu naučnu oblast Anatomija
Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu



Rukopis pod naslovom *Morfologija centralnog nervnog sistema sa kliničkim implikacijama* delo je urednika prof. dr Zdenke Krivokuće i autora prof. dr Zdenke Krivokuće, prof. dr Gorana Spasojevića, prof. dr Vesne Gajanin, prof. dr Tatjane Bućme, prof. dr Zlatana Stojanovića i prof. dr Igora Sladojevića.

Rukopis ima 240 strana teksta, sa 112 crteža, koji predstavljaju originalna dela autora, i brojnim tabelama, što doprinosi vizuelizaciji i sistematizaciji gradiva čime se olakšava njegovo savladavanje.

Rukopis je podeljen u 12 poglavlja: Uvod, Moždane opne ili moždanice (*meninges*), Kičmena moždina (*medulla spinalis*), Moždano stablo (*truncus cerebri*), Mali mozak (*cerebellum*), Međumozak (*diencephalon*), Veliki mozak (*telencephalon s. cerebrum*), Ventrikularni sistem mozga, Vaskularizacija centralnog nervnog sistema, Autonomni nervni sistem, Neuromedijatori i Putevi centralnog nervnog sistema. Raspored poglavlja je logičan i obuhvata sve aspekte savremenih znanja iz oblasti centralnog nervnog sistema. Na kraju je spisak literature sa 117 bitnih referenci.

Tekst je usaglašen sa planom i programom predmeta Anatomija studijskog programa Medicina i Dentalna medicina Medicinskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci.

Najveći deo rukopisa je pisan standardnim tekstom i predstavlja obavezan deo za pripremanje ispita iz Anatomije. Pojedini delovi teksta su na obojenoj pozadini i to su elementi funkcionalne, primenjene i kliničke anatomije, koji pojedine delove bazične anatomije stavljaju u funkciju kliničke prakse. U pisanju teksta su korišćeni

uobičajeni i opšteprihvaćeni nazivi, a latinski termini su dati prema najnovijoj zvaničnoj Međunarodnoj anatomskoj nomenklaturi.

Tekst je stilski i metodološki ujednačen, pregledan i razumljiv. Namenjen je studentima Medicinskog fakulteta, ali i svim medicinarima koji se bave neuronaukom.

ZAKLJUČAK I PREDLOG

Rukopis „Morfologija centralnog nervnog sistema sa kliničkim implikacijama” napisan je u skladu sa savremenim saznanjima iz ove oblasti anatomije, koja predstavljaju osnovu za dobru kliničku praksu. On ispunjava sve opšte i specifične pedagoške zahteve jednog dobrog udžbenika anatomije, jer je u saglasnosti sa planom i programom predmeta Anatomija studijskog programa Medicina i Dentalna medicina Medicinskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci, te daje realnu osnovu da studenti uspešno ovladaju gradivom iz anatomije centralnog nervnog sistema.

Zbog svega navedenog dajem pozitivnu recenziju i predažem da se rukopis „Morfologija centralnog nervnog sistema sa kliničkim implikacijama” štampa u formi udžbenika za studente Medicinskog fakulteta.

RECENZENT

Dr Rade Čukuranović, redovni profesor,
uža naučna oblast Anatomija
Medicinski fakultet Univerziteta u Nišu



SADRŽAJ

<i>Poglavlje 1</i>	
UVOD	1
<i>Poglavlje 2</i>	
MOŽDANE OPNE ILI MOŽDANICE (<i>MENINGES</i>).....	17
<i>Poglavlje 3</i>	
KIČMENA MOŽDINA (<i>MEDULLA SPINALIS</i>).....	25
<i>Poglavlje 4</i>	
MOŽDANO STABLO (<i>TRUNCUS CEREBRI</i>).....	45
<i>Poglavlje 5</i>	
MALI MOZAK (<i>CEREBELLUM</i>).....	87
<i>Poglavlje 6</i>	
MEĐUMOZAK (<i>DIENCEPHALON</i>).....	103
<i>Poglavlje 7</i>	
VELIKI MOZAK (<i>TELENCEPHALON S. CEREBRUM</i>).....	129
<i>Poglavlje 8</i>	
VENTRIKULARNI SISTEM MOZGA	175
<i>Poglavlje 9</i>	
VASKULARIZACIJA CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA	185
<i>Poglavlje 10</i>	
AUTONOMNI NERVNI SISTEM	201
<i>Poglavlje 11</i>	
NEUROMEDIJATORI	207
<i>Poglavlje 12</i>	
PUTEVI CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA	215
LITERATURA.....	237

PREDGOVOR

Udžbenik **MOLFOLOGIJA CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA SA KLINIČKIM IMPLIKACIJAMA** je napisan u 12 poglavlja i usaglašen je sa planom i programom predmeta Anatomija studijskog programa **MEDICINA i DENTALNA MEDICINA** Medicinskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci.

Ovaj udžbenik je djelo svih anatoma Katedre za Anatomiju Medicinskog fakulteta u Banjaluci, na što smo veoma ponosni. Nastojalo se da udžbenik bude stilski i metodološki ujednačen uprkos činjenici da ima više autora. Vjerujemo da smo u tome uspjeli, prvenstveno zahvaljujući dugogodišnjem pedagoškom i kliničkom iskustvu autora.

Najveći dio udžbenika je pisan standardnim tekstom i predstavlja obavezan dio za pripremanje ispita iz Anatomije. Pojedini dijelovi teksta su na bojanoj pozadini, to su elementi funkcionalne, primjenjene i kliničke anatomije sa namjerom da bazični anatomske elementi budu u funkciji kliničke prakse.

Tekst je bogato ilustrovan crtežima koji predstavljaju originalna djela autora i koji olakšavaju usvajanje gradiva. U pisanju su korišteni uobičajeni i opšte-prihvaćeni nazivi, a termini na latinskom su dati prema najnovijoj zvaničnoj Međunarodnoj anatomske nomenklaturi.

Udžbenika **MORFOLOGIJA CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA SA KLINIČKIM IMPLIKACIJAMA** je namijenje studentima Medicinskog fakulteta, ali i svim medicinarima koji se bave neuronaukom.

Autori će biti zahvalni na svim dobronamjernim primjedbama i sugestijama kako bi naredna izdanja ovog udžbenika bila koncipirana još bolje, savremenije i potpunije novim saznanjima.

U Banjoj Luci, maj 2023.

Prof. dr Zdenka Krivokuća, glavni urednik

Poglavlje 1

UVOD	1
<i>prof. dr Zdenka Krivokuća</i>	
RAZVOJ NERVNOG SISTEMA	1
Indukcija	1
Neurulacija	1
Primarne i sekundarne moždane vezikule.....	2
Razvoj ventrikularnog sistema mozga.....	3
NEUROGENEZA-NEUROGENETSKI PROCESI	4
Proliferacija	4
Migracija	5
Diferencijacija	5
Rast aksona	5
Rast dendrita	6
Sinaptogeneza	6
Mijelinacija	7
Ćelijska smrt (<i>apoptoza</i>).....	7
GRAĐA CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA	7
Nervna ćelija (<i>neuron</i>)	7
Glija ćelije (<i>neuroglia</i>)	10
Sinapsa	11
Moždani omotači (<i>meninges</i>).....	12
PODJELA NERVNOG SISTEMA	12
Centralni nervni sistem (<i>systema nervosum centrale</i>).....	12
Periferni nervni sistem (<i>systema nervosum periphericum</i>)	12
Somatski ili animalni nervni sistem	13
Vegetativni, autonomni ili visceralni nervni sistem (<i>systema nervosum autonomicum</i>)	13
ORJENTACIONE OSOVINE I RAVNI U CNS	14

Poglavlje 1

UVOD

prof. dr Zdenka Krivokuća

Centralni nervni sistem je najsloženiji sistem čovječijeg organizma, sa brojnim visokodiferenciranim funkcijama.

Centralni nervni sistem upravlja radom svih organa, usklađuje djelovanje različitih funkcionalnih sistema i zajedno sa endokrinim sistemom uspostavlja ravnotežu u unutrašnjoj sredini organizma. Preko perifernih receptora i čula, nervni sistem registruje promjene u spoljašnjoj sredini, a zatim preko efektor realizuje adekvatan odgovor organizma na te promjene, uspostavljajući tako skladan odnos organizma sa spoljašnjom sredinom.

Mozak, kao najsavršenije organizovan dio nervnog sistema, preko svojih osnovnih funkcionalnih jedinica, neurona, koji su međusobno povezani u neuronske krugove i sisteme, omogućava odvijanje misaone djelatnosti, ispoljavanje volje i emocija i predstavlja sjedište svijesti.

Poznavanje morfologije, građe i funkcije pojedinih dijelova centralnog nervnog sistema omogućava tumačenje simptoma, koji prate oboljenja tog sistema, doprinosi lokalizaciji patološkog procesa i konačnom postavljanju dijagnoze.

RAZVOJ NERVOG SISTEMA

Centralni nervni sistem (CNS) se razvija iz primitivnog ektoderma. Začetak nervnog sistema se pojavljuje krajem treće nedelje intrauterinog života. Od jednog specijalizovanog dijela ektoderma koji se zove neuroektoderm razvija se mozak, kičmena moždina i periferni nervni sistem. Osnovna forma CNS-a čovjeka se kompletira oko šeste nedelje gestacije, nakon čega slijede faze ćelijske proliferacije i migracije koje su najizraženije u drugom trimestru gestacije, ali se nastavljaju sve do termina porođaja. Mijelinizacija je najintenzivnija u toku trećeg trimestra, ali se nastavlja i postnatalno. Funkcionalna maturacija neurona završava nakon razvoja sinapsa između ćelija.

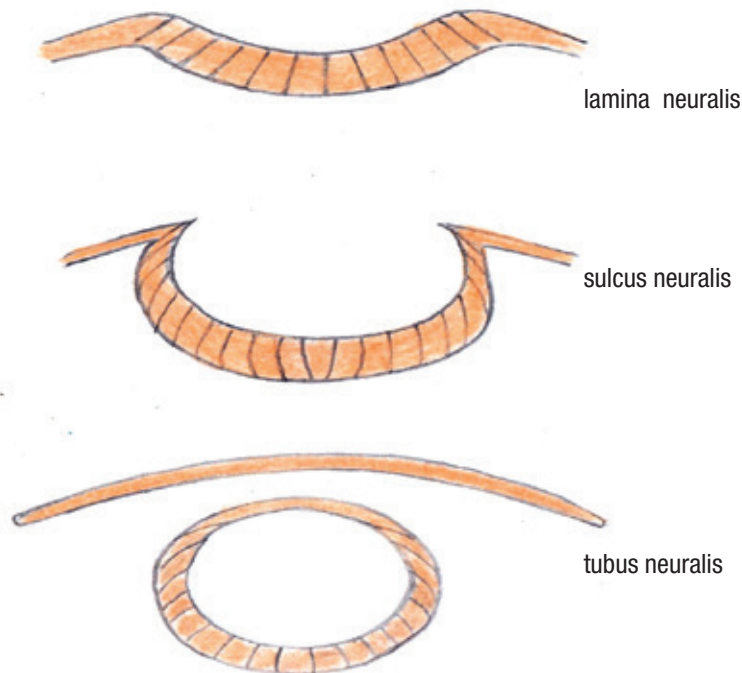
INDUKCIJA

Notohorda nastaje oko 16-og dana intrauterinog razvoja iz aksijalnog mezoderma, a kompletno se formira početkom četvrte nedelje razvoja. Notohorda određuje uzdužnu osovinu embriona, determiniše orjentisanost kičmenog stuba i indukuje ektoderm koji je pokriva da se formira neuralna ploča.

NEURULACIJA

Iz neuroektoderma, indukcijom notohorde, neuroepitelijalne ćelije se izdužuju u neuralnu ploču (*lamina neuralis*), proces se završava krajem treće nedelje gestacije. Izduživanjem neuralne ploče nastaje neuralni žlijeb (*sulcus neuralis*), 18-og dana zadebljavanjem krajeva nastaju neuralni grebenovi (*cristae neurales*), 20-og dana neuralni grebenovi se spajaju i formira se neuralna cijev (*canalis ne-*

uralis, *tubus neuralis*). Proces formiranja neuralne cijevi, iz koje se razvija CNS, se zove **neurulacija** (Slika 1-1.)



Slika 1-1. Neurulacija

Neurulacija se odvija kroz dvije faze: primarnu i sekundarnu.

Primarna neurulacija je formiranje neuralne cijevi iz neuralne ploče (*lamina neuralis*).

Sekundarna neurulacija je formiranje iz najkaudalnijeg dijela neuralne cijevi, sakralnog i kokcigelnog dijela kičmene moždine. Završava oko 42-og dana intrauterinog razvoja.

U toku neurulacije lumen neuralne cijevi je otvoren rostralno i kaudalno. Rostralni otvor ili prednja neuropora (*neuroporus anterior*) zatvara se oko 24-og dana intrauterinog razvoja, a kaudalni otvor ili zadnja neuropora (*neuroporus posterior*) se zatvara dva dana kasnije.

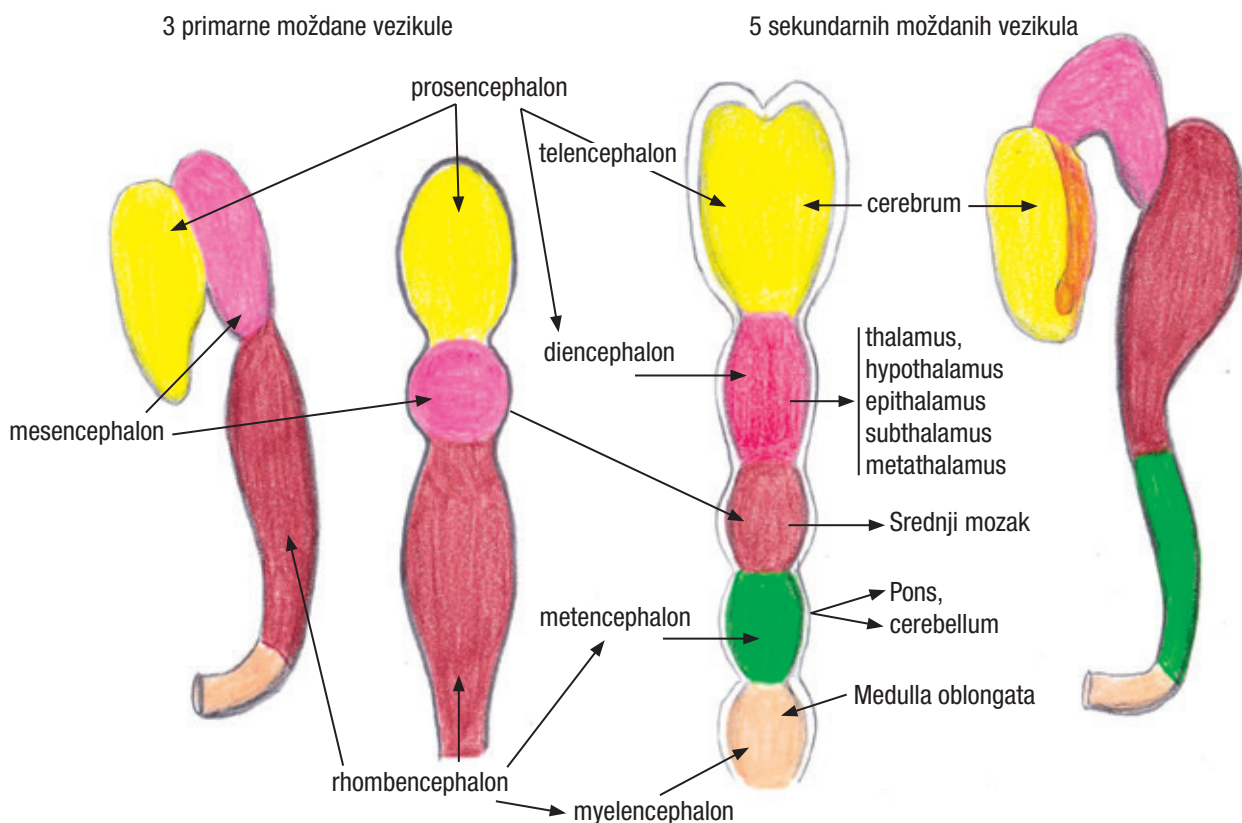
Proces neurulacije dovodi do morfoloških promjena u neuroblastima i postaju zreli neuroni koji su izduženi i pod pravim uglom prema površini neuralne ploče i grade unutrašnji zid neuralnog kanala.

PRIMARNE I SEKUNDARNE MOŽDANE VEZIKULE

Nakon zatvaranja prednje neuropore dolazi do brzog rasta nervnog tkiva u kranijalnoj regiji. Formiraju se 3 primarne moždane vezikule: *prosencephalon* (prednji mozak), *mesencephalon* (srednji mozak) i *rhombencephalon* (zadnji mozak). Između vezikula postoje nagibi: između rombencefalona i kičmene moždine nalazi se cervikalna krivina, druga krivina je u nivou mezencefalona-mezencefalična ili cefalična krivina.

Primarne moždane vezikule se u petoj nedelji razvoja podijele u 5 sekundarnih moždanih vezikula: od *rhombencephalon*-a pontinskom krivinom nastaje *myelencephalon* i *metencephalon*, *mesencephalon* se ne mijenja u nivou cefalič-

ne krivine, a *prosencephalon* se telencefaličnom krivinom podijeli na *diencephalon* i *telencephalon* (Slika 1-2.).



Slika 1-2. Primarne i sekundarne moždane vezikule

Prozencefalizacija je razvojni proces kada se primitivni prozencefalon diferencira u dijencefalon i telencefalon. **Centralna indukcija** je proces razvoja prednjeg mozga. Glavne strukture prednjeg mozga se razvijaju u toku drugog mjeseca gestacije. U 10-oj nedelji razvoja sve glavne strukture CNS-a se jasno prepoznaju po svojoj morfologiji, a sve strukture mozga su prisutne krajem prvog trimestra razvoja.

RAZVOJ VENTRIKULARNOG SISTEMA MOZGA

Ventrikularni sistem mozga nastaje proširivanjem lumena cefaličnih dijelova neuralne cijevi. Od šupljina telencefaličkih vezikula nastaju lateralne komore, šupljina dijencefalona postaje treća komora, a rombencefalična šupljina četvrta komora. Šupljina mezencefalona je mezencefalički kanal koji povezuje treću sa četvrtom komorom, a otvori između lateralnih komora i treće komore se diferenciraju u interventrikularne otvore. Moždane komore su obložene ependimalnim ćelijama. Na krovu svake komore se nalazi unutrašnji sloj građen od ependimalnih ćelija i spoljašnji sloj građen od finog vezivnog tkiva (*pia mater*). Uraštanjem krvnih sudova u ovu membranu se formira *plexus choroideus*. Otvori na četvrtoj komori, koji nastaju u razvoju, predstavljaju komunikaciju ventri-

kularnog sistema i subarahnoidalnog prostora. Ovi otvori postoje već krajem prvog trimestra razvoja (Tabela 1-1.).

Tabela 1-1. Razvoj mozga i sistema moždanih vezikula

3 moždane vezikule	5 moždanih vezikula	Važne zrele strukture	Pridružene šupljine
Prosencephalon /prednja vezikula/	Telencephalon Diencephalon (međumozak)	Moždana kora, bazalni gangliji Talamus, hipotalamus, metotalamus, epitalamus, subtalamus	Lateralne komore III, komora
Mesencephalon /srednja vezikula/	Ne podijeli se	Srednji mozak	Aqueductus mesencephalici
Rhombencephalon /zadnja vezikula/	Metencephalon Myelencephalon	Pons i mali mozak Medulla oblongata	IV komora

NEUROGENEZA- NEUROGENETSKI PROCESI

Najvažniji neurogenetski procesi su:

- Proliferacija
- Migracija
- Diferencijacija (rast aksona i dendrita, sinaptogeneza i stvaranje mijelina)
- Čelijska smrt (apoptoza)

PROLIFERACIJA

Proliferacija je proces diobe neuroepitelijalnih ćelija koji se odvija uz lumen neuralne cijevi. Zid neuralne cijevi gradi pseudoslojeviti epitel **ventrikularne zone**, sastavljen od jednog sloja neuroepitelijalnih ćelija, izduženog vretenastog oblika. Proksimalnim krajem ove ćelije su vezane za unutrašnju stranu neuralne cijevi, a distalnim za njenu spoljašnju površinu. Jedra neuroepitelijalnih ćelija se nalaze na različitim nivoima, uslovljeno fazom mitoze. Vrijeme proliferacije pojedinih vrsta neurona je precizno određeno, pa i definitivno mjesto u određenoj strukturi CNS-a.

Novostvorene ćerke ćelije u ranim fazama razvoja uglavnom ostaju u ventrikularnoj zoni. One se ponovo dijele brzinom od oko 3 generacije za 24 sata. Prenatalno, uglavnom u prvoj polovini gestacije, kod čovjeka se stvori preko 95% neurona. Ukupan broj neurona u kori velikog mozga fetusa prisutan je već u polovini šestog lunarnog mjeseca trudnoće. U ventrikularnoj zoni postoje progenitorne (matične ćelije) neurona i glije. U toku razvoja veoma rano se odvoje ove dvije populacije ćelija (glija ćelija i neuron).

Sudbina neurona određena je mjestom u ventrikularnoj zoni. Ventrikularna zona je podijeljena glijalnim pregradama na grupe prekusornih ćelija, koje se zovu proliferativne jedinice. Sve ćelije koje nastaju iz jedne proliferativne jedinice migriraju duž istog glija vlakna i grade stub „ontogenetsku kolumnu“. U kolumni neuroni ranije stvoreni su dublje postavljeni od onih kasnije stvorenih. U ranom stadijumu duplira se broj proliferativnih jedinica, ontogenetskih kolumni i kortikalnih neurona. Nakon posljednje diobe uglavnom je već određen oblik neurona kao i veze neurona.

Pored ventrikularne zone stvara se i spoljašnja, **marginalna zona**, koju grade upravljani nastavci ventrikularnih ćelija. Njihova jedra se premještaju u izduženi prema gore citoplazmatski nastavak, između ventrikularne i marginalne zone, u **intermedijarnu zonu**. U nekim dijelovima CNS-a, na granici između ventrikularne i intermedijarne zone postoji **subventrikularna zona**, u kojoj se

ćelije i dalje dijele i po prestanku mitoze u ventrikularnoj zoni. Nakon prestanka proliferativne aktivnosti, ventrikularna zona se istanjuje i svodi na jedan sloj ćelija u obliku ependima koji oblaže komorni sistem mozga.

MIGRACIJA

Migracija je proces kretanja neurona iz proliferativnih zona, gdje su stvoreni, do definitivnog mjesta. Ovo je aktivan proces. Neuroni mogu migrirati: radijalno (pod pravim uglom prema površini mozga) i tangencionalno (kada se šire po površini mozga). Radijalnu migraciju imaju mladi neuroni kore telencefalona, kao i neuroni spoljašnjeg sloja kore malog mozga. Tangencionu migraciju imaju ćelije granulacionog sloja malog mozga. Ulogu „vodiča“ u migraciji neurona imaju glijalna vlakna. Migracija se odvija zahvaljujući afinitetu između membrane neurona koji migrira i glijalnog vlakna duž koga neuron migrira. Za ovo je odgovorna radijalna glija (primitivna glija) koja se nakon migracije neurona transformiše u astrocite. Prema afinitetu između neurona i drugih ćelija, neuroni se dijele na: *gliofilne* (prate glijalno vlakno), *neurofilne* (prate akson ili neki drugi dio neurona) i neurone koji imaju afinitet i prema membrani neurona i prema glijalnim membranama. Za kretanje neurona važne su i supcelularne strukture tipa mikrotubula i mikrofilamenta. Kada neuron stigne na svoje definitivno mjesto u razvoju, prestane da sintetizuje svoje membranske proteine i počinje da usložnjavaju građu. Tad počinje proces diferencijacije

DIFERENCIJACIJA

Diferencijacija je skup procesa koji dovode do usložnjavanja morfologije i funkcije neurona. Ovaj proces počinje kada neuron stigne na svoje definitivno mjesto u razvoju. U toku diferencijacije dolazi do **rasta dendrita i usložnjavanja arborizacije dendrita, intenzivnog rasta aksona, formiranje sinapsi (sinaptogeneza), stvaranja mijelina (mijelinizacija) i mnogobrojnih promjena u biohemizmu neurona (sinteza neurotransmitera, stvaranje membranskih receptora)**. Ove promjene omogućavaju neuronu potpunu morfološku i funkcionalnu zrelost. Morfološke promjene neurona dovode do rasta volumena mozga (težina mozga na rođenju oko 800 grama, 1200 grama u šestoj godini, oko 1400 grama kod odrasle osobe). Ovo se postiže rastom ćelijskog tijela, ali još više granjanjem dendrita, stvaranjem glijalnih ćelija i mijelina oko aksona. Nije poznato koliko postnatalno traju pojedini procesi diferencijacije, neki od procesa (promjene dendritskog stabla, stvaranje novih sinapsa) odvijaju se i kod odraslih i predstavljaju morfološke osnove učenja.

Rast aksona

Akson se razvija iz jednog ili više distalnih ogranaka neurona neuroblasta, koji su poznati kao „rastuće kape“. U njemu se nalaze organele i specifični proteini koji omogućavaju rast nervnog vlakna. Rastuća kupa sadrži i proteolitičke enzime koji olakšavaju kretanje akona tokom rasta. Pravac rasta aksona je stalan i karakterističan za svaki dio nervnog sistema (aksoni iz retine uvijek urastaju u vidni nerv). Danas se zna da aksoni izrastaju u pravcu povećane koncentracije nekog difuzibilnog agensa koji stvara cilj (target). Jedini do danas opisani faktor je nervni faktor rasta (NFR), protein velike molekulske težine koji djeluje na neke neurone, na oblik neurona koji se stalno modifikuje i podešava prema informacijama sa periferije. Tokom urastanja aksoni u početku zauzimaju veću teritoriju, kasnije dolazi do preklapanja aksona i prelaze u užu teritoriju i na

taj način dolazi do preciznih rasporeda aksona u CNS-u. Kada akson dođe u određenu zonu, aktiviraju se mehanizmi formiranja sinapsi.

Rast dendrita

Rast dendrita prolazi kroz 4 faze:

1. faza: dendriti su kratki, nejednakog dijametra sa dlakastim izraštajima i rastućom kupom na vrhu, rastu u svim pravcima

2. faza: dijametar proksimalnog dendrita je ujednačen, i dalje posjeduje tanke vijugave nastavke

3. faza: dendriti dobivaju trnovite produžetke (spine) za mjesta sinapsi, gube dlakaste produžetke.

4. faza: granaju se dendriti i formira se dendritska arborizacija na koju utiče genetska informacija i okolina, izvjestan broj spina se gubi.

Tokom rasta dolazi do modifikovanja dendritske arborizacije tako što se primarno stvoreni dendriti mijenjaju pod uticajem informacija koje se sa periferije prenose preko aksona u ćelijsko tijelo. Kod odraslih osoba dendriti pokazuju plastičnost. To omogućava stalne promjene dendritskog stabla i poslije perioda razvoja.

Sinaptogeneza

Predstavlja proces uspostavljanja veza između neurona. Odigrava se u periodu diferencijacije. Kada rastuća kupa aksona stigne na svoje odredište, dolazi do biohemijskih i morfoloških promjena i od nje nastaje **presinaptički završetak**. Slično ovome, polje neurona sa kojim je u dodiru, „target neurona“, koji kontaktira sa presinaptičkim završetkom, razvija se u **postsinaptički završetak** i ispoljava osobine **postsinaptičke membrane** (prisustvo receptora).

Sinaptogeneza je dinamični proces koji počinje rano u embriogenezi i nastavlja se postnatalno različito dugo. Broj sinapsi se mijenja tokom razvoja. Sinaptička gustina je broj sinapsi po jedinici zapremine neuropila (prostor koji se dobije kada se eliminiše tijela neurona i glije, krvni sudovi, mijelinski aksoni i ekstracelularni prostor). Sinaptička gustina se povećava od embrionalne faze do drugog postnatalnog mjeseca, kada dostiže maksimum. Održava se na približno istom novou do treće godine, kada počinje da pada, krajem četvrte godine iznosi onoliko koliko je bila na rođenju. Opadanje broj sinapsi se nastavlja, ali se odvija sporo prema starenju. U toku razvoja u kori velikog mozga mijenja se ne samo broj već i tipovi sinapsi koje su izazvane promjenama na spinama, a sinapse na dendritskim granama su stabilne. Osim pada sinapsi, pada i broj aksona najviše u prva dva mjeseca po rođenju što se objašnjava prirodnim odbiranjem veza u „selektivnoj stabilizaciji“ sinapsi.

Druga faza sinaptogeneze se odvija postnatalno. U njoj dolazi do selektivne redukcije sinapsi što zavisi od funkcionisanja nervnog sistema.

U toku sazrijevanja mozga odvija se i biohemijska diferencijacija neurona. Svaki morfogenetski proces ima svoje biohemijske pokazatelje koji mogu biti praćeni u toku razvoja CNS-a, a to su:

1. Nukleinske kiseline (povećana sinteza DNK u toku proliferacije neurona)
2. Proteini (povećana količina u toku diferencijacije)
3. Lipidi (formiranje membrana i mijelinacija vlakana)
4. Ugljeni hidrati (polisaharidi-glikozaminoglikoni ili mukopolisaharidi, neutralni i kiseli)

5. Neurotransmiteri (neophodni za funkcionisanje CNS-a kao cjeline)
6. Hormoni (tiroksin, steroidni hormoni, adrenalin).

Mijelinacija

To je proces obavijanja aksona mijelinskim omotačem. Mijelin u perifernom nervnom sistemu (PNS) stvaraju Švanove ćelije, a oligodendrociti u CNS-u. Za razliku od Švanove ćelije koja stvara jedan segment mijelinskog omotača na jednom aksonu, jedan oligodendrocit učestvuje u građi mijelina više aksona. Mijelin ima istu ulogu u PNS-u i CNS-u, a to je izolacija nervnog vlakna prema okolini. Mijelin u PNS-u i CNS-u se razlikuje morfološki i biohemijski. U PNS-u mijelin ima glikoproteine više od polovine proteina. Oštećenje mijelina u CNS-u je trajno, a u PNS dolazi do remijelizacije vlakana. Tempo mijelinacije značajan je parametar regionalne maturacije.

ĆELIJSKA SMRT (APOPTOZA)

U toku embriogeneze stvara se jedan do dva puta više neurona nego što su prisutni u adultnom mozgu. U toku 24. nedelje gestacije čovjeka stvore se skoro svi neuroni. Nakon toga nastupa selektivna smrt neurona, **apoptoza**.

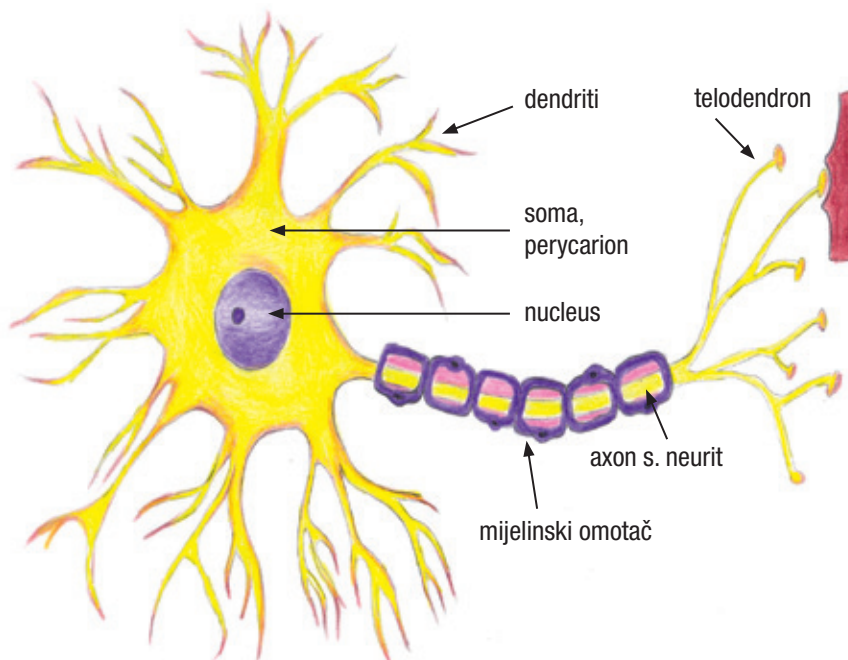
Selektivna smrt neurona (**apoptoza**) predstavlja posljednju fazu u toku razvoja. To je biološka pojava koja nastaje kada neuroni zauzmu definitivna mjesta u nervnoj strukturi koju izgrađuju. Broj neurona koji nestaju (umiru) u apoptozi u toku razvoja varira od jednog do drugog dijela CNS-a. U većini struktura propada više od polovine inicijalno stvorenih neurona.

GRAĐA CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA

CNS izgrađuju nervne ćelije (**neuroni**), glija ćelije (**neuroglia**), krvni sudovi i moždani omotači (**meninges**).

NERVNA ĆELIJA (NEURON)

Neuron (Slika 1-3.) je osnovna genetska, morfološka, trofička i funkcionalna jedinica nervnog sistema. Neuron ima tijelo (*soma, perycarion*) od koga polaze

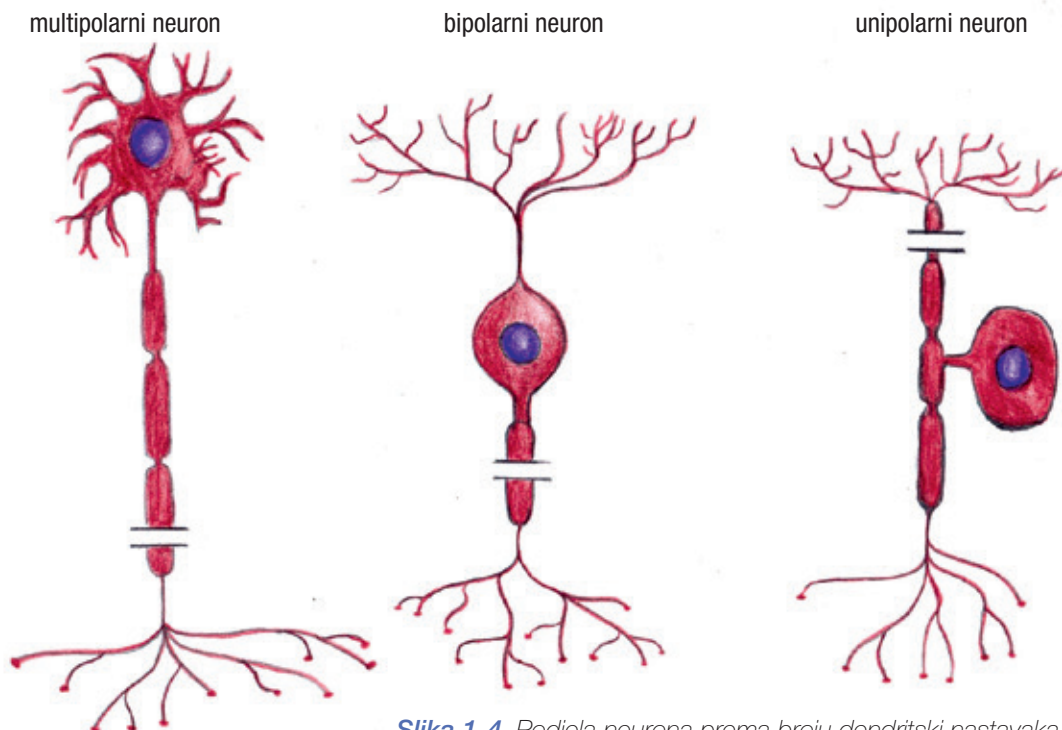


Slika. 1-3. Neuron

razgranati nastavci *dendriti* i centralni nastavak (*axon s. neurit*). Tijelo sadrži citoplazmu u kojoj su uredjeni jedro i organele. Čelijsko jedro je obično veliko, najčešće centronirano i u jedru se vide manja jedarca (*nucleolus*). Citoplazma nervne ćelije je bogata granulanim i agranularnim endoplazmatičnim retikulumom, slobodnim ribosomima i u njoj se vide bazofilne granule, Nisslova tjelačica koja sadrže hromatin. U citoplazmi se nalaze i brojne mitohondrije, sistem neurotubula i neurofilamenata, Golgi-ev aparat i lizozomi. Citoplazmu okružuje membrana od koje se odvajaju kratki produžeci, dendriti i dugi produzetak, akson ili neurit.

Dendriti su direktni produžeci citoplazme neurona i uvijek prenose nadražaj prema tijelu neurona, centripetalno. Oni se progresivno stanjuju prema svojim račvanjem u sekundarne, tercijalne pa i sitnije grančice. Njihov broj je promjenjiv, a može i da nedostaju (unipolarne nervne ćelije). Neuroplazma dendrita sadrži Nissl-ova tjelačica, mitohondrije, neurofibrile i neurotubule.

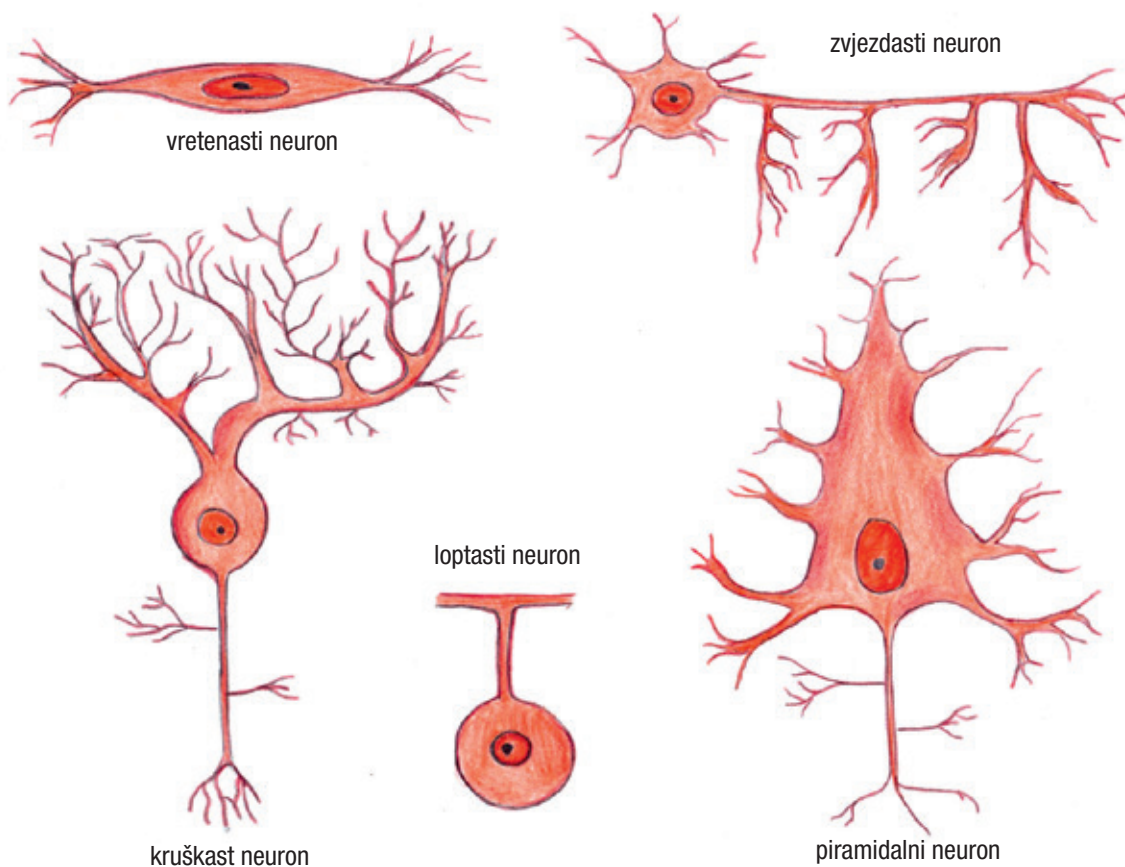
Akson (*axon s. neurit*) je sastavni dio svakog neurona. Sprovodi nadražaj od tijela neurona, centrifugalno. Na samom početku aksona nalazi se zadebljanje kupastog oblika, aksonski brežuljak, koji se nastavlja u kratki inicijalni segment. Preostali dugi dio aksona dobija mijelinski omotač i približno je iste debljine čitavom dužinom. U neuroplazmi aksona se nalaze neurofilamenti, neurotubuli i mitohondrije. U toku svog puta akson može da daje kolateralne grane koje se odvajaju od njegovog stabla skoro pod pravim uglom. Terminalni dio aksona se dijeli u završne grančice (telodendron) na čijim se krajevima nalaze terminalna proširenja koja sadrže mitohondrije i vezikule ispunjene neurotransmiterima. Terminalna proširenja telodendrona stupaju u kontakte sa susjednim neuronima i na taj način se uspostavlja veza, *sinapsa*.



Slika 1-4. Podjela neurona prema broju dendritski nastavaka

Nervne ćelije se dijele:

1. prema dužini aksona: neuroni Golgi tip I sa dugim aksonom i Golgi tip II sa kratkim aksonom,
2. prema broju dendritski nastavaka: unipolarne (nemaju dendrita, receptorne ćelije nekih čula), bipolarne (interneuroni), multipolarne (najveći broj nervnih ćelija, motoneuroni) i pseudounipolarne, (nastaju iz bipolarnih i nastavci su u toku razvoja spojeni u obliku slova „T“ u periferni i centralni nastavak, senzitivne ćelije spinalnih ganglija i senzitivnih ganglija moždanih živaca) (Slika 1-4.)
3. prema obliku: kruškoliki, loptasti, vretenasti, piramidalni (Slika 1-5.)



Slika 1-5. Podjela neurona prema obliku tijela

Tijela neurona, dendriti i početni dijelovi aksona i glijalne ćelije grade sivu masu (*substantia grisea*) CNS-a, a dendriti, aksoni obavijeni mijelinskim omotačem i glija ćelije (ologodendrociti) čine bijelu masu (*substantia alba*) CNS-a. U bijeloj masi nervni produžeci su grupisani u snopove, odnosno puteve (*fasciculus, tractus*). Puteve obično tvore aksoni većeg broja neurona koji se nalaze na različitim nivoima CNS-a, a koji su sinaptički spojeni, tako da se nastavljaju jedan na drugi u vidu funkcionalnih lanaca.

Tractus je skup vlakana istog ili sličnog porijekla koja su grupišu u toku svog puta u snopove, zatim zajedno prolaze kroz određene dijelove CNS-a, završa-

vaju se u tačno lokalizovanim centrima i imaju istu funkciju.

Fasciculus je skup aksona koji polaze iz većeg broja centara i povezuju različite dijelove CNS-a, pripadaju različitim funkcionalnim sistemima i zato obavljaju složene aktivnosti.

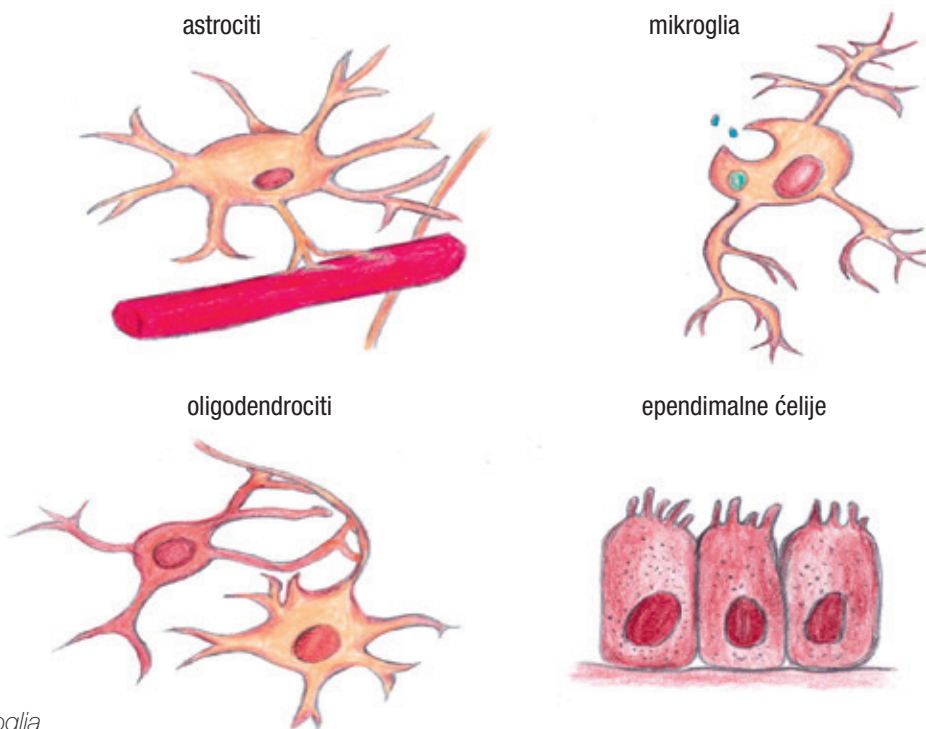
Skup aksona nekih puteva (neuron II senzitivnih puteva), koji pripadaju istom funkcionalnom sistemu se označava kao traka ili snop (*lemniscus*).

Morfološki sve puteve dijelimo na:

- asocijacione (*tractus nervosi associationes*)-povezuju sive mase na istoj strani CNS-a,
- komisuralne (*tractus nervosi commissurales*)-spajaju suprotne polovine istog dijela CNS-a,
- projekcije (*tractus nervosi projectiones*)-povezuju različite, udaljene dijelove CNS-a. Dije se na motorne (eferentne, nishodne) i senzitivne (afherentne, ushodne).

GLIJA ĆELIJE (NEUROGLIA)

Potporne ćelije neuronima u CNS-a jednim imenom nazivamo glija ćelijama (*neuroglia*). Glija ćelije se razmnožavaju mitozom. Vrste glija ćelija su: astrociti, oligodendrociti, mikroglia i ependimne ćelije (Slika 1-6.).



Slika 1-6. Neuroglia

Astrociti su zvjezdastog oblika, najveće su glija ćelije i svojim nastavcima se pružaju prema krvnim kapilarama. Prošireni završeci astrocita pokrivaju krvne kapilare stvarajući perivaskularnu membranu. Ova membrana čini: morfološku barijeru između neurona i krvi i cerebrospinalne tekućine i funkcionalnu barijeru između neurona i krvi na nivou endotela kapilara. Astrociti se nalaze i u sivoj i u bijeloj masi CNS-a.

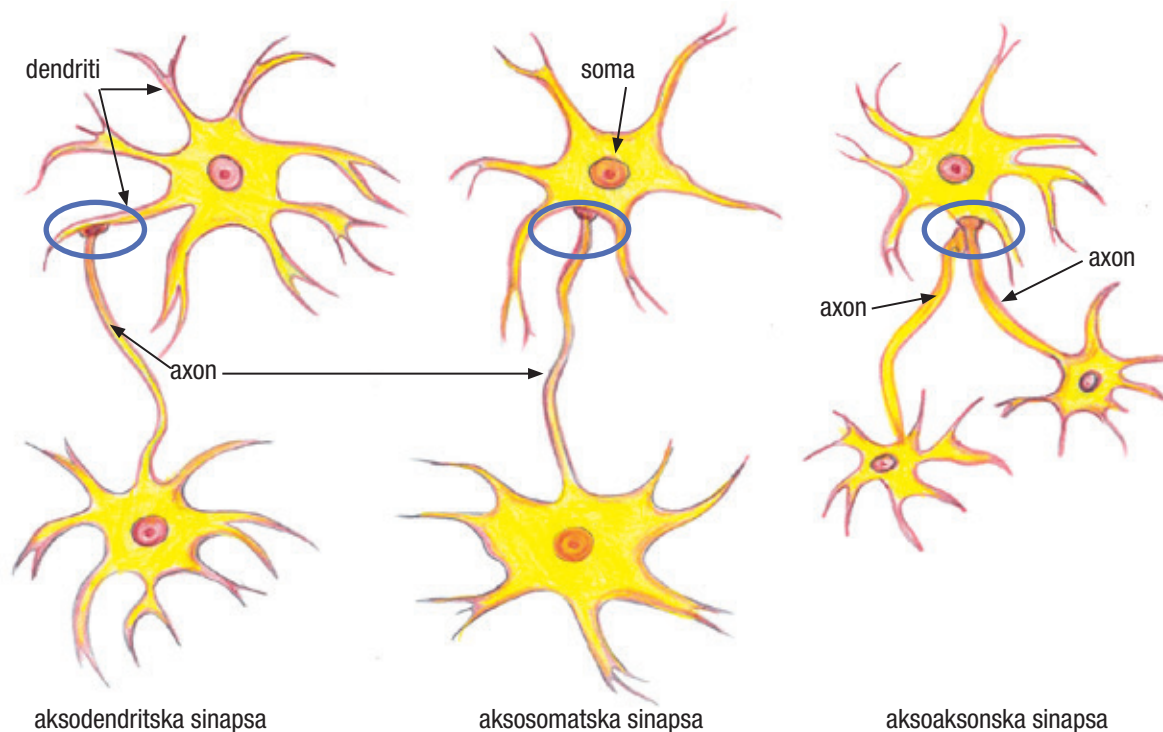
Oligodendrociti su manje ćelije od astrocita sa manje nastavaka. Nalaze se i u sivoj i u bijeloj masi CNS-a. U sivoj masi se nalaze uz tijela neurona kao satelitske ćelije. U bijeloj masi nalaze se duž aksona i u toku razvoja CNS-a postepeno se uvijaju oko aksona i grade njihov mijelinski omotač. U perifernom nervnom sistemu mijelinski omotač oko aksona grade Švanove (*Schwann-ove*) ćelije.

Mikroglia je manje brojna i nalazi se i u sivoj i u bijeloj masi CNS-a. Najmanje su glijalne ćelije sa trnolikim izdancima. U patološkim stanjima CNS-a, mikroglijalne ćelije se mogu kretati i vršiti fagocitozu. U procesu fagocitoze, citoplazma ovih ćelija je zrnasta i po tome ove ćelije se nazivaju i „zrnaste ćelije“.

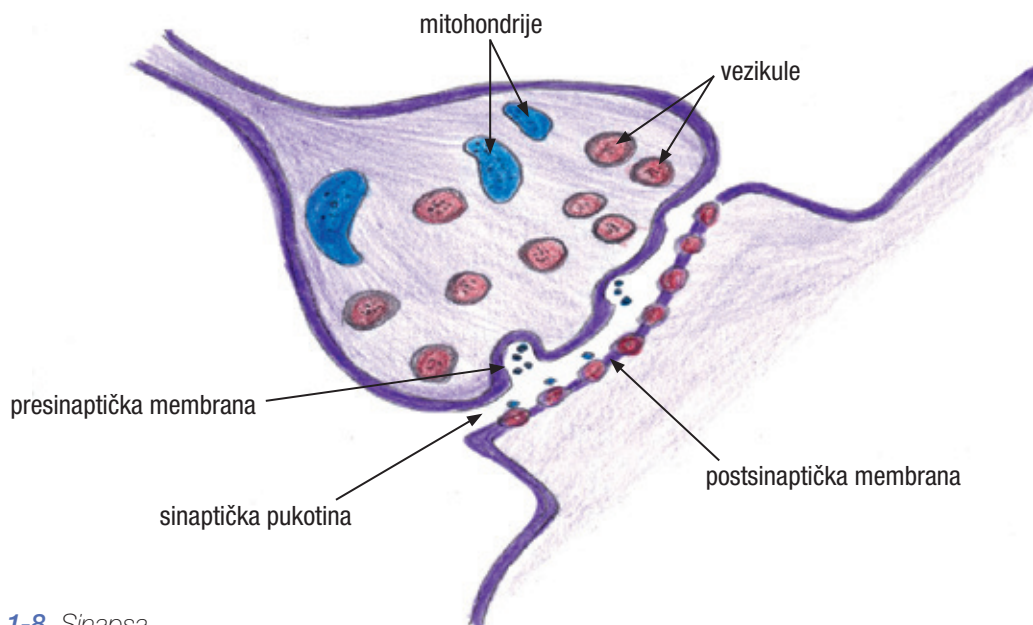
Ependimalne ćelije su kubičastog, cilindričnog oblika koje liče na epitelne ćelije i oblažu moždane komore i kanale u produženoj i kičmenoj moždini. Posebna vrsta ependimalnih ćelije su horoidne ćelije koje oblažu horoidne spletove u komorama mozga i učestvuju u stvaranju cerebrospinalne tečnosti (*liquor cerebrospinalis*).

SINAPSA

Sinapsa je funkcionalni spoj između nervnih ćelija, a može biti veza i između nervnih ćelija i mišićnih i epitelnih ćelija (neuroneuralna, neuromišićna i neuroepitelna sinapsa). Kod čovjeka prenos informacija kroz sinapsu se vrši neurotransmiterima (hemijski tip sinapsi). Akson neurona može stvarati sinapsu: sa aksonom drugog neurona (aksoaksonska sinapsa), sa dendritima drugog neurona (aksodendritska sinapsa), sa tijelom drugog neurona (aksosomatska sinapsa) (Slika 1-7.). Može postojati dendro-dendritska sinapsa. Sinapsa se sastoji od: presinaptičkog dijela, sinaptičke pukotine i postsinaptičkog dijela. (Slika 1-8.).



Slika 1-7. Tipovi sinapsi



Slika 1-8. Sinapsa

MOŽDANI OMOTAČI (MENINGES)

Vežavno tkivo gradi moždanice (meninges) koje obavijaju CNS. To su: meka moždanica (*pia mater*), paučinasta (*arachnoidea*) i tvrda moždana opna (*dura mater*). Unutar CNS-a, ulogu vežavnog tkiva preuzima neuroglija, samo oko velikih krvnih sudova postoji vežavno tkivo.

PODJELA NERVOG SISTEMA

Mada su svi dijelovi nervnog sistema međusobno povezani, te u morfološkom i funkcionalnom pogledu čine jednu cjelinu, nervni sistem se u morfološkom i topografskom pogledu dijeli na centralni i periferni, a u funkcionalnom pogledu nervni sistem se dijeli na somatski i vegetativni.

CENTRALNI NERVENI SISTEM (SYSTEMA NERVOSUM CENTRALE)

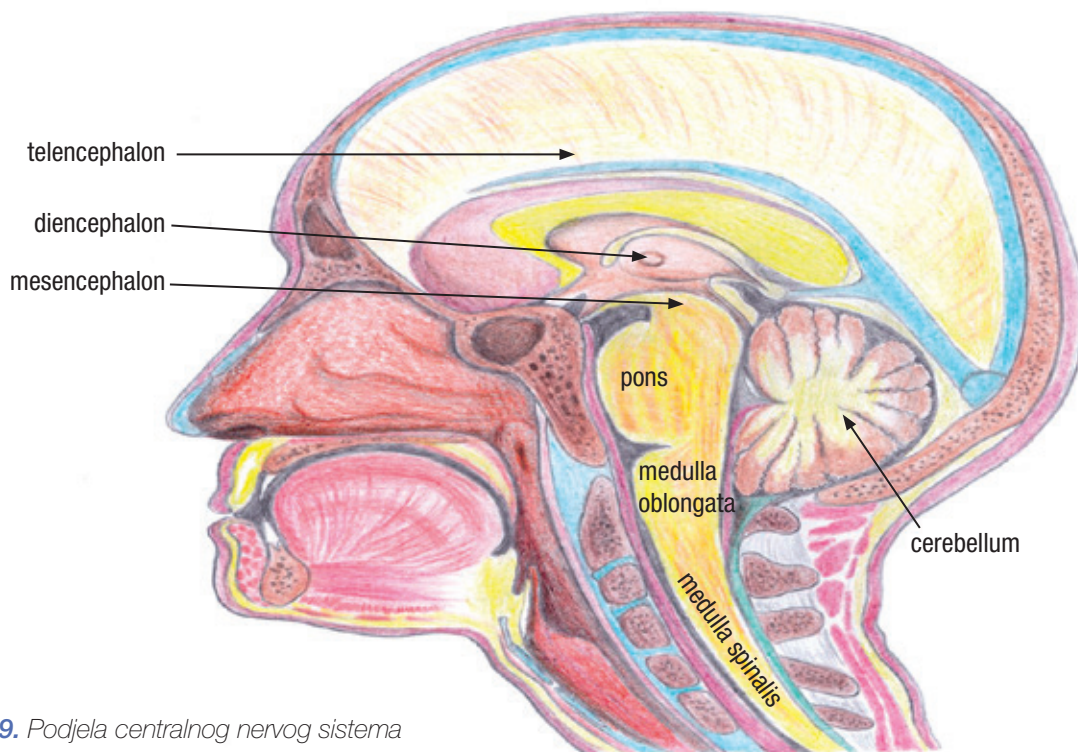
ima dva dijela, mozak (*cerebrum, encephalon*), smješten u lobanjskoj duplji, i kičmenu moždinu (*medulla spinalis*), smještenu u kičmenom kanalu. Dijelovi mozga (*encephalon*) su: produžena moždina (*medulla oblongata s. bulbis, s. myelencephalon*), moždani most (*pons*), srednji mozak (*mesencephalon*), mali mozak (*cerebellum*), međumozak (*diencephalon*), i veliki mozak (*telencephalon s. cerebrum*).

Produžena moždina, moždani most i srednji mozak zajedno čine moždano stablo (*truncus cerebri*). Kao dio moždanog stabla opisuje se i suženje rombencefalona (*isthmus rhombencephali*), koje obuhvata gornji dio moždanog mosta i njegovu granicu sa srednjim mozgom. Produžena moždina, moždani most i mali mozak čine rombasti mozak (*rhombencephalon*) (Slika 1-9.).

PERIFERNI NERVENI SISTEM (SYSTEMA NERVOSUM PERIPHERICUM)

čine moždani, ili lobanjski živci (*nn. craniales*), moždinski, ili kičmeni živci (*nn. spinales*) i autonomni dio perifernog nervnog sistema (*pars autonmica systematis nervosi peripherica*).

Moždani živci izlaze direktno iz mozga i ima ih 12 pari (od I do XII). Kičmeni živci izlaze iz kičmene moždine i ima ih 31 par: 8 vratnih (*nervi cervicales*), 12 grudnih (*nervi thoracales*), 5 slabinskih (*nervi lumbales*), 5 krstačnih (*nervi sacrales*) i 1 trtični (*nervus coccygeus*).



Slika 1-9. Podjela centralnog nervog sistema

Moždani i kičmeni živci povezuju centralni nervni sistem, tj. mozak i kičmenu moždinu, sa svim dijelovima organizma.

SOMATSKI ILI ANIMALNI NERVNI SISTEM

funkcionira pod uticajem svijesti i volje i služi za uspostavljanje veze organizma sa spoljašnjom sredinom. Ovaj sistem prima nadražaje iz spoljašnje sredine, prenosi ih aferentnim nervnim vlaknima do odgovarajućih nervnih centara, odakle se, putem eferentnih nervnih vlakana prenosi poruka za uzvratnu reakciju organizma na primljene nadražaje iz spoljašnje sredine.

VEGETATIVNI, AUTONOMNI ILI VISCERALNI NERVNI SISTEM (SYSTEMA NERVOSUM AUTONOMICUM)

funkcionira uglavnom bez uticaja volje i svijesti, mada ipak stoji pod izvjesnom kontrolom mozga i kičmene moždine, odnosno, ta kontrola može da se nauči. Ovaj sistem, zajedno sa endokrinim sistemom, reguliše i koordinira rad unutrašnjih organa.

Vegetativni nervni sistem ima centralni i periferni dio. Centralni dio vegetativnog nervnog sistema predstavljaju vegetativni centri, koji se nalaze u moždanom stablu i kičmenoj moždini. Periferni dio vegetativnog nervnog sistema predstavljaju nervna vlakna, koja ulaze u sastav moždanih i kičmenih živaca, ili grade posebne živce, kao i njima pridodati vegetativni ganglioni.

U funkcionalnom pogledu vegetativni nervni sistem se dijeli na dva dijela, simpatički (*pars sympathetica*) i parasimpatički (*pars parasymphathetica*). Prvi koristi (uglavnom) noradrenalin kao transmieter, a drugi acetilholin.

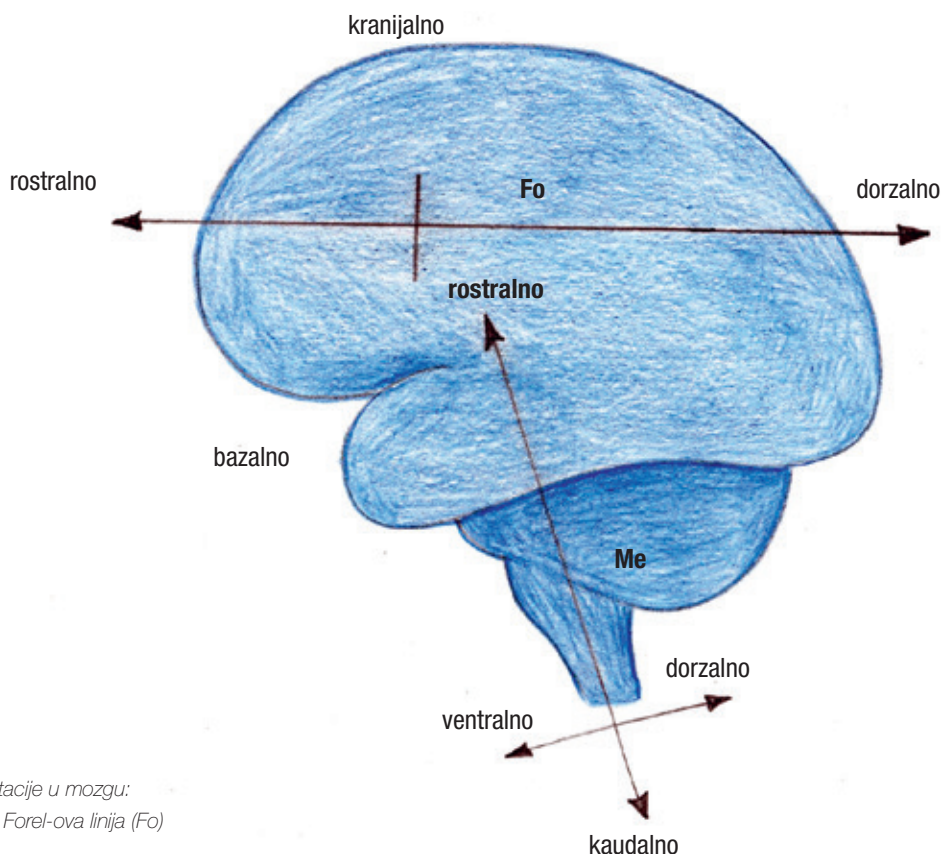
Simpatički centar vegetativnog nervnog sistema (*centrum sympatheticum*) nalazi se u bočnim stubovima (*columna lateralis*) sive mase kičmene moždine. od osmog vratnog do drugog slabinskog segmenta. Simpatički centar povezan je sa unutrašnjim organima pomoću aferentnih i eferentnih nervnih vlakana,

na čijem putu se nalaze ganglioni: paravertebralni (koji ulaze u sastav *truncus-a sympathicus*), prevertebralni (koji ulaze u sastav vegetativnih nervnih spletova-*pr.plexus-a coeliacus-a*) i intramuralni (koji se nalaze u samim zidovima organa, ili u blizini organa).

Parasimpatički centar vegetativnog nervnog sistema nalazi se jednim dijelom u moždanom stablu i predstavljaju ga parasimpatička jedra III, VII, IX i X moždanog živca, dok je u drugim dijelovima smješten u bočnim stubovima (*columna lateralis*) sive mase kičmene moždine, od drugog do petog krsnog segmenta (*centrum parasymphatheticum sacrale*). Parasimpatički centri povezani su sa organima pomoću aferentnih i eferentnih nervnih vlakana, koja ulaze u sastav III, VII, IX i X moždanog živca, kao i u sastav *nn.pelvici*.

ORJENTACIONE OSOVINE I RAVNI U CNS

Kod nižih kičmenjaka, a i u ranim fazama razvoja CNS-a kod čovjeka, nervni sistem ima jednu osnovnu uzdužnu osovinu koja se proteže od nosa, usta (*rostrum, os*) do repa (*cauda*). Tu uzdužnu os nazivamo *neuroaxis*.



Slika 1-10. Prikaz orijentacije u mozgu:
Meynert-ova linija (Me), Forel-ova linija (Fo)

Kod čovjeka u daljem razvoju CNS-a nastaju krivine sa uspravnim stavom čovjeka i mijenja se pravac *neuroaxisa*. Kod kičmene moždine osovina je postavljena skoro vertikalno, a kod moždanog stabla leži koso nagore i naprijed (Meynert-ova linija), dok je osovina prednjeg mozga postavljena skoro horizontalno (Forel-ova linija) (Slika 1-10.).

Dijelovi CNS-a koji leže bliže prednjem kraju uzdužne osovine su **rostralni**, a oni prema zadnjem kraju, repu su **kaudalni**. Dijelovi koji leže iza, odnosno iznad osovine su **dorzalno**, a oni ispred, odnosno ispod su **ventralno**, bazalno.

Dijelovi CNS-a u odnosu na mediosagitalnu ravan mogu biti smješteni **medijalno** (unutra) i **lateralno** (spolja). Mediosagitalna ravan, odnosno neuroaxis dijeli CNS-a na dvije relativno simetrične polovine. Dijelovi CNS-a koji se nalaze na istoj strani neuroaksisa su **ipsilateralni**, a oni na suprotnoj strani su **kontralateralni**.

Radi lakšeg učenja CNS-a prave se rezovi (presjeci) kroz pojedine dijelove CNS-a u tri osnovne anatomske ravni: **frontalnoj (koronarnoj)**, **sagitalnoj i horizontalnoj**. Prve dvije ravni su vertikalne i leže jedna u odnosu na drugu pod pravim uglom. Horizontalna ravan presjeca vertikalne ravni pod pravim uglom. Ako pravimo rezove moždanog stabla pod pravim uglom u odnosu na neuroaxis, označavamo ih kao **transverzalne** rezove. U radiološkim neuroimidžing metodama (CT; MRI) rade se virtuelni presjeci u navedenim ravnima i koristi se i termin **aksijalni** (osovinski snimak ili presjek). Ovaj termin ukazuje da je snimak, presjek poprečan na uzdužnu osovinu tijela čovjeka, a ne samog CNS-a.

Poglavlje 2

MOŽDANE OPNE ILI MOŽDANICE (MENINGES).....	17
<i>prof. dr Igor Sladojević</i>	
TVRDA MOŽDANA OVOJNICA (<i>DURA MATER</i>).....	17
Duplikature tvrde moždane opne	18
Šrpasta pregrada velikog mozga (<i>falx cerebri</i>).....	18
Šator malog mozga (<i>tentorium cerebelli</i>)	18
Šrpasta pregrada malog mozga (<i>falx cerebelli</i>)	18
Prečaga turskog sedla (<i>diaphragma sellae</i>).....	18
Trigeminalna duplja (<i>cavum trigeminale</i>)	18
PAUČINASTA OVOJNICA (<i>ARACHNOIDEA</i>)	19
MEKA OVOJNICA (<i>PIA MATER</i>)	20
CEREBROSPINALNA TEČNOST (<i>LIQUOR CEREBROSPINALIS</i>)	21
KLINIČKE IMPLIKACIJE	22

Poglavlje 2

MOŽDANE OPNE ILI MOŽDANICE (MENINGES)

prof. dr Igor Sladojević

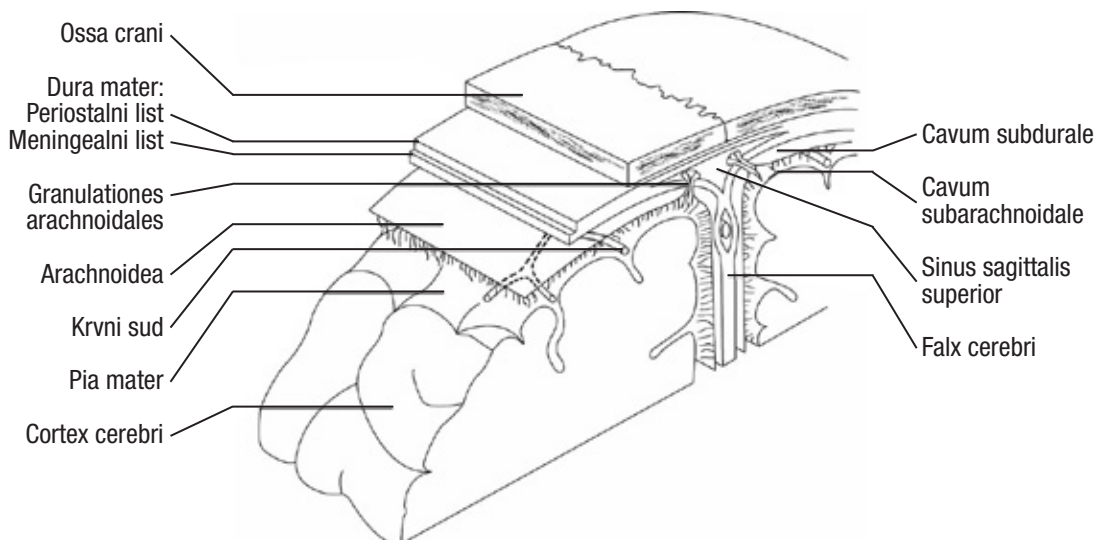
Mozak i kičmena moždina obavijeni su trima ovojnicama:

- tvrdom moždanom ovojnicom (*dura mater*), koja je najpovršnija,
- paučinastom ovojnicom (*arachnoidea*), koja se nalazi ispod *durae mater*, i
- mekom ovojnicom (*pia mater*), koja leži ispod arachnoidee i naliježe na površinu mozga i kičmene moždine.

Tvrda moždana ovojnice sačinjava čvrstu ovojnicu (*pachymeninx*), dok ostale dvije ovojnice čine meku ovojnicu (*leptomeninges*).

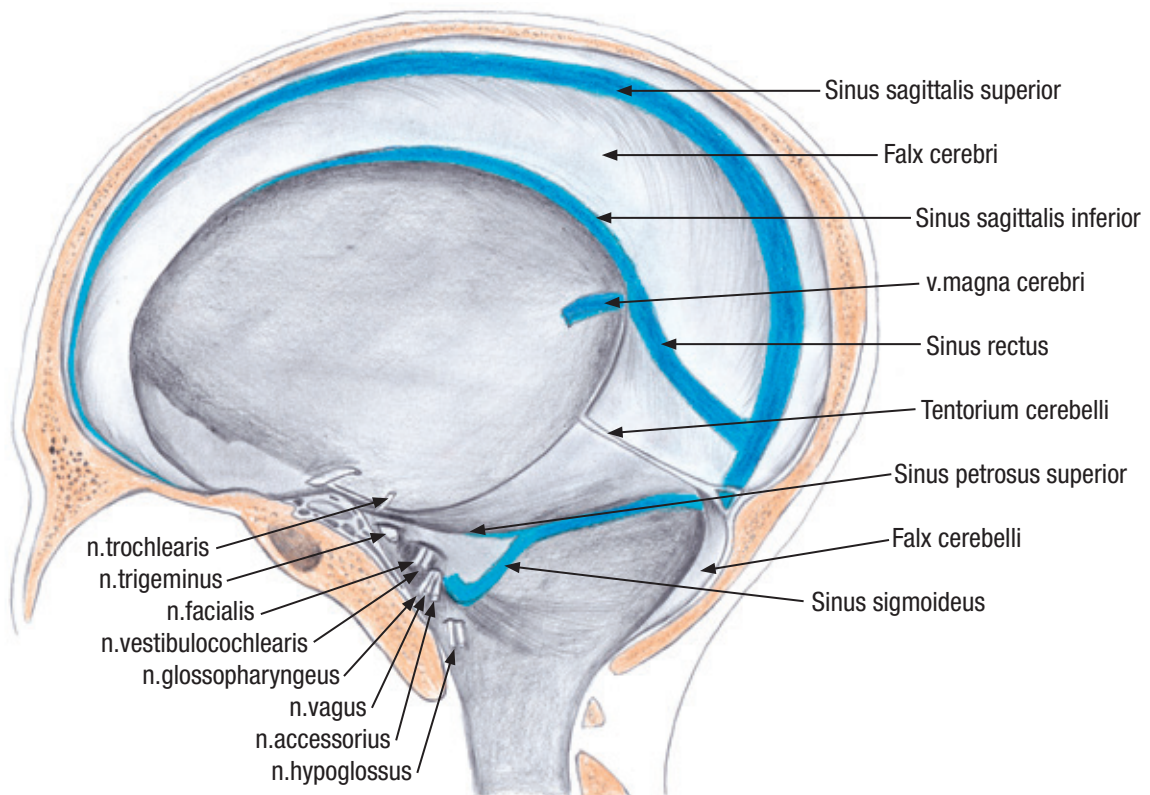
TVRDA MOŽDANA OVOJNICA (DURA MATER)

Dura mater je debela nerastegljiva opna koja je građena od snažnog vezivnog tkiva i mnogobrojnih vlakana. Ona ima dva lista: spoljašnji ili periostalni i unutrašnji ili endostalni. Spoljašnji list oblaže lobanjsku duplju i kičmeni kanal. Između spoljašnjeg i unutrašnjeg lista postoji epiduralni prostor (*cavum epidurale*), u kome se u kičmenom kanalu nalaze venski spletovi, masno tkivo i korjenovi kičmenih živaca. U lobanjskoj duplji, dva lista tvrde moždane opne su priljubljeni jedan uz drugi, tako da epiduralni prostor postoji samo duž toka krvnih sudova. Unutrašnji list *durae mater* svojom dubokom stranom naliježe na arachnoideu, između dure mater i arachnoidee postoji samo kapilarni, virtuelni prostor, zvani subduralni prostor (*cavum subdurale*) – slika 2-1. Praktično, unutrašnji list tvrde moždane ovojnice srastao je sa arachnoideom.



Slika 2-1. Moždane opne

DUPLIKATURE TVRDE MOŽDANE OPNE	U predjelu venskih sinusa lobanje, unutrašnji list tvrde moždane ovojnice od- vaja se od spoljašnjeg i gradi duplikature, koje dijele intrakranijalni prostor na manje odjeljke. Te tvorevine <i>durae mater</i> su: srpasta pregrada velikog mozga (<i>falx cerebri</i>), šator malog mozga (<i>tentorium cerebelli</i>), srpasta pregrada malog mozga (<i>falx cerebelli</i>), prečaga turskog sedla (<i>diaphragma sellae</i>) i trigeminalna duplja (<i>cavum trigeminale</i>).
Srpasta pregrada velikog mozga (<i>falx cerebri</i>)	je velika duplikatura tvrde moždane opne, koja ima oblik mediosagitalnog srpa između desne i lijeve hemisfere velikog mozga, u međuhemisferičnoj pukotini (<i>fissura longitudinalis cerebri</i>). Gornja, konveksna ivica ove duplikature pričvr- šćena je uz krov lobanje, od pijetlove krijeste sitaste kosti (<i>crista galli ossis ethmo- idalis</i>), duž žlijeba gornjeg sagitalnog sinusa (<i>sulcus sinus sagittalis superior</i>), una- zad do unutrašnje potiljačne kvrge (<i>protuberantia occipitalis interna</i>). Donja ivica srpaste pregrade velikog mozga pričvršćuje se od pijetlove krijeste sitaste kosti (<i>crista galli ossis ethmoidalis</i>), pozadi do spoja sa šatorom malog mozga (<i>tentori- um cerebelli</i>). Srednji dio donje ivice <i>falx cerebri</i> je slobodan i leži iznad žuljevitog tijela (<i>corpus callosum</i>). U gornjoj ivici <i>falx cerebri</i> nalazi se gornji sagitalni sinus (<i>sinus sagittalis superior</i>), a u njegovoj donjoj ivici nalazi se donji sagitalni sinus (<i>sinus sagittalis inferior</i>). Na spoju srpaste pregrade velikog mozga i šatora ma- log mozga nalazi se pravi sinus (<i>sinus rectus</i>).
Šator malog mozga (<i>tentorium cerebelli</i>)	je horizontalno postavljena duplikatura tvrde moždane ovojnice, koja se pripaja na liniji od zadnjih klinoidnih nastavaka sfenoidalne kosti, duž gornje ivice pira- mide temporalne kosti, preko žlijeba poprečnog sinusa okcipitalne kosti (<i>sulcus sinus transversi</i>), do unutrašnje potiljačne kvrge (<i>protuberantia occipitalis interna</i>). Srednji dio prednje ivice <i>tentorium</i> -a je slobodan i formira usjek, zvani <i>incisura tentorii</i> . Taj usjek, sa leđima sedla klinaste kosti (<i>dorsum sellae</i>), formira otvor (<i>hia- tus tentorii</i>), kroz koji prolazi srednji mozak (<i>mesencephalon</i>), suženje moždanog stabla (<i>isthmus rombencephali</i>) i rostralni dio crva malog mozga (<i>vermis cerebelli</i>). Iznad šatora malog mozga, u supratentorijalnom prostoru, leže okcipitalni re- žanj i zadnji dio temporalnog režnja velikog mozga. U infratentorijalnom pro- storu smješten je mali mozak.
Srpasta pregrada malog mozga (<i>falx cerebelli</i>)	je duplikatura <i>durae mater</i> , postavljena u sagitalnoj ravni, koja razdvaja desnu i lijevu hemisferu malog mozga, ali samo djelimično, uvlačeći se u urez između hemisfera malog mozga (<i>incisura cerebelli posterior</i>). Zadnja ivica ove duplika- ture fiksira se na <i>crista occipitalis interna</i> i u njenoj duplikaturi nalazi se <i>sinus occipitalis</i> - slika 2-2.
Prečaga turskog sedla (<i>diaphragma sellae</i>)	je horizontalna duralna tvorevina, koja gradi krov hipofizne jame (<i>fossa hypo- physialis</i>) klinaste kosti. Na njoj se nalazi otvor kroz koji prolazi peteljka hipofi- ze (<i>infundibulum</i>).
Trigeminalna duplja (<i>cavum trigeminale</i>)	je mala duralna šupljina, koja se nalazi u koštanom udubljenju (<i>impressio trige- mini</i>) na prednjoj strani piramide temporalne kosti. U toj šupljini leži ganglion petog kranijalnog nerva (<i>ganglion trigeminale Gasseri</i>) i početni dijelovi grana trigeminalnog živca (<i>n. ophthalmicus, n. maxillaris, n. mandibularis</i>).



Slika 2-2. Duplikature tvrde moždane opne

Tvrdu moždanu ovojnicu vaskularizuju slijedeće arterije:

- *a. meningea anterior*, grana *a. ethmoidalis anterior*, vaskularizuje duru mater u predjelu prednje lobanjske jame (*fossa cranii anterior*).
- *a. ethmoidalis anterior et posterior*, grane *a. ophthalmica*-e, vaskularizuju duru mater u predjelu prednje lobanjske jame.
- *a. meningea media*, grana *a. maxillaris*, vaskularizuje najveći dio dure i kostiju lobanje. Po ulasku u lobanju kroz *foramen spinosum* velikog krila sfenoidalne kosti, daje najčešće dvije završne grane, prednju i zadnju, koje se penju uz kalvariju.
- meningealne grane *a. occipitalis* i *a. vertebralis* vaskularizuju tvrdu moždanicu u predjelu zadnje lobanjske jame (*fossa cranii posterior*).

PAUČINASTA OVOJNICA (ARACHNOIDEA)

Arachnoidea je prozirna opna koja se nalazi između tvrde i meke ovojnice (*dura mater et pia mater*). Između paučinaste i tvrde ovojnice nalazi se subduralni prostor (koji u užem smislu riječi i ne postoji) i mali broj krvnih kapilara. Od *pia mater* odvaja je subarahnoidalni prostor, ispunjen likvorom, moždanim krvnim sudovima i početnim dijelovima svih moždanih živaca. Subarahnoidalni prostor je jako uzak u predjelu moždanih vijuga (gdje su *arachnoidea* i *pia mater* djelimično srasle), a nešto je širi u predjelu moždanih pukotina i žlijebova jer *pia mater* u vidu mosta prelazi sa jedne na drugu vijugu i time se odvaja od *arachnoidea*. Vlakna *arachnoideae* (*trabeculae arachnoidales*) prolaze kroz meku moždanicu, tako da stvaraju utisak paukove mreže. Kako *arachnoidea* obavija mozak ne

zalazeći u žlijebove i druga udubljenja na njegovoj površini, a *pia mater* (koja leži ispod arahnoidae) zalazi u sve njegove žlijebove i jame, u predjelu pomenutih udubljenja ispod arahnoidae nastaju posebne šupljine, odnosno proširenja subarahnoidalnog prostora, zvana cisterne. Najveće cisterne su:

- *Cisterna cerebellomedularis*, koja leži između krova četvrte moždane komore i donje strane malog mozga. Ona komunicira sa četvrtom moždanom komorom pomoću središnjeg otvora na krovu komore (*apertura mediana ventriculi quarti* Magendi). Kroz nju se subokcipitalnom punkcijom može dobiti likvor. U njoj se nalaze vertebralne arterije, n. IX, n. X i n. XI.
- *Cisterna pontocerebellaris*, desna i lijeva, predstavljaju proširenje subarahnoidalnog prostora, koje se nalazi u pontocerebelarnom uglu. Ova cisterna komunicira sa četvrtom komorom preko bočnih otvora na krovu komore, zvanih Luschkini otvori. U ovoj se cisterni nalaze brojni vaskularni i nervni elementi: *a. superior cerebelli*, *a. labyrinthi*, *v. petrosa superior* Dandy i moždani živci od V do XI.

Osim ovih, postoji još veliki broj cisterni (*cisterna quadrigemina*, *cisterna chiasmatis*, *cisterna ambiens*, *cisterna interpeduncularis*), koje se razlikuju po veličini i položaju. *Cisterna quadrigemina* nalazi se između zadnjeg kraja žuljevitog tijela (*corpus callosum*) i gornje površine malog mozga. *Cisterna chiasmatis* nalazi se ispred i ispod optičke hijazme. *Cisterna ambiens* se nalazi lateralno od srednjeg mozga i posteriorno se nastavlja sa *cisterna quadrigemina*. *Cisterna interpeduncularis* nalazi se u interpedunkularnoj jami između cerebralnih pedunkula srednjeg mozga.

U kičmenom kanalu arahnoidae, zajedno sa unutrašnjim listom dure, silazi kaudalnije od završetka kupe kičmene moždine (*conus medullaris*) i spušta se do drugog krsnog pršljena. Subarahnoidalni prostor je uzan duž cijele kičmene moždine, a ispod kupe kičmene moždine se proširuje u slabinsku cisternu (*cisterna lumbalis*). Iz ove cisterne, u kojoj se nalaze samo korjenovi konjskog repa (*cauda equina*), uzima se likvor lumbalnom punkcijom između L3 i L4 pršljena.

Arahnoidae nema krvnih sudova niti nervnih vlakana.

MEKA OVOJNICA (PIA MATER)

Pia mater je tanka opna koja obavija cijelu površinu mozga, ulazeći u njegove žlijebove i udubljenja te se teško odvaja od moždanog tkiva. Ova ovojnica obavija krvne žile koje ulaze u centralni nervni sistem i oko krvnih sudova grade šupljine nazvane Virchow-Robinovi prostori. Na krovu III i IV moždane komore *pia mater* gradi duplikature (*tela choroidea*), između čijih listova leže vaskularni pleksusi, koji prominiraju u unutrašnjost komore i luče likvor.

Inervacija moždanih ovojnica. *Dura et pia mater* su inervisane senzitivnim i vegetativnim vlaknima.

Senzitivna i parasimpatička vlakna za moždane ovojnice dolaze od:

- Za dijelove smještene u prednjoj lobanjskoj jami – od *rr. meningei n. ethmoidalis anterior-a*, grane *n. ophthalmicus-a* (n. V/1),
- Za dijelove smještene u srednjoj lobanjskoj jami – od *rr. meningei n. V/1* i *n. maxillaris-a* (n. V/2),
- Za dijelove smještene u zadnjoj lobanjskoj jami – od *rr. meningei n. glossopharyngeus-a* (n. IX) i *n. vagus-a* (n. X). Djelimično u inervaciji učestvuju i senzitivne grane prva tri cervikalna nerva.

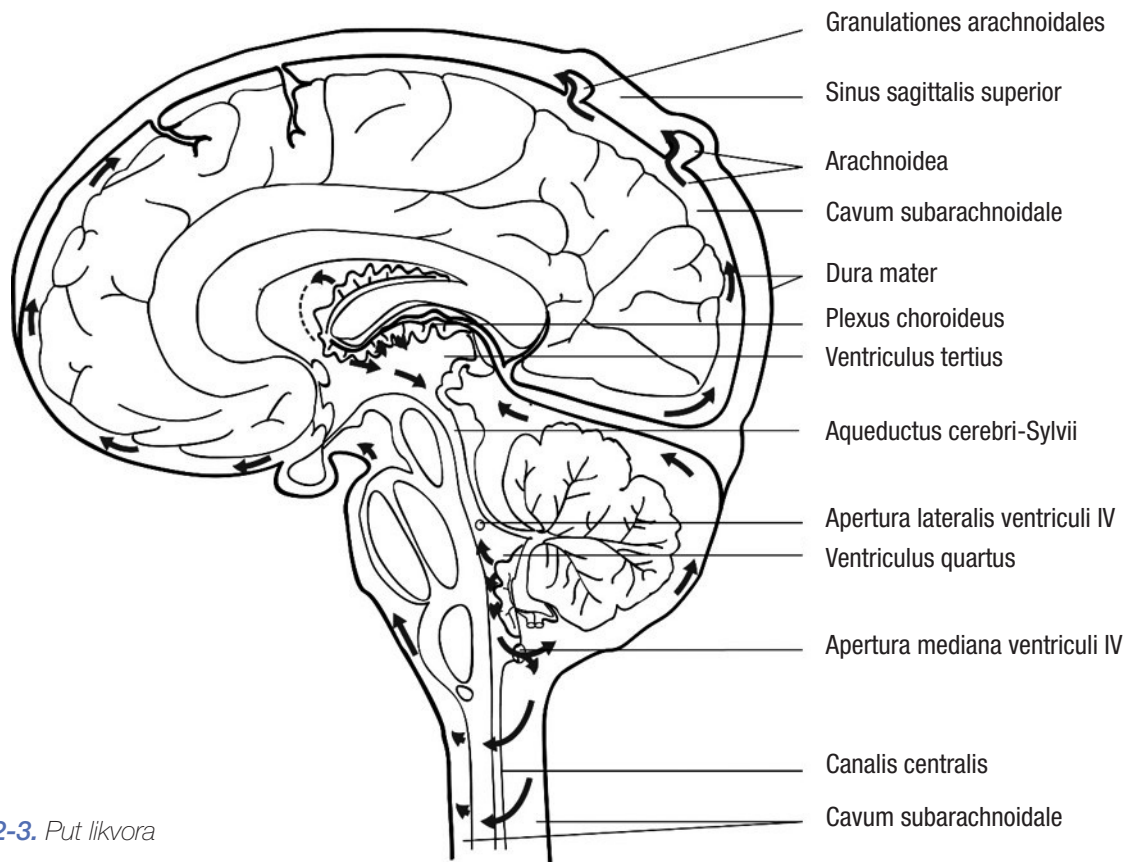
Kada je riječ o simpatičkim vlaknima, ona potiču od gangliona vratnog dijela simpatičkog stabla i prate arterijske sudove.

CEREBROSPINALNA TEČNOST (LIQUOR CEREBROSPINALIS)

Cerebrospinalni likvor nalazi se u moždanim komorama, te u subarahnoidalnom prostoru i njegovim cisternama. Njegova ukupna količina iznosi oko 150 ml. Riječ je o potpuno bistroj, bezbojnoj tečnosti koja je po sastavu slična intersticijalnoj tečnosti ostalih tkiva. Glavna uloga cerebrospinalnog likvora je da, obavijajući mozak i kičmenu moždinu slojem tečnosti (koja ima istu specifičnu težinu kao i mozak), amortizuje štetno dejstvo mehaničkih faktora na centralni nervni sistem.

Likvor stvaraju horoidni pleksusi u moždanim komorama, a u manjoj mjeri i endim, koji oblaže prostore u kojima se nalazi likvor, a još manju količinu stvaraju krvni sudovi mozga i kičmene moždine. Dnevno se iz horoidnog pleksusa secenira oko 500 ml likvora i ista količina se u toku dana apsorbuje preko arahnoidalnih granulacija. Ove granulacije predstavljaju izdanke arahnoida i pie mater, oblika pečurki, koji se uvlače u šupljine sagitalnog i drugih venskih sinusa, istanjujući njihove duralne zidove. Zidovi granulacija su veoma permeabilni i omogućavaju da sastojci likvora prelaze u krv, koja cirkuliše kroz sinuse.

Put likvora. Likvor, nastao u bočnim moždanim komorama, kroz Monro-ove otvore (desni i lijevi) odlazi u treću moždanu komoru, gdje se miješa sa likvorom, koji je nastao u toj komori. Iz treće moždane komore likvor prelazi u četvrtu moždanu komoru kroz *aqueductus cerebri* Sylvii. Iz četvrte moždane



Slika 2-3. Put likvora

komore likvor odlazi u cisterne subarahnoidalnog prostora preko otvora na njenom krovu: preko središnjeg otvora (*apertura mediana ventriculi IV*) odlazi u *cisterna cerebellomedullaris*, dok se preko parnih, bočnih otvora (*apertura lateralis ventriculi IV*) likvor evakuiše u *cisterna pontocerebellaris*. Iz pomenutih cisterni cerebrospinalna tečnost se resorbuje u duralne venske sinuse (naročito u *sinus sagittalis superior*) preko arahnoidalnih granulacija (slika 2-3). Likvor u kičmenu moždinu dolazi iz četvrte moždane komore i ispunjava centralni kanal kičmene moždine. Iz tog kanala likvor se resorbuje u *plexus venosus vertebralis interni*. Cirkulacijom likvora održava se intrakranijalni pritisak, koji iznosi 70–200 mm vodenog stuba u ležećem stavu. Dodatni faktor koji osigurava evakuaciju likvora u venski sistem je taj što je pritisak likvora veći nego pritisak u venama.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

U slučaju traumatskih oštećenja tvrde i paučinaste moždanice, otvara se subarahnoidalni prostor, tako da likvor može da curi kroz nos (*rhinoliqorrhoea*) ili kroz uši (*otoliqorrhoea*).

Falx cerebri sprječava transversalno pomjeranje hemisfera pod djelovanjem mehaničke sile. Međutim, ukoliko se u jednoj hemisferi razvije ekspanzivni proces, moguća je hernijacija te hemisfere ispod slobodnog dijela donje ivice *falx-a cerebri* na suprotnu stranu.

Supratentorijalni i infratentorijalni prostor lobanjske duplje komuniciraju preko *hiatus-a tentorii*. Kod povećanja pritiska u supratentorijalnom prostoru, moguća je hernijacija supratentorijalnih formacija mozga kroz *hiatus tentorii* u zadnju lobanjsku jamu, što dovodi do kompresije infratentorijalnog dijela moždanog stabla i važnih centara koji se u njemu nalaze.

Normalna cirkulacija likvora može biti poremećena zbog prisustva patološkog procesa (tumori, krvarenja, srašćenja zbog upale), koji se najčešće dešava na krovu IV moždane komore. U tom slučaju dolazi do povećanja količine likvora i dilatacije komornih prostora iznad mjesta prepreke oticanja likvora. Ovo patološko stanje se naziva hidrocefalus. Takođe, dolazi i do komprimovanja venske cirkulacije optičkog nerva, što dovodi do edema papile ovog živca i pojave zastoje papile (*papilla stagnans*), koja predstavlja rani znak povećanja intrakranijalnog pritiska.

U slučaju povrede *a. meningeae mediae* može da se formira epiduralni hematoma, koji sadrži do 100 ml krvi, i vrši veliki pritisak na mozak. U takvim slučajevima vrši se trepanacija lobanje na zadnjem dijelu šava između parijetalne kosti i velikog krila sfenoidalne kosti (projekcija puta *a. meningeae mediae*).

Kada je riječ o nervima koji inervišu moždane ovojnice, klinički su posebno značajni senzitivni živci koji inervišu tvrdi moždanu opnu, jer u ovoj ovojnici obrazuju mreže čije rastezanje dovodi do nekih tipova glavobolja.

ZAPAMTITE: mozak i kičmena moždina imaju tri ovojnice. *Dura mater* je najpovršnija i intrakranijalno gradi pet duplikatura. *Arachnoidea* se nalazi ispod *dura-e* i šalje paučinaste produžetke prema *pia mater*, najdublje smještenoj ovojnici. Između ovojnica se nalaze međumoždanični prostori, od kojih je najznačajniji onaj između *pia-e* i *arachnoidea-e* i naziva se subarahnoidalni prostor. U njemu se nalazi likvor, cerebrospinalna tečnost u količini od 150 ml. Likvor otiče kroz sistem moždanih komora u cisterne subarahnoidalnog prostora, iz kojih se resorbuje u duralne venske sinuse (naročito *sinus sagittalis superior*).

Pitanja za ponavljanje:

1. Meku moždanicu /leptomeninge/ grade:
 - a) _____
 - b) _____
 2. Međumoždanični prostori su svi navedeni osim:
 - a) *cavum epidurale*,
 - b) *cavum subdurale*,
 - c) *aqueductus cerebri*,
 - d) *cavum subarachnoidale*.
 3. Epiduralni prostor se nalazi između:
 - a) *dura mater et arachnoidea*,
 - b) dva lista *durae mater*,
 - c) *dura mater et pia mater*,
 - d) *arachnoidea et pia mater*.
 4. Tvorevine dure mater su sve navedene osim:
 - a) *falx cerebri*,
 - b) *falx cerebelli*,
 - c) *tentorium cerebelli*,
 - d) cisterne mozga.
 5. Srpasta pregrada velikog mozga /*falx cerebri*/ se nalazi:
 - a) između hemisfera malog mozga,
 - b) između hemisfera velikog mozga,
 - c) između malog mozga i potiljačnih režnjeva velikog mozga,
 - d) razapeta je iznad hipofizne jame.
 6. U pontocerebelarnu cisternu /*cisterna pontocerebellaris*/ se otvara:
 - a) *apertura mediana ventriculi IV*,
 - b) *aperturae laterales ventriculi IV*,
 - c) *aqueductus cerebri*,
 - d) *foramen interventriculare*.
-

Poglavlje 3

KIČMENA MOŽDINA (MEDULLA SPINALIS)	25
<i>prof. dr Igor Sladojević</i>	
RAZVOJ KIČMENE MOŽDINE	25
POLOŽAJ KIČMENE MOŽDINE	26
SPOLJAŠNJI IZGLED KIČMENE MOŽDINE	27
SEGMENTI KIČMENE MOŽDINE	28
KIČMENI ŽIVCI (<i>NERVI SPINALES</i>)	30
GRAĐA KIČMENE MOŽDINE	31
Morfologija sive mase kičmene moždine	32
Sastav sive mase	34
Morfologija bijele mase kičmene moždine	35
Sastav bijele mase	36
OMOTAČI KIČMENE MOŽDINE	37
ARTERIJE I VENE KIČMENE MOŽDINE	37
REFLEKSI KIČMENE MOŽDINE	39
KLINIČKE IMPLIKACIJE	40

Poglavlje 3

KIČMENA MOŽDINA (*MEDULLA SPINALIS*)

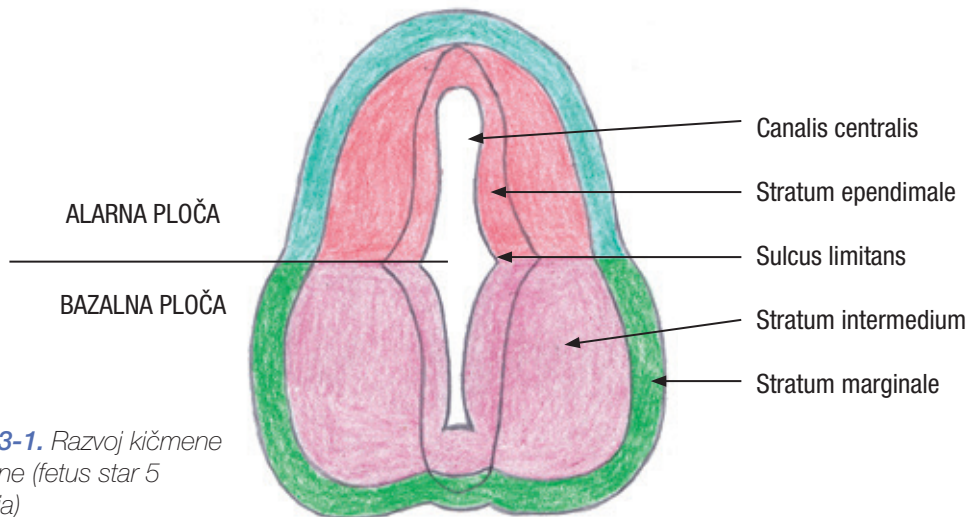
prof. dr Igor Sladojević

Kičmena moždina predstavlja kaudalni dio centralnog nervnog sistema. Ona posjeduje brojne funkcije, analogne funkcijama nervnog sistema životinja, koje se nalaze na nižem stepenu filogenetske ljestvice i imaju segmentiranu građu.

RAZVOJ KIČMENE MOŽDINE

Kičmena moždina se razvija iz kaudalnog, izduženog dijela neuralne cijevi, počevši od treće nedjelje gestacije. Neuralna cijev počinje da zadebljava zbog mitozama svog epitelnog sloja. Do sredine 5. nedjelje embrionalnog razvoja, na poprečnom presjeku nedavno zatvorene neuralne cijevi (prema klasičnoj teoriji) izdiferenciraju se tri zone. Iznutra prema spolja, to su: endodimalna ili ventrikularna zona (*stratum endodimale s. ventriculare*), intermedijalna zona (*stratum intermedium*) i marginalna zona (*stratum marginale*) – slika 3-1.

Endodimalna zona je debela i oblaže zatvorenu šupljinu centralnog kanala kičmene moždine. Brojne ćelije ovog sloja mitozama daju neuroblaste (iz kojih nastaju neuroni) i spongioblaste, iz kojih nastaju glijalne ćelije. Neuroblasti migriraju u susjednu, intermedijarnu zonu (buduću spinalnu sivu masu), a iz te zone aksoni neuroblasta ulaze u spoljnu, marginalnu zonu (buduću bijelu masu). Neki centralni nastavci spinalnih gangliona uzdižu se u marginalnoj zoni, dok se drugi spajaju sa neuronima u intermedijarnoj zoni. Kada se histogeneza završi, preostale endodimalne ćelije se diferenciraju u endodimalne ćelije koje oblažu centralni kanal.



Slika 3-1. Razvoj kičmene moždine (fetus star 5 nedjelja)

Dorzalni i ventralni zidovi neuralne cijevi ostaju tanki i formiraju krov i pod centralnog kanala. Ova dva zida ne sadrže neuroblaste, već kroz njih prolaze komisuralna vlakna koja povezuju suprotne polovine kičmene moždine. Bočne strane intermedijalne zone neuralne cijevi zadebljavaju i formiraju dvije ploče: alarnu, orijentisanu dorzalno i bazalnu, orijentisanu ventralno. Ove dvije ploče, na svakoj strani zida centralnog kanala, razgraničene su unutrašnjom longitudinalnom brazdom (*sulcus limitans*), koja nastaje zbog različitog rasta u širinu alarne i bazalne ploče. U sagitalnoj ravni se formiraju još dvije brazde, prednja, duboka (*fissura mediana anterior*) i zadnja, plića (*sulcus medianus posterior*).

Proliferacijom neuroblasta bazalne ploče nastaju prednji, motorni rogovi sive mase kičmene moždine, dok od neuroblasta alarne ploče nastaju zadnji, senzitivni rogovi. Nešto kasnije, od srednjeg zadebljanja intermedijalne zone nastaju lateralni, vegetativni rogovi. Na taj način, na transferzalnom presjeku nastaje karakterističan izgled sive mase u obliku leptira. Čelije marginalnog sloja daju posebne snopove (*fasciculi proprii*), nakon kojih nastaju aferentna i eferentna vlakna.

Proliferacijom tri zone kičmene moždine dolazi do značajnog suženja lumena centralnog kanala, osim u njegovom završnom dijelu, gdje ostane proširen i formira završnu komoru (*ventriculus terminalis*).

Prema novoj teoriji u vezi sa razvojem kičmene moždine, zid zatvorene neuralne cijevi sastoji se od samo jednog tipa ćelija, pluripotentnih neuroepitelnih ćelija. Ove ćelije se prostiru po cijeloj debljini zida i formiraju debeo pseudostratifikovani neuroepitel. Zonalni izgled, naveden u klasičnoj teoriji, samo odražava različite faze proliferativnog ciklusa pluripotentnih neuroepitelnih ćelija. Kako razvoj napreduje, ove neuroepitelne ćelije daju drugi tip ćelija, koje imaju okrugla jezgra sa tamnim obojenim nukleolusima (neuroblasti). Neuroblasti formiraju zonu koja okružuje neuroepitelni (prema klasičnoj teoriji intermedijarni) sloj. Ova zona kasnije formira sivu materiju kičmene moždine. Najlateralniji sloj kičmene moždine sadrži vlakna koja nastaju iz neuroblasta intermedijarnog sloja, koji odgovara marginalnom sloju. Mijelinizacija nervnih vlakana daje ovom sloju bijeli izgled i čini osnovu bijele mase kičmene moždine.

Proces mijelinizacije u kičmenoj moždini počinje u 5. mjesecu intrauterinog razvoja, i to prvo u zadnjim, a potom i u prednjim korjenovima kičmenog živca. Nakon toga, mijeliniziraju senzitivni putevi (npr. spinothalmički put je potpuno mijelinizovan u 8. mjesecu intrauterinog razvoja). Kada je riječ o motornim putevima, njihova mijelinizacija počinje tek pred rođenje, intenzivira se sa prohodavanjem djeteta i traje do druge ili treće godine života.

POLOŽAJ KIČMENE MOŽDINE

Kičmena moždina leži u gornje dvije trećine kičmenog kanala i pruža se, kod odrasle osobe, od prednjeg luka atlasa, gdje se nastavlja na produženu moždinu, naniže do sredine tijela prvog ili gornje trećine tijela drugog slabinskog pršljena. Ovaj nivo kičmena moždina dostiže 2 mjeseca nakon rođenja, dok se kod novorođenčadi kaudalni kraj kičmene moždine nalazi u visini trećeg slabinskog pršljena. U kičmenom kanalu kičmena moždina prati krivine kičme u sagitalnoj ravni.

Kičmena moždina obavijena je moždanim omotačima (*meninges*), a između kičmene moždine i koštanih zidova kičmenog kanala nalaze se krvni i limfni sudovi, kao i vezivno i masno tkivo.

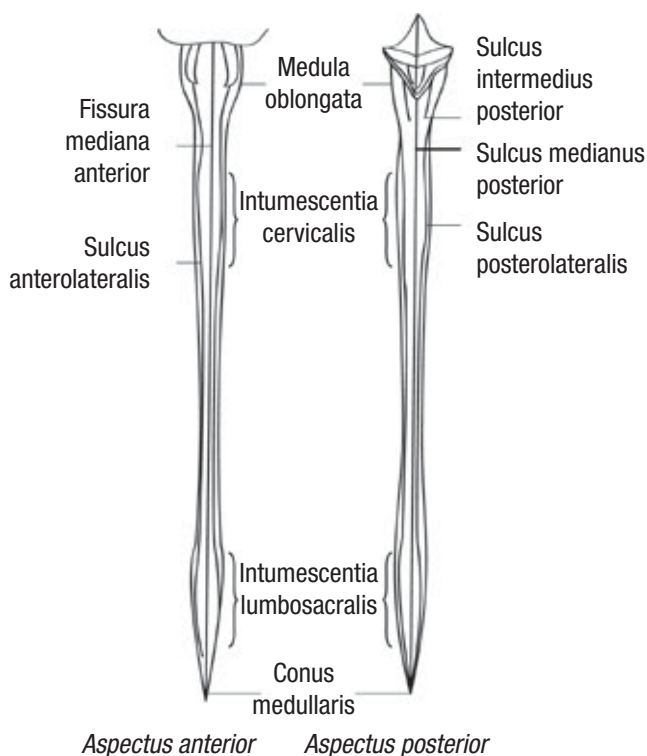
SPOLJAŠNJI IZGLED KIČMENE MOŽDINE

Kičmena moždina je duga oko 45 cm, sa poprečnim dijametrom oko 1,5 cm, te sagitalnim oko 1 cm. Teška je svega 30 grama. Ima oblik dugačkog cilindra, blago spljoštenog sprijeda-unazad, na kome postoje dva vretenasta zadebljanja, vratno (*intumescentia cervicalis*) i slabinsko (*intumescentia lumbalis*). Vratno zadebljanje se prostire od C3 do T2 segmenta kičmene moždine, a najveće je na nivou C6 segmenta. Slabinsko zadebljanje je nešto uže i pruža se od L1 do S3 segmenta kičmene moždine. U oblasti tih zadebljanja u sivoj masi kičmene moždine nalazi se veliki broj neurona, čiji produžeci grade velike spletove, za gornje ekstremitete (*plexus brachialis*) i za donje ekstremitete (*plexus lumbalis et plexus sacralis*). Novija literatura za intumescencije navodi da to zapravo nisu proširenja, već je tu kičmena moždina normalne širine, a na ostalim dijelovima je sužena. Razlog je odumiranje ćelija koje se nisu spojile sa ciljnim tkivima u toku embriogeneze, zbog čega je kičmena moždina van intumescencija sužena.

Na kičmenoj moždini se opisuju prednja, zadnja i dvije bočne strane.

Duž prednje strane kičmene moždine pruža se odozgo na dole duboka prednja središnja pukotina (*fissura mediana anterior*), koja u dubini doseže do bijele spojnice (*commisura alba anterior*). Duž zadnje strane pruža se plitak zadnji središnji žlijeb (*sulcus medianus posterior*), od koga se unaprijed kroz bijelu masu pruža tanka glijalna pregrada (*septum medianum posterius*).

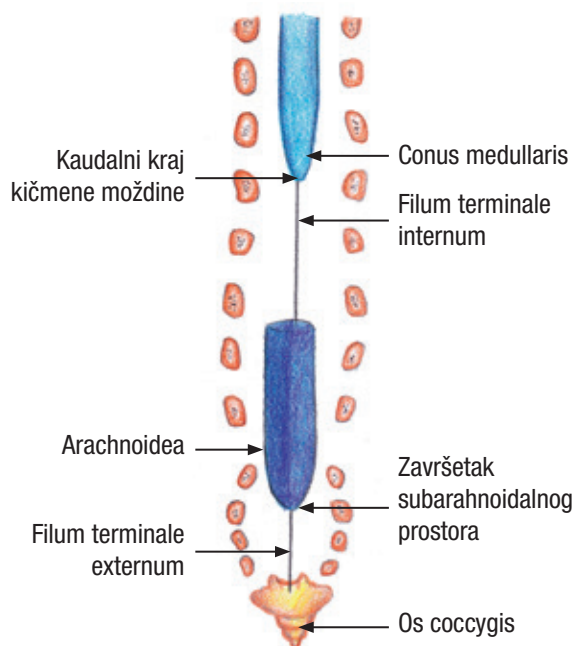
Na svakoj od bočnih strana kičmene moždine vide se po dva plitka bočna žlijeba: prednji bočni žlijeb (*sulcus lateralis anterior*), kroz koji iz kičmene moždine izlaze prednji korjenovi kičmenih živaca i zadnji bočni žlijeb (*sulcus lateralis posterior*), kroz koji u kičmenu moždinu ulaze zadnji korjenovi kičmenih živaca – slika 3-2.



U vratnom i početnom grudnom dijelu kičmene moždine sa zadnje strane, između zadnjeg i zadnjeg spoljašnjeg žlijeba, nalazi se paralelno sa njima još jedan srednji žlijeb (*sulcus intermedius posterior*). Od njega se prema unutra kroz bijelu masu kičmene moždine pruža tanka glijalna pregrada (*septum intermedium posterius*). Vrlo je važno poznavati raspored žlijebova na kičmenoj moždini jer se pri operaciji intramedularnog ekspanzivnog procesa kičmena moždina otvara kroz sulkuse, da bi se minimizirala operativna lezija.

Ispod slabinskog zadebljanja, kičmena moždina se sužava u vidu kupe (*conus medullaris*), od čijeg vrha polazi naniže završni končić (*filum terminale*), koji predstavlja zakrčljali embrionalni zaostatak kaudalnog kraja nervne cijevi. Svojim dužim dijelom (*filum terminale internum s. pars pialis*), ovaj končić leži u subarahnoidalnom prostoru i okružen je korjenovima kičmenih živaca koji formiraju konjski rep (*cauda equina*). Na

Slika 3-2. Spoljašnji izgled kičmene moždine



Slika 3-3. *Conus medullaris et filum terminale*

nivou S2 pršljena končić probija tvrdu moždanu opnu i nastavlja se kao spoljašnji dio završnog končića (*filum terminale externum s.pars duralis*). Ovaj kraći dio završnog končića prolazi kroz kaudalni dio duralne vreće, spaja se sa kičmenim dijelom tvrde moždane opne i nastavlja se kaudalno da bi završio na trtičnoj kosti (*os coccygis*) – slika 3-3.

SEGMENTI KIČMENE MOŽDINE

Segment je dio tkiva kičmene moždine iz kog izlazi jedan par kičmenih živaca i može se smatrati morfološkom jedinicom kičmene moždine. U funkcionalnom smislu, segment je mnogo šira jedinica jer vlakna koja dolaze u moždinu i iz nje izlaze završavaju i polaze iz više susjednih segmenata. Segment se makroskopski ne može vidjeti.

Svaki segment kičmene moždine dobija senzitivne signale putem aferentnih nervnih vlakana, sadržanih u kičmenom živcu, koji pripada tom segmentu. Kao odgovor na primljeni signal, iz kičmene moždine, putem eferentnih vlakana, na periferiju odlazi impuls, koji izaziva odgovarajuću motornu reakciju (kontrakciju skeletne miškulature, kontrakciju glatkih mišića u unutrašnjim organima, sekreciju egzokrinih i endokrinih žlijezda). Međutim, svaka senzitivna informacija koja stigne u kičmenu moždinu, nema za posljedicu motornu reakciju. Zapravo, samo 1 % senzorijskih informacija dovodi do motorne reakcije, jer pri prenosu impulsa sa jednog neurona na drugu sinapse centralnog nervnog sistema, odnosno kičmene moždine, putem posredničkih (internuncijskih) neurona vrše izbor i neke signale zaustavljaju, dok druge propuštaju i usmjeravaju u određenim pravcima.

Odgovor na primljenu informaciju može da bude jednostavna reakcija tj. refleks, koji se odigrava preko određenog segmenta kičmene moždine (refleks za pražnjenje mokraćne bešike i za pražnjenje crijeva, promjena tonusa krvnih sudova, kao posljedica uticaja toplote ili hladnoće), ili složena reakcija, koju kontroliše moždano stablo ili kora velikog mozga. Složene reakcije su moguće jer se senzorijska informacija, po ulasku u određeni segment kičmene moždine putem kičmenog živca, prenosi kako u druge segmente kičmene moždine, tako i u retikularnu formaciju moždanog stabla, mali mozak, bazalne ganglije i koru velikog mozga. Signali, koji su zadržani u sinapsama i informacije, koje su oni tu donijeli, ostaju sačuvani u mozgu, a malim dijelom i u kičmenoj moždini (proces pamćenja, upamćivanja), i služe za obradu novih informacija u procesu mišljenja.

Kičmena moždina ima 31 segment:

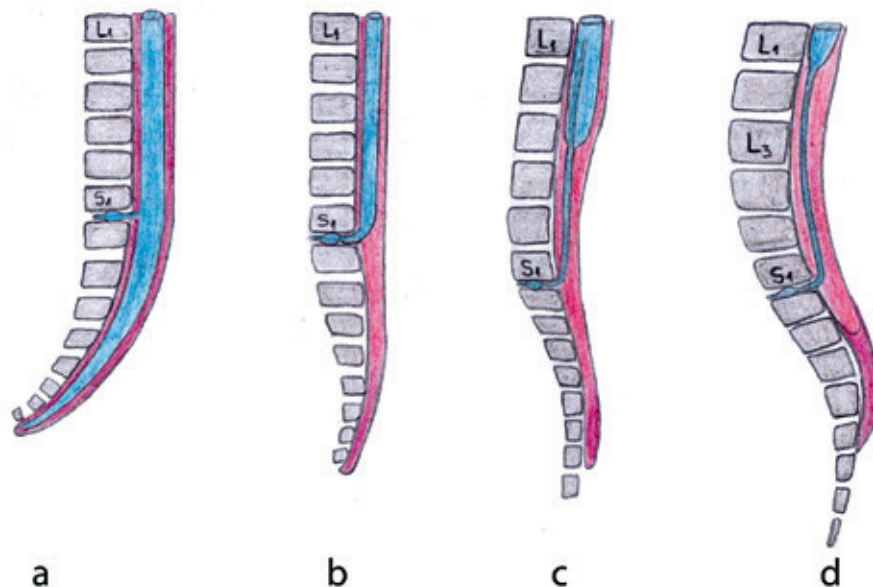
- Osam vratnih (*segmenta cervicalia*),
- Dvanaest grudnih (*segmenta thoracica*),
- Pet slabinskih (*segmenta lumbalis*),

- Pet krsnih (*segmenta sacralia*) i
- Jedan trtični (*segmenta coccygea*).

U početku embrionalnog razvoja kičmene moždine, visinska pozicija svakog segmenta odgovara visini istobrojnog pršljena. Međutim, već od trećeg mjeseca intrauterinog razvoja, kičmeni stub raste brže od kičmene moždine, tako da se ona prividno pomjera naviše (*ascensus virtualis medullae spinalis*) – slika 3-4. Zbog toga kod odrasle osobe postoji razlika u poziciji pojedinih segmenata u odnosu na istobrojni pršljen.

Slika 3-4. *Ascensus virtualis medullae spinalis.*

Pozicija kičmene moždine u kičmenom kanalu u: a) 8. nedjelji intrauterinog razvoja; b) 24. nedjelji intrauterinog razvoja; c) kod novorođenčeta; d) u odrasle osobe.



Poziciju pojedinih segmenata u odnosu na pršljenove (vertebromedularna topografija) određujemo prema Chipault-ovom pravilu (tabela 3-1).

Tabela 3-1. *Chipault-ovo pravilo određivanja visine segmenata kičmene moždine*

KOŠTANI NIVO	SEGMENT
spinozni nastavci gornjih vratnih pršljenova	istobrojni
spinozni nastavci donjih vratnih pršljenova	segment + 1 (C7 pršljen = C8 segment)
spinozni nastavci gornjih grudnih pršljenova	segment + 2 (T3 pršljen = T5 segment)
spinozni nastavci donjih grudnih pršljenova	segment + 3
T10 – T12 pršljenovi	L1 – L4 segmenti
T12 – L1 pršljenovi	L5 – S2 segmenti
L1 – L2 pršljenovi	S3 – S5 i Co

Poznavanje ovih razlika u položaju kičmene moždine i kičmenih pršljenova je od značaja za lokalizaciju nivoa lezije kičmene moždine.

KIČMENI ŽIVCI (NERVI SPINALES)

Svaki segment kičmene moždine daje po jedan par kičmenih živaca, što znači da ukupno imamo 31 par kičmenih živaca: 8 vratnih, 12 grudnih, 5 slabinskih, 5 krsnih i 1 trtični. Prvi par vratnih živaca (*n. spinalis cervicalis I*) izlazi između potiljačne kosti i gornje strane prvog vratnog pršljena (*atlas*), dok od drugog do sedmog izlaze kroz intervertebralni otvor između dva susjedna vratna pršljena. Osmi vratni nerv prolazi kroz međupršljenski otvor između sedmog vratnog i prvog grudnog pršljena. Ispod prvog grudnog pršljena izlazi prvi grudni živac, kao i ostali spinalni nervi koji kičmeni kanal napuštaju ispod pršljenova čijim su brojem označeni.

Dio kože koji kičmeni živac inerviše svojim senzitivnim vlaknima označava se kao **dermatom**, dok se mišićne grupe koje inerviše jedan kičmeni živac svojim motornim vlaknima naziva **miotom**.

Svi kičmeni živci, osim prvog i posljednjeg, nastaju spajanjem prednjeg korijena (*radix anterior*) i zadnjeg korijena (*radix posterior*). Prvi i posljednji kičmeni živac **nemaju zadnji korijen**.

Prednji korijen sadrži opšta somatomotorna eferentna (pripadaju motornom sistemu) i opšta visceromotorna vlakna (preganglijska simpatička i parasimpatička vlakna). Prosječno u prednjem korijenu spinalnog živca ima oko 3000 aksona.

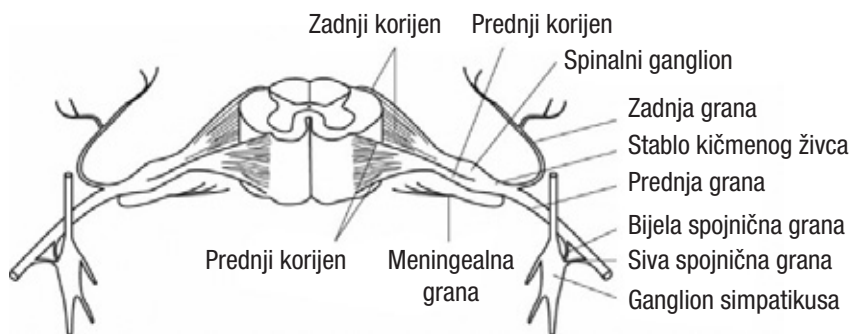
Zadnji korijen je duži i većeg prečnika od prednjeg korijena. Sadrži opšta somatosenzitivna i opšta viscerosenzitivna aferentna vlakna. Broj aksona u ovom korijenu je varijabilan (npr. na nivou C8 nerva zadnji korijen ima 15 hiljada aksona, dok na nivou T5 ima svega 5 hiljada). Na zadnjem korijenu postoji zadebljanje koje se naziva spinalni ganglion (*ganglion spinale*). Spinalni ganglioni vratnog, grudnog i slabinskog dijela kičmene moždine nalaze se u nivou pripadajućih intervertebralnih otvora, ganglioni sakralnog dijela se nalaze u sakralnom kanalu, dok se kokcigealni nalaze između snopova konjskog repa (*cauda equina*). Spinalni ganglion predstavlja skup senzitivnih neurona (neurona I) aferentnih puteva i građen je od pseudounipolarnih neurona. Ovi neuroni daju jedan akson, koji se bifurkacijom podijeli na dvije grane: jednu za povezivanje sa periferijom i drugu koja se povezuje sa zadnjim rogom kičmene moždine. Za spinalni ganglion se nekad mislilo se da je samo provodnik informacija, ali danas se zna da je to ciljana struktura za neuromodulaciju prenosa bola.

Prednji i zadnji korijen kičmenog živca se u području intervertebralnog otvora spajaju i grade kratko stablo kičmenog živca (kraće od 1 cm). Prema tome, svaki kičmeni živac je fiksiran na tri mjesta:

1. mjesto spoja sa moždinom
2. mjesto probijanja tvrde moždanične opne
3. intervertebralni otvor.

Nakon prolaska kroz ovaj otvor, stablo kičmenog živca se dijeli na četiri grane:

1. prednju granu
2. zadnju granu
3. moždaničnu granu
4. spojničnu granu – slika 3-5.



Slika 3-5. Korijeni i grane kičmenog živca

Prednje grane (*rr. anteriores*) se grupišu po specifičnom obrascu i formiraju nervne spletove (pleksuse):

1. *Plexus cervicalis* – nastaje spajanjem prednjih grana prva četiri vratna živca (C1 – C4),
2. *Plexus brachialis* – formira se spajanjem prednjih grana posljednja četiri vratna živca (C5 – C8) i prvog grudnog živca (T1),
3. *Plexus lumbosacralis* – nastaje spajanjem prednjih grana slabinskih i krsnih živaca. Dijeli se u: *plexus lumbalis* (L1 – L4), *plexus sacralis* (L4 – S4), i
4. *Plexus coccygeus* (formira se spajanjem prednjih grana S5 i Co1 nerva).

Prednje grane grudnih kičmenih živaca ne formiraju splet, već se nastavljaju kao pojedinačni živci koje nazivamo međurebarnim nervima (*nn. intercostales*).

Zadnje grane (*rr. posteriores*) su tanke i kratke. Riječ je o tipičnim mješovitim živcima, koji idu unazad između poprečnih nastavaka (*processus transversus*) susjednih pršljenova i završavaju se podjelom na unutrašnju (*ramus medialis*), pretežno senzitivnu, i spoljašnju (*ramus lateralis*), pretežno motornu granu. Zadnje grane inervišu kožu i mišiće dijela tijela duž kičmenog stuba. Zadnje grane prva tri vratna živca imaju posebne karakteristike i posebne nazive: *n. suboccipitalis*, *n. occipitalis major* i *n. occipitalis tertius*, a ostale se označavaju kao *rami posteriores nervi spinales IV – XXXI*.

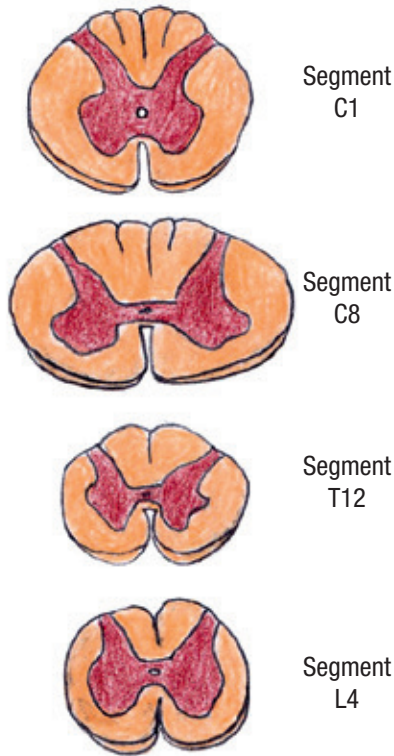
Moždanične grane (*rr. meningeales*) su senzitivne, vraćaju se u kičmeni kanal kroz međupršljenjski otvor i inervišu moždane opne, zadnji uzdužni ligament (*lig. longitudinale posterius*) i krvne sudove. Ove grane takođe inervišu i odgovarajuće međupršljenjske kolutove (*discus intervertebralis*) i odgovorne su za bolove kod diskus hernije.

Spojnične grane (*rr. communicantes*) su dvije. Bijela spojnička grana (*ramus communicans albus*) sadrži mijelinizovana preganglijska simpatička vlakna, koja polaze iz simpatičkog centra kičmene moždine. Ova vlakna izlaze preko prednjih korjenova kičmenih živaca, a zatim preko njihovih bijelih spojnica odlaze u ganglione simpatičkog stabla (*truncus sympathicus*). Od ganglionna polazi siva nemijelinizovana spojnička grana (*ramus communicans griseus*), koja sadrži postganglijska nervna vlakna koja prelaze u spinalne živce i preko njihovih grana odlaze do periferije.

GRAĐA KIČMENE MOŽDINE

Kičmena moždina je izgrađena od sive mase (*substantia grisea*) i bijele mase (*substantia alba*). Siva masa zauzima središnji dio kičmene moždine, a bijela masa okružuje sivu masu. Cijelom dužinom kičmene moždine, kroz središte njene sive mase, pruža se središnji kanal kičmene moždine (*canalis centralis*).

MORFOLOGIJA SIVE MASE KIČMENE MOŽDINE

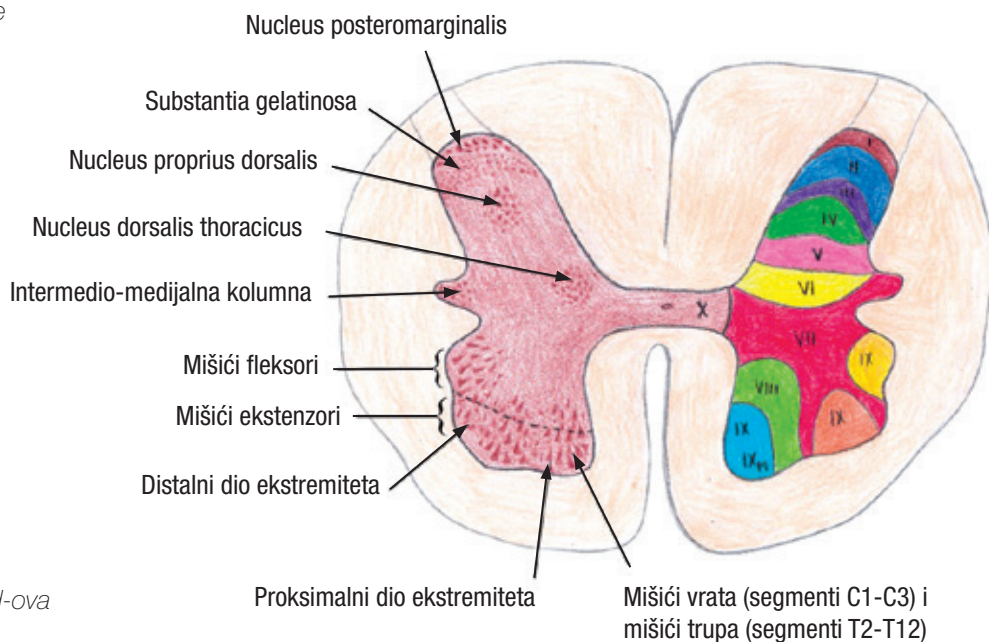


Slika 3-6. Odnosi sive i bijele mase na različitim nivoima kičmene moždine

Siva masa kičmene moždine gradi tri para stubova, koji su vertikalno postavljene i međusobno spojeni. To su prednji stubovi (*columnae anteriores*), zadnji stubovi (*columnae posteriores*) i bočni stubovi (*columnae laterales*). Između prednjih i zadnjih stubova nalazi se dio sive mase, koji ih spaja, a naziva se *zona intermedia*. Bočni stubovi predstavljaju zapravo dio sive mase zone intermedije, koji se interponira između prednjih i zadnjih stubova. Medijalni dijelovi desne i lijeve zone intermedije spojeni su pomoću spojnice (*commissura grisea anterior et posterior*).

Dok se prednji i zadnji stubovi pružaju cijelom dužinom kičmene moždine, bočni stubovi su izraženi samo u grudnom i krsnom dijelu kičmene moždine. Od C8 do L2 segmenta kičmene moždine, bočni stubovi grade simpatički centar, a od S2 do S4 segmenta kičmene moždine parasimpatički centar.

Na poprečnom presjeku kičmene moždine centralno položena siva masa ima oblik leptira, ili latiničnog slova „H” i na njoj se razlikuju prednji rogovi (*cornu anterius*), zadnji rogovi (*cornu posterius*) i *zona intermedia*, a na grudnom i krsnom dijelu i bočni rogovi (*cornu laterale*). Zadnji rogovi imaju četiri dijela: vrh (posteriorni dio ovog roga), glavu (centralno lociran široki dio), vrat (suženi dio smješten uz *zona intermedia*) i bazu (koja je smještena uz bočne rogove). Makroskopski izgled ovih rogova nije isti u svim dijelovima kičmene moždine jer je riječ o presjeku diskontinuiranih ćelijskih stubova, od kojih se većina pruža kroz više segmenata. Prednji rogovi su najveći u područjima proširenja kičmene moždine, dok su najmanji u koccigealnim segmentima. Idući od kaudalnog prema rostralnom kraju kičmene moždine, povećava se volumen bijele mase, jer raste broj ascendentnih puteva, tako da bijele mase najviše ima u cervikalnim segmentima (slika 3-6).



Slika 3-7. Rexed-ova laminacija

Prema tipovima, gustini i razmještaju pojedinih vrsta ćelija, koje grade sivu masu kičmene moždine, kao i na osnovu njihove sinaptičke organizacije, načinjena je citoarhitektonska podjela sive mase kičmene moždine. Prema Rexed-u, u sivoj masi kičmene moždine može se razlikovati 9 lamina (lamine I do IX). Lamina I nalazi se na vrhu zadnjeg roga sive mase i od površine kičmene moždine je odvaja *fasciculus posterolateralis* (Lissauer). Ispred lamine I u zadnjem rogu leže lamine II, III, IV, V i VI. Lamina VII odgovara zoni intermediji. Lamine VIII i IX leže na prednjem rogu. Lamina X (lamina „iks“) nalazi se oko centralnog kanala – slika 3-7, tabela 3-2.

Tabela 3-2. Nazivi i funkcije lamina sive mase kičmene moždine

Rog	Rexed-ova lamina	Naziv	Funkcija	Eferentna vlakna idu u:
ZADNJI ROG	I	<i>nucleus posteromarginalis</i>	Bol i temperatura	Kontralateralni lateralni spinothalmički trakt
	II	<i>substantia gelatinosa</i>	Modulacija aktivnosti aferentnih vlakana za bol i temperaturu	Ostale lamine zadnjeg roga
	III	<i>nucleus proprius dorsalis – pars superficialis</i>	Dobijaju vlakna koja donose informacije o bolu, grubom dodiru i temperaturi	Dublje spinalne lamine, jedra zadnjeg roga, supraspinalne relejne centre
	IV	<i>nucleus proprius dorsalis – caput</i>		Spinothalmički trakt
	V	<i>nucleus proprius dorsalis – collum</i>	Sadrži neurone koji reaguju na bolne stimulse i visceralne aferentne impulse; djelimično dobija aksone iz kortikospinalnog i rubrospinalnog trakta	
	VI	<i>nucleus proprius dorsalis – pars ventralis</i>	Prisutna samo u vratnim i lumbalnim segmentima. Reaguje na mehaničke podražaje iz zglobova i kože, a vrši i integraciju somatomotornih aktivnosti	Ekstremitete
LATERALNI ROG	VII	<i>zona intermedia (Clarke-ova kolumna)</i>	SENZITIVNA JEDRA: <i>nucleus dorsalis thoracicus</i> (dio Clarke-ove kolumne, koja se pruža od C8 do L2 nivoa). Prima aferentna vlakna iz mišića i tetiva VEGETATIVNA JEDRA: formiraju 2 kolumne: 1. Intermediomedijalna kolumna, prima osjetna vlakna iz unutrašnjih organa, a zatim transmituje impulse u predio neurona intermediolateralne kolumne. Pruža se cijelom dužinom kičmene moždine. 2. Intermediolateralna kolumna od C8 do L2 segmenta sadrži preganglijske neurone simpatikusa, koji se preko prednjih grana kičmenih živaca i bijelih spojiničnih grana pružaju prema ganglionima simpatikusa. Od S2 do S5 segmenta sadrži parasimpatički centar (<i>centrum parasympathicum sacrale</i>), iz kojeg potiču nn. erigentes.	tractus spinocerebellaris posterior

PREDNJI ROG	VIII i IX	Sadrže motoneurone, grupisane u medijalnu i lateralnu kolumnu. Medijalna kolumna inerviše aksijalnu muskulaturu, dok lateralna inerviše distalnu muskulaturu ruku i nogu. Ima precizan somatotopski raspored – motoneuroni za mišiće fleksore su bliži centralnom kanalu, dok su motoneuroni za ekstenzorne mišiće lokalizovani perifernije.	Motoneurone i skeletne mišiće
	X	Siva masa oko centralnog kanala kičmene moždine. Mjesto procesuiranja nociceptivnih i mehanocceptivnih informacija.	

SASTAV SIVE MASE

Sivu masu kičmene moždine grade tijela nervnih ćelija (neurona), amijelinski proizvođači nervnih ćelija (dendriti i početni dijelovi aksona) i neuroglijalne ćelije.

Neuroni, koji grade sivu masu kičmene moždine, različitog su oblika i dimenzija i pripadaju različitim tipovima nervnih ćelija (motorni neuroni, interneuroni, preganglijski simpatički i parasimpatički neuroni). Najveći broj ćelija sive mase kičmene moždine (oko 90 %) pripada grupi interneurona. Oni predstavljaju neurone lokalnih neuronskih krugova koji ne napuštaju kičmenu moždinu, nego povezuju dijelove sive mase unutar jednog segmenta, ili dijelove sive mase susjednih, ili udaljenih segmentata i imaju koordinacionu ulogu. Interneuroni koji se pružaju kroz više segmentata nazivaju se propriospinalni neuroni. Oni imaju integracionu funkciju i omogućavaju složene refleksne radnje, za koje je potrebno učestće više segmentata kičmene moždine. Propriospinalni interneuroni imaju najduže aksone i formiraju posebne snopove (*fasciculus proprius anterior, lateralis et posterior*) koji se nalaze neposredno uz sivu masu. Osim njih, postoje još i asocijativni (povezuju više segmentata kičmene moždine i izgrađuju koordinativni propriospinalni sistem) i komisuralni interneuroni, koji šalju aksone na suprotnu stranu (kontralateralno).

Motoneuroni, koji predstavljaju somatomotorne centre, nalaze se u prednjim stubovima sive mase kičmene moždine. Kao neurotransmiter koriste acetilholin. Ovo su glavni projekcioni neuroni kičmene moždine, čiji aksoni ulaze u prednji korijen kičmenih živaca, a zatim kroz kičmeni živac odlaze do poprečnoprugastih mišića. U predjelu vratnog zadebljanja kičmene moždine nalazi se veliki broj motoneurona, koji učestvuju u izgradnji živaca namijenjenih inervaciji gornjeg ekstremiteta i dijafragme (oštećenje tog dijela kičme može da dovede do smrti usljed paralize *n. phrenicus*-a, odnosno paralize dijafragme). Od motoneurona, koji se nalaze u slabinskom zadebljanju kičmene moždine, polaze živci za donje ekstremitete. Postoje tri vrste motoneurona:

1. Veliki α motoneuroni, odgovorni za fazične kontrakcije,
2. Mali α motoneuroni, koji regulišu toničku kontrakciju, i
3. γ motoneuroni za inervaciju intrafuzalnih vlakana mišićnih vretena.

Jedan α motoneuron i mišićna vlakna koju on inervira čine **motornu jedinicu**.

Neuroni, koji grade zadnje stubove sive mase kičmene moždine, predstavljaju senzitivne centre. Najzastupljeniji neurotransmiter u ovim neuronima je glutamat. Dendriti ovih neurona grade sinapsu sa aksonima neurona, smještenim u spinalnom ganglionu, koji u kičmenu moždinu ulaze kroz zadnji korijen kičmenog živca. Aksoni, koji polaze od neurona zadnjeg stuba sive mase kičmene moždine, završavaju se bilo u istom segmentu bilo u susjednim višim ili nižim segmentima kičmene moždine, ili u višim dijelovima centralnog nervnog sistema.

Preganglijski simpatički i parasimpatički neuroni pripadaju autonomnom nervnom sistemu. Oni se nalaze u središnjoj zoni (*zona intermedia*) sive mase kičmene moždine, u njenim bočnim stubovima (*columnae laterales*). Prednji dio ove zone predstavlja visceromotorni centar, a njen zadnji dio predstavlja viscerosenzitivni centar.

U grudnom dijelu bočnog stuba sive mase kičmene moždine, od C8 do L2 segmenta, nalazi se simpatički centar. Aksoni neurona simpatičkog centra izlaze iz kičmene moždine u sastavu prednjeg korijena odgovarajućeg kičmenog živca (C8 – L2), zatim napuštaju kičmeni živac i kroz njegovu bijelu spojničnu granu (*ramus communicans albus*) odlaze u paravertebralne ganglione simpatičkog stabla (*truncus sympathicus*).

U krsnom dijelu bočnog stuba sive mase kičmene moždine, od S2 do S4 segmenta, nalazi se parasimpatički centar. Aksoni neurona parasimpatičkog centra napuštaju kičmenu moždinu kroz prednje korijene drugog, trećeg i četvrtog krsnog živca (eventualno petog), zatim napuštaju te živce i formiraju *n. pelvicus* (*s. nn. erigentes*).

MORFOLOGIJA BIJELE MASE KIČMENE MOŽDINE

Bijela masa kičmene moždine okružuje sivu masu i pruža se od površine kičmene moždine do kolumni sive mase. Bijela masa kičmene moždine podijeljena je u tri parne vrpce: prednju, bočnu i zadnju.

Prednja vrpca (*funiculus anterior*) nalazi se između prednje središnje pukotine (*fissura mediana anterior*) i prednjeg bočnog žlijeba (*sulcus lateralis anterior*), odnosno prednjeg stuba sive mase odgovarajuće strane. Desni i lijevi *funiculus anterior* spojeni su međusobno bijelom spojnicom (*commissura alba*), koja predstavlja uzani sloj bijele mase smješten između središnje sive mase (*commissura grisea anterior*) i prednje središnje pukotine (*fissura mediana anterior*).

Bočna vrpca (*funiculus lateralis*) nalazi se između prednjeg bočnog žlijeba (*sulcus lateralis anterior*) i zadnjeg bočnog žlijeba (*sulcus lateralis posterior*), odnosno između prednje i zadnje kolumne sive mase kičmene moždine.

Zadnja vrpca (*funiculus posterior*) nalazi se između zadnjeg bočnog žlijeba (*sulcus lateralis posterior*) i zadnjeg središnjeg žlijeba (*sulcus medianus posterior*), odnosno iza zadnje kolumne sive mase. Desnu i lijevu zadnju vrpcu bijele mase kičmene moždine razdvaja tanka sagitalna glijalna pregrada, zvana *septum medianum posterius*.

Poput sive, i bijela masa pokazuje makroskopske razlike u količini i izgledu na različitim nivoima kičmene moždine. Najmasivnija je u cervikalnim segmentima, jer je tu najveći broj ushodnih i nishodnih vlakana, a najoskudnija u kokcigealnom segmentu.

SASTAV BIJELE MASE Bijelu masu kičmene moždine grade mijelinska nervna vlakna nervnih ćelija (aksoni), čija se tijela nalaze ili u sivoj masi kičmene moždine, ili izvan sive mase kičmene moždine, tj. u spinalnim ganglionima, ili u mozgu. Ova vlakna su grupisana u snopove (*funiculus*), odnosno puteve (*tractus*), čija je uloga da povezuju međusobno određene dijelove centralnog nervnog sistema. S obzirom na mjesto njihovog nastanka i završetka, kao i na njihovu ulogu, putevi kičmene moždine, kao i putevi ostalih dijelova centralnog nervnog sistema, dijele se na asocijacione, komisuralne i projekcione.

Asocijacioni putevi spajaju međusobno pojedine segmente kičmene moždine na istoj strani kičmene moždine (desnoj ili lijevoj), i tako omogućavaju koordinaciju pokreta različitih mišićnih grupa.

Komisuralni putevi spajaju pojedine segmente na kontralateralnim stranama kičmene moždine.

Projekcioni putevi počinju u kičmenoj moždini, a završavaju u drugim dijelovima centralnog nervnog sistema, ili počinju izvan kičmene moždine, u drugim dijelovima centralnog nervnog sistema, a završavaju u kičmenoj moždini. Smješteni su površnije od asocijativnih i komisuralnih puteva. Projekcioni putevi se dijele na nishodne (motorne), koji polaze iz mozga, a završavaju u prednjim, motornim kolumnama sive mase kičmene moždine, i ushodne (senzitivne) puteve, koji prenose utiske površnog i dubokog senzibiliteta od kičmene moždine do mozga (tabela 3-3).

Tabela 3-3. Projekcioni putevi kičmene moždine

	Nishodni putevi	Ushodni putevi
FUNICULUS ANTERIOR	<ul style="list-style-type: none"> - tractus corticospinalis anterior - fasciculus longitudinalis medialis - tractus tectospinalis - tractus vestibulospinalis - tractus reticulospinalis medialis 	tractus spinothalamicus anterior
FUNICULUS ANTEROLATERALIS		<ul style="list-style-type: none"> - tractus spinothalamicus lateralis - tractus spinotectalis - tractus spinoolivaris - tractus spinocerebellaris anterior - tractus spinoreticularis
FUNICULUS POSTEROLATERALIS	<ul style="list-style-type: none"> -tractus corticospinalis lateralis -tractus rubrospinalis -tractus reticulospinalis lateralis 	tractus spinocerebellaris posterior
FUNICULUS POSTERIOR		<ul style="list-style-type: none"> - fasciculus gracilis - fasciculus cuneatus

OMOTAČI KIČMENE MOŽDINE

Cerebrospinalni likvor i ovojnice kičmene moždine, uz koštane i ligamentarne elemente kičmenog kanala i „venski jastuk“, koji grade prednji i zadnji unutrašnji venski vertebralni splet (*plexus venosus vertebralis internus anterior et posterior*), predstavljaju elemente koji štite kičmenu moždinu od mehaničkih oštećenja.

Kičmena moždina, kao i ostali dijelovi centralnog nervnog sistema, obavijena je sa tri zaštitna vezivna omotača (*meninges*). Idući od površine u dubinu, to su tvrda, paučinasta i meka moždana opna.

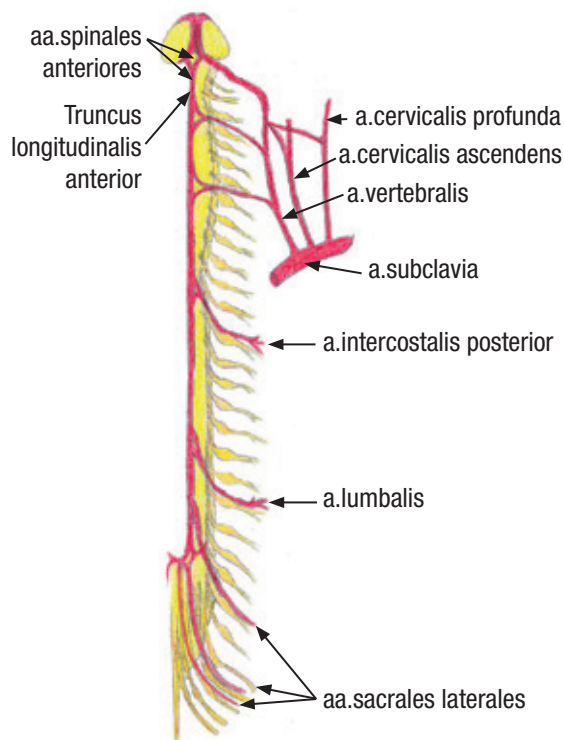
Tvrda kičmena opna, ili tvrda moždanica (*dura mater spinalis*), ima dva lista, spoljašnji i unutrašnji, koji između sebe ograničavaju epiduralni prostor (*spatium epidurale*). Spoljašnji list naliježe na periost kičmenih pršljenova i oblaže kičmeni kanal u cjelini. Unutrašnji list oblaže kičmenu moždinu i pružajući se naniže ispod konusa medularisa, dopire do drugog krsnog pršljena. U epiduralnom prostoru se nalazi unutrašnji venski splet kičmenog stuba (*plexus venosus vertebralis internus*). Van tvrde moždane opne je ekstraduralni prostor, koji ispunjavaju vene koje nemaju zaliske.

Paučinasta kičmena opna (*arachnoidea spinalis*) oblaže iznutra unutrašnji list tvrde moždane opne i, kao i ovaj list, pruža se naniže do drugog krsnog pršljena. Između paučinaste opne i meke kičmene opne, koja je dublje postavljena i naliježe neposredno na površinu kičmene moždine, nalazi se subarahnoidalni prostor (*spatium subarahnoidale*), ispunjen cerebrospinalnom tečnošću (*liquor cerebrospinalis*). Subarahnoidalni prostor je oko kičmene moždine uzak, a ispod donjeg kraja kičmene moždine, tj. ispod drugog lumbalnog pršljena, ovaj prostor se širi, obrazujući proširenje subarahnoidalnog prostora nazvano *cisterna lumbalis*, koja se pruža do nivoa drugog sakralnog pršljena. Kako se u ovoj cisterni nalaze samo likvor i završni snop kičmenih živaca (*cauda equina*), iz ove cisterne vadi se likvor, metodom lumbalne punkcije, koja se vrši između trećeg i četvrtog lumbalnog pršljena.

Meka kičmena opna (*pia mater spinalis*) naliježe na površinu kičmene moždine i pruža se naniže, kao i kičmena moždina, do drugog lumbalnog pršljena. Od meke kičmene opne polaze vezivne trouglaste trake, čija je baza na obje bočne strane kičmene moždine, a vrh prolazi kroz paučinastu ovojnicu do unutrašnjeg lista tvrde moždane opne. Ove veze se zovu nazubljene veze (*ligg. denticulata*). Pružaju se u frontalnoj ravni, nalaze se samo u cervikalnom i torakalnom dijelu kičmene moždine i osiguravaju njen položaj u kičmenom kanalu. Osim toga, ove veze razdvajaju korjenove kičmenih živaca.

ARTERIJE I VENE KIČMENE MOŽDINE

Glavni izvori vaskularizacije kičmene moždine su prednja moždinska arterija (*a. spinalis anterior*) i zadnja moždinska arterija (*a. spinalis posterior*), grane kičmene arterije (*a. vertebralis*). Po odvajanju od kičmene arterije, desna i lijeva *a. spinalis anterior* idu koso i unutra te se međusobno spajaju u nivou produžene moždine i grade prednje uzdužno arterijsko stablo (*truncus longitudinalis anterior*), koje silazi niz prednju stranu kičmene moždine duž prednje središnje pukotine (*fissura mediana anterior*) do vrha konusa medularisa. Od prednjeg uzdužnog arterijskog stabla odvajaju se medijalne medularne grane (*rr. medulares mediales*), koje vaskularizuju oko 75% tkiva kičmene moždine. Preostalih 25% tkiva vaskularizuju desna i lijeva *a. spinalis posterior*. One po ulasku u kičmeni kanal nastavljaju samostalno put naniže, te unutra od zadnjih korjenova kič-



Slika 3-8. Arterije kičmene moždine

menih živaca formiraju dva zadnja uzdužna arterijska stabla (*truncus longitudinalis posterior dexter et sinister*). Opisana tri arterijska stabla (jedno prednje i dva zadnja) su mnogobrojnim transferzalnim spojnicama povezana i grade arterijsku vazokoronu kičmene moždine.

U vaskularizaciji kičmene moždine još učestvuju i grane segmentalnih arterija – *ramii spinales a. vertebralis, a. cervicalis profundae, aa. intercostales posteriores, aa. iliolumbales, aa. lumbales* i *aa. sacrales laterales* – slika 3-8. Grane segmentalnih arterija ulaze kroz svaki intervertebralni otvor i, dijeleći se na prednju i zadnju granu, ishranjuju spinalne ganglione, ovojnice kičmene moždine i korijene kičmenog živca. Ove grane segmentalnih arterija označavamo kao radikularne (*aa. radicales anterior et posterior*). Od prvobitne 31 segmentalne spinalne arterije, svega njih 4 do 10 vaskularizuje kičmenu moždinu i njih nazivamo radikulospinalnim granama. Ove grane se dijele na prednju i zadnju radikulospinalnu arteriju, pri čemu su ove zadnje brojnije.

Međusobno povezane spinalne i segmentalne arterije čine perimedularnu arterijsku vazokoronu (*vasocorona perimedullaris Adamkiewicz*). Od spomenute mreže odvajaju se probojne ili intraspinalne grane, koje vaskularizuju sivu i bijelu masu kičmene moždine.

Postoje tri vaskularne zone kičmene moždine:

1. Cervikotorakalna vaskularna area obuhvata sve cervikalne i prva dva ili tri torakalna segmenta kičmene moždine. Dobija ishranu od spinalnih arterija, te segmentalnih ogranaka od dubokih cervikalnih i gornjih interkostalnih arterija, rjeđe od *a. cervicalis ascendens*.
2. Srednji torakalni region (segmenti T3 – T4 do T7) je slabije vaskularizovan (tzv. Watershed zone), što ga čini mnogo osjetljivijim na vaskularne inzulte. Dobija vaskularizaciju od samo jedne radikularne arterije koja ulazi sa T4, T5 ili T7 nervnim vlaknima.
3. Torakolumbosakralna area se proteže od T8 segmenta pa do najnižeg dijela kičmene moždine (*conus medullaris*). Ovaj dio ishranjuje najveća prednja radikulospinalna arterija (*a. radicularis anterior magna Adamkiewicz*). Obično vodi porijeklo od lijeve desete zadnje interkostalne arterije i većeg je kalibra od spinalnih arterija. Ova arterija hrani oko 90% tkiva kičmene moždine ispod T8 segmenta.

Iz dubokih venskih pijalnih spletova nastaju vene kičmene moždine (*vv. spinales anteriores et posteriores*), koje prate njene arterije. Iz njih nastaju radikularne vene (*vv. radicales*) koje prate zadnji korijen kičmenog živca do venskog sple-

ta u epiduralnom prostoru (*plexus venosus vertebralis interni*). Iz ovog venskog spleta izdvajaju se međupršljenske vene (*vv. intervertebrales*) koje završavaju u spoljašnjem venskom spletu kičmenog kanala (*plexus venosus vertebralis externi*), iz kojih krv odlazi najvećim dijelom u zadnje međurebarne vene (*vv. intercostales posteriores*) i *vv. azygos*.

REFLEKSI KIČMENE MOŽDINE

Refleksi su nesvjesni odgovor posebnog efektornog organa na podražaj receptora. Osnova svakog refleksa je refleksni luk, koji se sastoji iz tri komponente: receptora, centra u kičmenoj moždini i efektora.

Prosti, monosinaptički refleks izaziva se podražajem eferentnog vlakna (npr. udarac neurološkim čekićem po mišićnoj tetivi izaziva istežanje mišića), koje ide iz receptora u mišićnom vretenu aferentnim vlaknima kroz zadnji rog kičmenog živca prema sivoj masi kičmene moždine, gdje dolazi do prekopčavanja na α motoneuron u okviru istog segmenta kičmene moždine. Odatle polazi eferentno vlakno preko perifernog nerva do skeletnog mišića. Dakle, aferentno i eferentno vlakno imaju samo jednu sinapsu. Mnoge knjige ovaj refleks zovu i unutrašnji mišićni refleks, jer je mišić istovremeno i receptor i efektor.

Složeniji od prostih su vanjski ili polisinaptički refleksi. Kod njih se prekopčavanje informacije iz receptora dešava na nekoliko segmenata kičmene moždine (posredstvom interneurona), pri čemu je moguća propagacija nadražaja i kontralateralno. Zbog polisinaptičkog širenja podražaja, vrijeme za eferentni odgovor kod ove vrste refleksa je duže nego kod monosinaptičkog. Receptor za ovu vrstu refleksa ne mora da bude u mišićima, može da bude i u koži (receptor za bol, temperaturu ili dodir). Nadražaj iz ovih receptora takođe putem zadnjeg korijena kičmenog živca ulazi u zadnje robove sive mase kičmene moždine. Prekopčavanje na interneurone se može desiti ili u zadnjem rogu ili aferentna vlakna formiraju dio bijele mase posteriornih kolumni i odlaze na više ili niže segmente kičmene moždine. Opisani interneuroni se prekopčavaju na α motoneurone, izazivajući motorni odgovor (tabela 3-4).

Tabela 3-4. Najvažniji refleksi

Refleks	Refleksni odgovor	Segment kičmene moždine
MONOSINAPTIČKI REFLEKS		
Refleks tetive m. biceps brachii	Fleksija lakta	C5 – C6
Refleks tetive m. triceps brachii	Ekstenzija lakta	C7 – C8
Refleks patelarne tetive	Ekstenzija koljena	L3 – L4
Refleks Ahilove tetive	Plantarna fleksija	S1
POLISINAPTIČKI REFLEKS		
Refleks kože trbuha	Kontrakcija ipsilateralne muskulature trbušnog zida	T8 – L1
Refleks kremastera	Podizanje testisa prema trupu	T12 – L1
Analni refleks	Kontrakcija m. sphincter ani externus	S4 – S5

KLINIČKE IMPLIKACIJE

U prednjim kolumnama sive mase kičmene moždine nalaze se alfa i gama motoneuroni, čiji aksoni izlaze iz kičmene moždine kroz prednje rogove kičmenih živaca i u sastavu određenih nerava dolaze do neuromišićnih spojeva poprečnoprugastih mišića trupa i udova. Ovi motoneuroni predstavljaju aferentne neurone refleksnih lukova, koji se integrišu u kičmenoj moždini. Kod lezija kičmene moždine, poremećena je integracija refleksa na spinalnom nivou, što ima za posljedicu hiporefleksiju, arefleksiju ili hiperrefleksiju. Treba, međutim, imati u vidu da na poremećaj refleksne aktivnosti mogu uticati i drugi faktori. Tako npr. anksioznost izaziva povećano pražnjenje impulsa u gama motoneuronima, čime se može objasniti hiperrefleksija, koja se ponekad konstatuje kod anksioznih bolesnika.

Gama motoneuroni su pod kontrolom određenih područja mozga, koja descendntnim putevima regulišu osjetljivost mišićnih vretena, a time i prag za refleksne na istezanje. Na taj način moguće su izmjene praga za refleksne na istezanje u okviru kontrole stava tijela (posturalni refleksi). Ovi refleksi ne samo da održavaju uspravan stav tijela, nego i podešavaju stav tijela, tako da on može da posluži kao osnova za obavljanje voljnih pokreta.

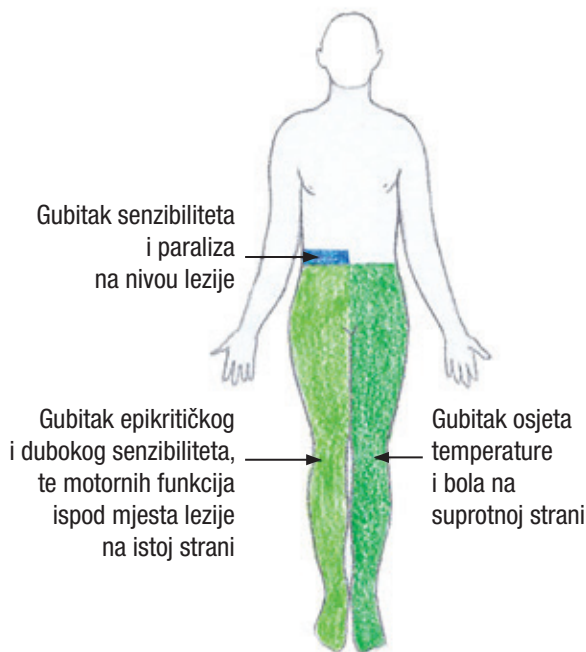
Na nivou kičmene moždine integrišu se jednostavni refleksi, kao i refleksi koji omogućavaju obavljanje određenih visceralnih funkcija. Na primjer, refleks mokrenja se integriše na nivou od II do IV sakralnog segmenta kičmene moždine i kod tumora ili lezija tog dijela kičmene moždine mokraćna bešika je mlitava, distendirana i postoji retencija urina jer je prekinut refleksni luk refleksa mokrenja.

Prilikom povreda kičmene moždine, ili u toku različitih oboljenja kičmene moždine, dolazi do djelimičnog, ili potpunog gubitka funkcije pojedinih dijelova tijela. Kod transekcije kičmene moždine javlja se „masovni refleks”, tj. aferentne draži se šire od jednog refleksnog centra u kičmenoj moždini na druge, a mogu da se prošire i na autonomne centre. Zbog takvog načina širenja, masovni refleks ponekad mogu da koriste paraplegičari, koji glađenjem ili štipkanjem bedara izazivaju mokrenje i defekaciju i na taj način stiču izvjesnu kontrolu nad tim funkcijama.

Potpuno presijecanje kičmene moždine prouzrokuje nastanak spinalnog šoka, za vrijeme koga su svi spinalni refleksi ugašeni. Spinalni šok traje najmanje dvije nedjelje, a zatim se refleksni odgovori polako vraćaju. Kad refleksi počnu da se vraćaju, prag za njihovo izazivanje se stalno snižava. Na primjer, u slučajevima kvadriplegije (oduzetosti sva četiri ekstremiteta), prag za izazivanje refleksa posebno je snižen, tako da i neznatan bolni nadražaj dovodi do uklanjanja ne samo nadraženog ekstremiteta nego sva četiri ekstremiteta. Pretpostavlja se da je uzrok tome izrastanje kolaterala iz postojećih neurona i formiranje novih ekscitacijskih završetaka na motoneuronima i interneuronima.

Potpuno presijecanje kičmene moždine dovodi do gubitka svih motornih funkcija (**paraliza**) i gubitka senzibiliteta distalno od segmenta kičmene moždine, u nivou koga se nalazi presjek.

Ako je, međutim, presječena samo jedna polovina kičmene moždine, nastupa Brown-Sequard-ov sindrom, tj. gubitak motornih funkcija i paraliza mišića iste strane tijela ispod nivoa lezije, što je praćeno vazomotornom paralizom. Neki modaliteti senzibiliteta biće izgubljeni na istoj, a neki na suprotnoj strani



Slika 3-9. Brown-Sequard-ov sindrom na desnoj strani

tijela ispod nivoa segmenta na kome se nalazi presjek kičmene moždine. Na strani presjeka gubi se epikritički senzibilitet, ali ostaje očuvan osjećaj za grubi dodir, jer ga prenosi *tractus spinothalamicus anterior* suprotne strane, koji je očuvan. Na strani presjeka gubi se duboki senzibilitet koji prenosi zadnja kolumna bijele mase kičmene moždine (slika 3-9).

Dio proprioceptivnih informacija prenosi se iz kičmene moždine dorzalnim kolumnama bijele mase naviše u koru velikog mozga, a veliki dio odlazi u mali mozak, čija je uloga, osim ostalog, da vrši koordinaciju pokreta. Kod oštećenja dorzalne kolumne prekinut je prenos proprioceptivnih draži u mali mozak, što ima za posljedicu gubitak koordinacije pokreta (*ataxia*).

Kompresija *caudae equinae* dovodi do sindroma kaude ekvine, koji se manifestuje retencijom mokrenja i stolice, poremećajem senzibiliteta u perianalnom i perigenitalnom području, te motornom slabošću donjih ekstremiteta. Predstavlja urgentno stanje u spinalnoj hirurgiji kod kojeg je indikovana operativna dekompresija unutar 48 sati od pojave neurološkog deficita.

Poremećaji različitih funkcija, do kojih dolazi kod oštećenja kičmene moždine, mogu da budu uzrok nastanka psihičkih poremećaja, ili da dovedu do ispoljavanja psihičkog poremećaja koji je ranije postojao, ali se nije manifestovao odgovarajućom simptomatologijom.

Vene ekstraduralnog prostora kičmenog kanala dreniraju se u segmentalne vene (duboke cervikalne, interkostalne, lumbalne i sakralne). Nepostojanje valvula u ovim venama je razlog zašto venski refluks iz segmentalnih vena doprinosi metastaziranju tumora prostate, pluća, dojke i štitne žlijezde.

Epiduralna anestezija podrazumijeva ubacivanje lokalnih anestetika u epiduralni prostor kičmene moždine, bez probijanja endostalnog lista *durae mater spinalis*. Time se postiže dejstvo anestetika na korjenove kičmenih živaca

i spinalne ganglione. Ovakav način anestezije se koristi npr. prilikom porođaja ili kod izvođenja različitih operativnih zahvata (npr. ugradnja endoproteze zgloba kuka).

ZAPAMTITE: Kičmena moždina nije iste dužine kao kičmeni kanal! Njen kaudalni kraj kod odrasle osobe je u nivou L2 pršljena. Siva masa kičmene moždine se nalazi unutra i grade je tri stuba (prednji i zadnji, vidljivi cijelom dužinom moždine, te lateralni, vidljiv samo u grudnom i sakralnom dijelu). Na horizontalnom presjeku siva masa je oblika slova H. Najviše sive mase postoji na mjestima proširenja kičmene moždine jer odatle polaze brahijalni i lumbosakralni spletovi. Bijela masa se nalazi oko sive mase, građena od tri snopa – prednjeg, bočnog i zadnjeg. Sive mase najviše ima u području proširenja kičmene moždine, dok bijele najviše ima u cervikalnim segmentima. Osnovna morfološka i funkcionalna jedinica kičmene moždine je segment. Postoji 31 segment – 8 vratnih, 12 grudnih, 5 lumbalnih, 5 sakralnih i 1 kokcigealni. Svaki segment daje po 1 par kičmenih živaca. Svaki kičmeni živac je poput drveta – ima svoje korijene (prednji i zadnji), stablo i četiri grane (prednju, zadnju, meningealnu i komunikantnu). Kičmenu moždinu vaskularizuju longitudinalne prednje i zadnje spinalne arterije, uz doprinos radikularnih i radikulospinalnih grana segmentarnih arterija.

Pitanja za ponavljanje:

- Kod novorođenčeta, kaudalni kraj kičmene moždine (*medulla spinalis*) leži u predjelu:
 - L3 pršljena,
 - L4 pršljena,
 - baze trtične kosti,
 - L2 pršljena.
- Osnovni funkcionalni dio kičmene moždine (*medulla spinalis*) je: _____
- Prednji stubovi (*columna anterior s. ventralis*) kičmene moždine su:
 - motorni,
 - senzitivni,
 - autonomni.
- Po Rexed-u zadnji rog (*cornu posterior*) kičmene moždine ima:
 - 6 lamina,
 - 5 lamina,
 - 7 lamina,
 - 10 lamina.
- Interneuroni u kičmenoj moždini mogu biti svi navedeni, osim:
 - asocijacioni,
 - propriospinalni,
 - komisuralni,
 - projekcioni.
- Spinalni ganglion (*ganglion spinale*) grade:
 - pseudounipolarne ćelije,
 - multipolarne ćelije,
 - unipolarne ćelije,
 - bipolarne ćelije.

7. Segmentarne arterije kičmene moždine potiču iz svih navedenih izvora, osim:
 - a) *aa.lumbales*
 - b) *aa.iliolumbales*
 - c) *a.sacralis mediana*
 - d) *aa.sacrales laterales*

8. Prednje grane prva četiri vratna živca grade: _____

9. Prednje grane S5 i Co1 nerva grade: _____

10. Kroz prednji spoljašnji snop kičmene moždine (*funiculus anterolateralis*) prolaze navedeni putevi osim:
 - a) *tractus spinothalamicus lateralis*,
 - b) *tractus spinocerebellaris anterior*,
 - c) *tractus spinoreticularis*,
 - d) *tractus rubrospinalis*.



Poglavlje 4

MOŽDANO STABLO (<i>TRUNCUS CEREBRI</i>).....	45
<i>prof. dr Zdenka Krivokuća</i>	
MOŽDANO STABLO (<i>TRUNCUS CEREBRI</i>) – VANJSKA MORFOLOGIJA	46
<i>prof. dr Tatjana Bućma</i>	
Vaskularizacija.....	50
KLINIČKE IMPLIKACIJE	51
UNUTRAŠNJA GRAĐA MOŽDANOG STABLA	53
Jedra moždanih živaca	53
<i>prof. dr Goran Spasojević</i>	
Raspored jedara moždanih živaca u moždanom stablu	53
Jedro XII moždanog živca (<i>nucleus nervi hypoglossi</i>).....	56
Jedra XI moždanog živca (<i>nuclei nervi accessorii</i>).....	56
Jedra X moždanog živca (<i>nuclei nervi vagi</i>)	56
Jedra IX moždanog živca (<i>nuclei nervi glossopharyngei</i>).....	59
Jedra VIII moždanog živca (<i>nuclei nervi vestibulocochlearis</i>).....	61
Jedra VII moždanog živca (<i>nuclei nervi facialis</i>)	63
Jedro VI moždanog živca (<i>nucleus nervi abducentis</i>).....	64
Jedra V moždanog živca (<i>nuclei nervi trigemini</i>).....	64
Jedro IV moždanog živca (<i>nucleus nervi trochlearis -TA</i>)	66
Jedra III moždanog živca (<i>nuclei nervi oculomotorii</i>).....	67
Refleks zjenice na svjetlost.....	67
Refleks akomodacije	68
KLINIČKE IMPLIKACIJE	68
Retikularna formacija	70
<i>prof. dr Zlatan Stojanović</i>	
Ascendentni retikularni aktivirajući sistem.....	71
Retikularna jedra moždanog stabla čovjeka	72
KLINIČKE IMPLIKACIJE	73
Relejna jedra moždanog stabla	76
<i>prof. dr Vesna Gajanin</i>	
Relejna jedra produžene moždine su:.....	76
Relejna jedra moždanog mosta su:.....	78
Relejna jedra srednjeg mozga su:	80
KLINIČKE IMPLIKACIJE	83
Bijela masa moždanog stabla	84
<i>prof. dr Zlatan Stojanović</i>	

Poglavlje 4

MOŽDANO STABLO (*TRUNCUS CEREBRI*)

prof. dr Zdenka Krivokuća

Mozak (*encephalon s. cerebrum*) predstavlja dio centralnog nervnog sistema koji se nalazi u lobanjskoj duplji.

Sastavni dijelovi mozga su:

- rombasti mozak (*rhombencephalon*)
- srednji mozak (*mesencephalon*)
- međumozak (*diencephalon*)
- veliki mozak (*telencephalon*)

Rombasti mozak leži u zadnjoj lobanjskoj jami (*fossa cranii posterior*). Sastavni dijelovi rombastog mozga su produžena moždina (*medulla oblongata*), moždani most (*pons*) i mali mozak (*cerebellum*). U središtu rombastog mozga nalazi se šupljina, zvana četvrta moždana komora (*ventriculus quartus*), čiji pod ima oblik romba, po čemu je ovaj dio mozga dobio ime.

Srednji mozak, međumozak i veliki mozak leže u cerebralnoj loži lobanje. Pod ove lože grade baza prednje i srednje lobanjske jame (*fossa cranii anterior i media*), a pozadi šator malog mozga (*tentorium cerebelli*), koji razdvaja cerebralnu i cerebelarnu ložu. Krov cerebralne lože gradi lobanjski svod (*calvaria*).

Medulla oblongata, pons i mesencephalon čine zajedno moždano stablo (*truncus cerebri*). Na granici između ponsa i mezencefalona nalazi se suženje moždanog stabla (*isthmus rhombencephali*). Moždano stablo je valjkasta formacija, koja leži na bazi lobanje ispod velikog i malog mozga, a pruža se od *foramena magnuma* naviše, duž *clivusa* do dorzuma sele. Na kaudalni dio moždanog stabla nastavlja se kičmena moždina u visini prednjeg luka atlasa, a na rostralni dio moždanog stabla nastavlja se međumozak.

Granicu između kaudalnog dijela moždanog stabla, tj. medule oblongate i medule spinalis ventralno označava ukrštanje piramidnih puteva (*decussatio pyramidum*), što odgovara gornjoj ivici prednjeg luka atlasa, a dorzalno prvi par kičmenih živaca. Granicu između rostralnog dijela moždanog stabla, tj. mezencefalona i diencefalona ventralno označava zadnja ivica bradavičastih tijela (*corpora mamillaria*), koja se nalaze na ventralnoj strani diencefalona, što odgovara zadnjem dijelu diafragme sele turcike. Dorzalno, granica između moždanog stabla, odnosno mezencefalona i diencefalona odgovara zadnjoj ivici zadnje komisure (*comissura posterior*), koja se nalaze na dorzalnoj strani diencefalona.

MOŽDANO STABLO (*TRUNCUS CEREBRI*) – vanjska morfologija

prof. dr Tatjana Bućma

Moždano stablo (*truncus cerebri*) dio je moždanih struktura i nastavlja se na kičmenu moždinu i pruža se od gornje ivice prvog vratnog pršljena, *atlas*-a, leži na koštanoj strukturi *clivus*-u, koga grade dijelovi potiljačne i klinaste kosti i pruža se do gornje strane tijela klinaste kosti. Rostralno dolazi u odnos sa međumozgom, dok se iza struktura moždanog stabla smješta mali mozak, sa kojim dijelovi stabla formiraju šupljinu četvrte moždane komore (*ventriculus quartus*). Osim toga, dijelovi moždanog stabla učestvuju u formiranju dijela zidova proširenja subarahnoidalnog prostora, cisterni (*cisterna magna*, *cisterna premedullaris*, *cisterna cerebellomedullaris lateralis*, *cisterna prepontina*, *cisterna cerebellopontina*, *cisterna interpeduncularis*, *cisterna ambiens*, *cisterna quadrigemina*). Rostralni dio moždanog stabla skoro u potpunosti ispunjava *hiatus tentorii*, koga čine koštane strukture *dorsuma selle* i prednji konkavni dijelovi duplikature tvrde moždane ovojnice *tenotrium*-a. Ventralna strana moždanog stabla u odnosu je i sa velikim krvnim sudovima *a. vertebralis* i *a. basilaris*, koje sa svojim granama vaskularizuju i samo tkivo moždanog stabla.

Čine ga, od kaudalno ka rostralno, produžena moždina (*medulla oblongata*), moždani most (*pons*) i srednji mozak (*mesencephalon*). Navedeni dijelovi su preko krakova malog mozga (*pedunculi cerebellares*) povezani sa malim mozgom i to srednji mozak preko parnog gornjeg kraka (*pedunculus cerebellaris superior*), pons preko parnog srednjeg (*pedunculus cerebellaris medius*) i produžena moždina preko parnog donjeg kraka malog mozga (*pedunculus cerebellaris inferior*).

Funkcija uključuje regulaciju rada srca, respiracije te svjesnosti i ciklusa spavanja. Ima veze sa velikim mozgom, malim mozgom, bazalnim ganglijama, međumozgom i kičmenom moždinom. Takođe, sadrži i jedra kranijalnih nerava, osim prvog i drugog kranijalnog nerva, n. I i n. II (*n. olfactorius* et *n. opticus*), te spinalnog dijela jedanaestog kranijalnog nerva n. XI (*radix spinalis n. accessori*).

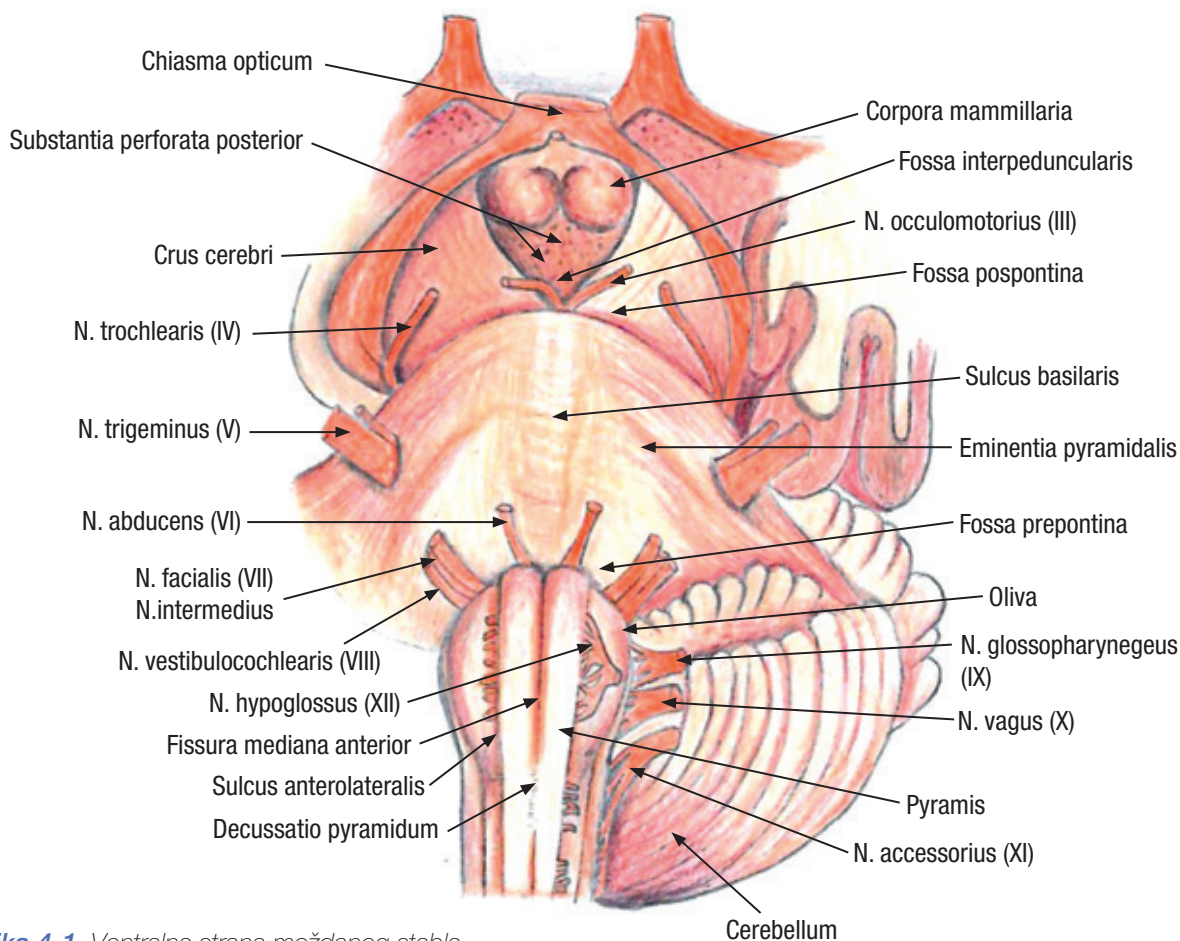
Razvoj moždanog stabla počinje u 4. nedjelji gestacije, kada iz rostralnog dijela neuralne cijevi nastaju tri primarna mjehurića. Srednji mozak nastaje iz drugog, mezencefaličnog mjehurića, dok moždani most i produžena moždina nastaju iz trećeg, rombencefaličnog mjehurića. Sam rombencefalični mjehurić će se podijeliti na metencefalični, iz kog će nastati moždani most zajedno sa malim mozgom, i mijelencefalični mjehurić, iz koga će se razviti produžena moždina. Iz šupljina mjehurića razviće se četvrta moždana komora i *aqueductus cerebri Sylvii*, koji su primarno ispunjeni amnionskom tečnošću, a kasnije cerebrospinalnom tečnošću ili likvorom.

Moždanom stablu opisujemo četiri strane, ventralnu, dorzalnu i dvije bočne strane. Rostralno moždano stablo se pruža do međumozga (*diencephalon*) i na ventralnoj strani granicu mu čini kaudalna ivica bradavičastih tijela hipotalamusa (*corpus mamillare*), dok na dorzalnoj strani granicu predstavlja zadnja spojnica (*commisura posterior*), dio *epithalamus*-a. Kaudalno, moždano stablo je u odnosu sa kičmenom moždinom, na ventralnoj strani granicu predstavlja ukrštanje piramidnog puta (*decussatio pyramidum*), na dorzalnoj strani izlazište prvog para vratnih kičmenih živaca (*nn. spinales C1*). Ova granica se nalazi otprilike u nivou velikog zatiljnog otvora (*foramen magnum*).

Granice između pojedinih dijelova moždanog stabla opisujemo takođe na ventralnoj i dorzalnoj strani. Na ventralnoj strani granicu između produžene moždine i moždanog mosta čini postpontinska jama (*fossa postpontina*), izme-

đu moždanog mosta i srednjeg mozga prepontinska jama (*fossa prepontina*). Na dorzalnoj strani granicu između produžene moždine i moždanog mosta predstavljaju vlakna (*striae medullares*), koja čine aksone neurona arkuatnog jedra, sive mase smještene u produženoj moždini, dok granicu između moždanog mosta i srednjeg mozga čini zadnja ivica krovne pločice srednjeg mozga (*tectum mesencephalicum*).

Na ventralnoj strani produžene moždine, u središnjoj liniji, vidi se nastavak prednje središnje pukotine kičmene moždine (*fissura mediana anterior*), koja se završava neposredno prije *fossae postpontinae*, slijepim otvorom (*foramen cecum*). Bočno od pukotine, nalaze se dva valjkasta izbočenja, piramide (*pyramis*), nastale koncentrisanjem vlakana piramidnog puta (*tr. pyramidalis* seu *tr. corticospinalis*) po kome su dobile i ime. Bočno piramide ograničava prednje-spoljašnji žlijeb (*sulcus anterolateralis*), koji predstavlja nastavak istoimenog žlijeba kičmene moždine i ujedno čini granicu između ventralne i lateralne strane produžene moždine. Kroz ovaj žlijeb moždano stablo napuštaju vlakna korijenova dvanaestog kranijalnog nerva n. XII (*n. hypoglossus*). Kroz *fossa-u postpontinu*, granicu produžene moždine i moždanog mosta napuštaju vlakna od medijalno ka lateralno šestog kranijalnog nerva n. VI (*n. abducens*), sedmog n. VII (*n. facialis*) zajedno sa svojim dijelom n. *intermedius*-om, te vlakna osmog kranijalnog nerva n. VIII (*n. vestibulocochlearis* seu *n. statoacusticus*).



Slika 4-1. Ventralna strana moždanog stabla

Ventralna strana ponsa je u cijelosti konveksna ventralno i kako mu samo ime kaže, osim što spaja produženu moždinu i srednji mozak, on spaja i poprečno hemisfere malog mozga. Na sredini ventralne strane moždanog mosta je žlijeb *sulcus a. basilaris* u kojem je smješten istoimeni arterijski krvni sud. Bočno od žlijeba nalazi se izbočenje (*eminentia pyramidalis*), čije padine se pružaju do lateralne ivice mosta. Ovo izbočenje čine takođe vlakna piramidnog puta, ovdje nešto više razrijeđena u odnosu na produženu moždinu. Na spoju prednje i lateralne strane moždanog mosta nalazi se izlazište motornog i senzitivnog korijena petog kranijalnog nerva n. V (*n. trigeminus*).

Na ventralnoj strani srednjeg mozga opisuju se parno valjkasto izbočenje (*crus cerebri*), koje se pruža upolje i naviše, ulazi u hemisferu velikog mozga upravljeno ka zadnjem kraku unutrašnje čahure (*crus posterius capsulae internae*). Svojim unutrašnjim ivicama i prepontinskom jamom ograničavaju interpendunkularnu jamu (*fossa interpeduncularis*), čije dno je rupičasto i predstavlja zadnju rupičastu masu (*supstantia perforata posterior*), kroz koju poniru grane krvnih sudova u dubinu moždanog tkiva. U kaudalnom dijelu ovog udubljenja, uz prepontinsku jamu na površinu izlaze vlakna trećeg kranijalnog nerva n. III (*n. oculomotorius*).

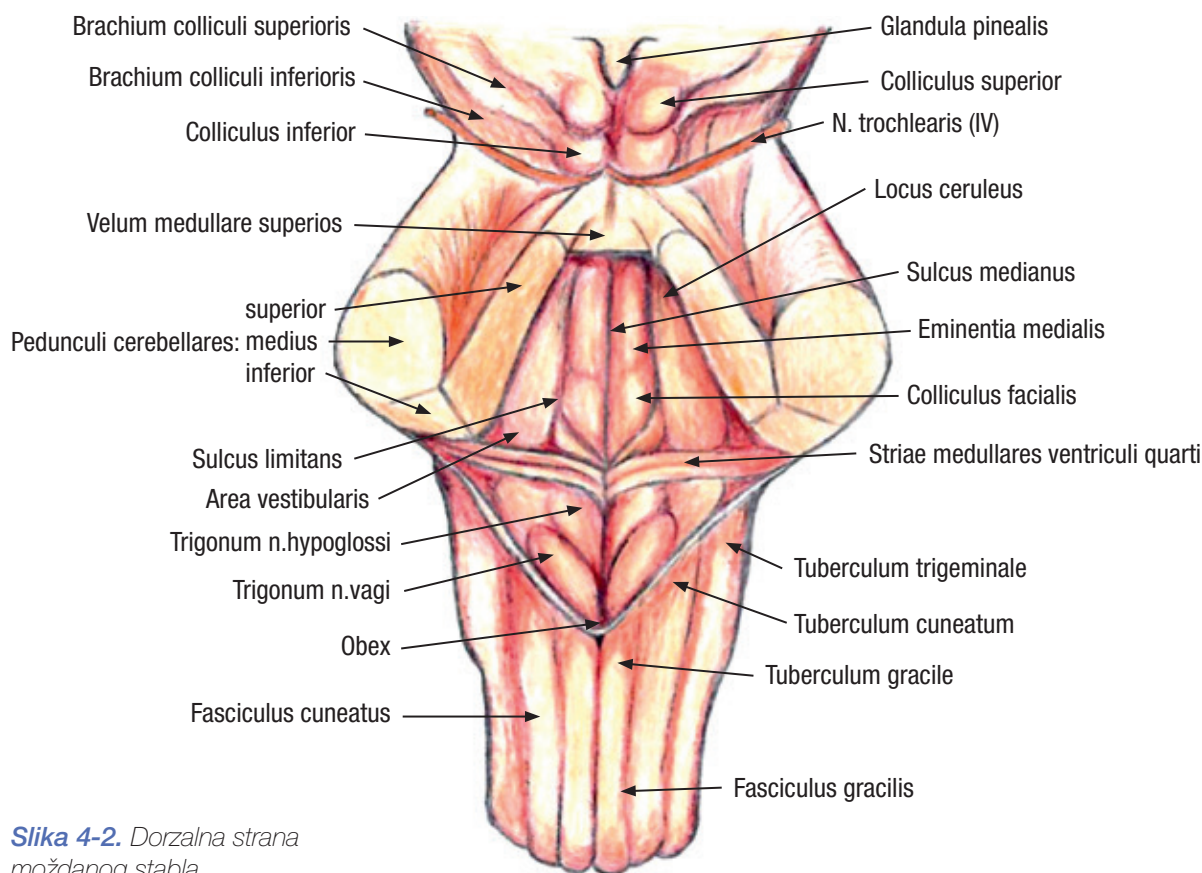
Dorzalnu stranu produžene moždine dijelimo na dva dijela, kaudalni, koji ima sličnu morfologiju kičmenoj moždini, i rostralni dio, koji čini kaudalnu polovinu rombaste jame (*fossa rhomboidea*), velikog udubljenja na dorzalnoj strani moždanog stabla, koje čini dno četvrte moždane komore (*ventriculus quartus*). Duž središnje linije kaudalnog dijela nastavlja se žlijeb dorzalne strane kičmene moždine, zadnji središnji žlijeb (*sulcus medianus posterior*). Upolje na obje strane nalazi se zadnje-spoljašnji žlijeb, takođe nastavak sa kičmene moždine (*sulcus posterolateralis*), koji čini granicu zadnje i spoljašnje strane kaudalnog dijela produžene moždine. Duž ovog žlijeba od rostralno ka kaudalno, na površinu izlaze vlakna korjenova devetog kranijalnog nerva n. IX (*n. glossopharyngeus*), desetog n. X (*n. vagus*) i kranijalnog dijela jedanaestog kranijalnog nerva n. XI (*n. accessorius*). Između središnjeg i zadnje-spoljašnjeg žlijeba u rostralnom dijelu ovog segmenta produžene moždine nalaze se dvije kvržice, *tuberculum gracile* i lateralno *tuberculum cuneatus*, koje prouzrokuju istoimena jedra, *nc. gracilis* i *nc. cuneatum*, senzitivna relejna jedra. Od ovih kvržica ka kaudalno postoje dvije valjkaste formacije, koje stvaraju vlakna dijelova senzitivnog puta, *fasciculus gracilis-a*, medijalno i *fasciculus cuneatus-a*, lateralno. Upolje od *tuberculum cuneatum-a* može da postoji i treće ispupčenje *tuberculum trigeminale seu cinereum*, koje prouzrokuje *nc. spinalis n. trigeminalis*, senzitivno jedro n. V. Rostralno od ovih ispupčenja ka dorzalno i lateralno pružaju se donji kraci malog mozga.

Na rostralnom dijelu dorzalne strane produžene moždine i dorzalne strane moždanog mosta smještena je rombasta jama (*fossa rhomboidea*). Ime joj ukazuje na oblik romba, čije kaudalne ivice, desnu i lijevu, čine parni donji krak malog mozga (*pedunculus cerebellaris inferior*), dok rostralne ivice gradi paran gornji krak malog mozga (*pedunculus cerebellaris superior*). Između bočnih uglova jame pružaju se *striae medullares* koje predstavljaju i granicu produžene moždine i moždanog mosta. Donji ugao ima oblik pisarskog pera po kojem je i dobio ime, *calamus scriptorius*. Središnjim dijelom jame pruža se centralni žlijeb

(*sulcus medianus*), čiji se kaudalni dio pruža do ulaza u centralni kanal, koji se prostire kroz kaudalni dio produžene moždine i dužinom kičmene moždine. Otvor centralnog kanala natkriljuje *obex*, kaudalni dio krova četvrte moždane komore, izgleda trougaonog nabora. Paralelno sa ovim žlijebom, sa obje strane, nalazi se granični žlijeb (*sulcus limitans*) ili Monro-ov žlijeb. Između ova dva žlijeba smješta se valjkasto ispupčenje *eminentia medialis*. U kaudalnom dijelu ovog uzvišenja, ispod *striae medullares*, nalaze se dva trougaona polja, rostralno i medijalno, trougaono polje n. XII-a (*trigonum n. hypoglossi*) i nešto lateralnije i kaudalnije trougaono polje n. X (*trigonum n. vagi*), ili nazvano *ala cinerea* (5). Ispod *trigonum*-a n. XII nalazi se motorno jedro n. XII-a (*nc. n. hypoglossi*) dok se ispod *trigonum*-a n. X smješta parasimpatičko jedro n. X (*nc. dorsalis n. vagi*). Vrh trougla n. X okrenut je rostralno i čini ga mala jama (*fovea inferior*), dok bazu čini granični greben (*funiculus saeparans*), koji ovaj trougao odvaja od najkaudalnijeg dijela rombaste jame, malog uzvišenja *areae postremae*. Area postrema predstavlja cirkumventrikularni organ.

U bočnim uglovima rombaste jame, na granici produžene moždine i moždanog stabla, smještene su jedra n. VIII, četiri vestibularna i dva kohlearna. Ovaj prostor nosi naziv *area n. vestibularis seu area cochlearis (area acustica)*. U rostralnom dijelu rombaste jame, koga čine moždani most i suženje zadnjeg mozga (*isthmus rhombencephali*), kaudalno u prostoru između središnjeg i graničnog žlijeba nalaze se kvržice n. VII (*colliculus facialis*). Ispod njih se nalazi jedro n. VI (*nc. n. abducentis*), ali oko njega obilaze vlakna n. VII, zbog čega je ovo ispupčenje i dobilo naziv. Nešto iznad nivoa kvržica n. VII granični žlijeb se proširuje u udubljenje nazvano gornja jamica (*fovea superior*), ispod koje se nalazi motorno jedro n. V. U gornjem dijelu rombaste jame, koji odgovara njenoj bočnoj granici, nalazi se plavičasto-siva površina, *locus ceruleus*, koja svoju boju duguje podlozi duboko pigmentisanih nervnih ćelija, nazvana *substantia ferruginea*, koja sadrži najveću količinu neurotransmitera noradrenalina u CNS-u.

Na dorzalnoj strani srednjeg mozga, na krovnoj pločici (*tectum mesencephalicum*) smještene su dva para kvržica, gornje i donje (*colliculi inferiores et colliculi superiores*). Kvržice su odvojene jednim poprečnim i jednim uzdužnim žlijebom, čiji rostralni dio se proširuje u trougaono polje, *trigonum subpineale*, na kojem leži endokrina žlijezda pridodata međumozgu, epifiza ili šišarica (*corpus pineale*). Ispod kvržica se nalaze istoimena jedra, donja, koja predstavljaju relejna auditivna, a gornja relejna optička jedra. Od gornjih i donjih kvržica upolje i rostralno pružaju se valjkasta ispupčenja, kraci gornjih i donjih kvržica (*brachia colliculi superiores et brachia colliculi inferiores*), koje čine vlakna koja povezuju navedena jedra sa strukturama *metathalamus*-a, dijela međumozga. Gornje kvržice su povezane sa spoljašnjim koljenastim tijelom (*corpus geniculatum lateralis*), odnosno jedrom, koje se nalazi ispod. Ono predstavlja optički centar, koji čini neuron IV optičkog puta. Donje kvržice su vezane s unutrašnjim koljenastim tijelom (*corpus geniculatum medialis*), odnosno jedrom, koje čini auditivni centar, mjesto gdje se nalazi neuron III auditivnog puta. Ispod donjih kvržica mjesto je izlaska vlakana četvrtog kranijalnog nerva n. IV (*n. trochlearis*), jedinog kranijalnog nerva koji izlazi s dorzalne strane moždanog stabla. Najrostralniji dio ove strane srednjeg mozga predstavlja uzano polje, *area pretectalis*.



Slika 4-2. Dorzalna strana moždanog stabla

Na lateralnoj strani moždanog stabla između prednje-bočnog i zadnje-bočnog žlijeba nalazi se smješteno ovalno ispupčenje, maslinastog izgleda, po čemu je i dobilo ime *oliva*. Ispod maslinastog ispupčenja nalazi se donje olivarno jedro (*nc. olivaris inferior*). Iza olive uočavaju se donji kraci malog mozga. Na bočnoj strani moždanog mosta nalazi se parni srednji krak malog mozga (*pedunculus cerebellaris medius*). Na lateralnoj strani srednjeg mozga, u kaudalnoj polovini, nalazi se smješten *trigonum lemnisci*, kaudalno ograničen blagim izdignućem koje formira *lemniscus lateralis*, rostralno se pruža do donjih kvržica srednjeg mozga, dok se ventralno prostire do moždanih kraka.

VASKULARIZACIJA

Arterijski krvni sudovi moždanog stabla vode porijeklo iz vertebro-bazilarnog sistema, generalno male arterije koje penetriraju u tkivo moždanog stabla vode porijeklo direktno iz velikih arterija. Ovi regioni imaju visok rizik za ishemiiju jer postoji malo ili nimalo međusobno povezane površinske mreže da bi se obezbijedila kolateralna cirkulacija.

Produžena moždina je vaskularizovana od strane ventralne, lateralne i dorzalne grančice.

Ventralne vode porijeklo od *a. spinalis anterior* i desnog i lijevog suda od kojeg nastaje ova arterija, te penetrantnih grana *a. vertebralis*. Lateralne grane vode porijeklo od *a. vertebralis*, *a. basilaris*, *a. cerebelli posterior inferior* i moguće i od *a. cerebelli anterior inferior*. I zadnje grane vode porijeklo od *a. spinalis posterior* i *a. cerebelli posterior inferior*. I grane koje ishranjuju moždani most se dijele u ventralne, lateralne i dorzalne. Ventralne grane nastaju od *a. basilaris*, kao i late-

ralne, kojima se još priključuju grane *a. cerebelli anterior inferior* i *a. cerebelli superior*. Dorzalne grane vode porijeklo samo od *a. cerebelli superior*. Srednji mozak vaskularizuju perforantne grane *a. cerebelli superior*, *a. cerebri posterior* (*a. collicularis*, *aa. interpedunculares* (*aa. thalamoperforatae*, *a. choroidea posterior medialis*, *rr. pedunculares*). Djelimično grane *a. communicans posterior* i *a. choroideae anterior*, te moguće i najrostralnije anteromedijalne grane *a. basilaris*.

ZAPAMTI: Moždano stablo se sastoji od produžene moždine, moždanog mosta i srednjeg mozga. Kaudalno se nastavlja na kičmenu moždinu, rostralno se pruža do međumozga. Opisuju mu se četiri strane, ventralna, dorzalna i dvije bočne. Na ventralnoj strani moždanog stabla izlaze vlakna III, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI i XII kranijalnog nerva, dok na dorzalnoj vidljiva postaju samo vlakna IV kranijalnog nerva. Moždano stablo je sa tri para kraka vezano sa malim mozgom. Na dorzalnoj strani produžene moždine i moždanog mosta nalazi se jama rombastog izgleda, *fossa rhomboidea*, koja čini dno četvrte moždane komore, dok se kroz srednji mozak, na spoju tegmentuma i tektuma, pruža *aqueductus cerebri* Silvya, koji spaja četvrtu i treću moždanu komoru.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Sindromi moždanog stabla su obično posljedice vaskularne okluzije grane zadnje cirkulacije ili sekundarni efekat masivnih ekspanzivnih lezija. **Wallenberg-ov sy** ili lateralni medularni sindrom, uzrokovan je inzultom u lateralnoj meduli. Karakteristike uključuju vrtoglavicu, tendenciju pada prema strani lezije, diplopiju, nistagmus, ipsilateralni Hornerov sy, štućanje, gubitak osjećaja bola i temperature suprotne strane tijela, promuklost, disfoniju, disfagiju, dizartriju. **Dejerin sy** je posljedica infarkta medijalne medule uzrokovan okluzijom malih perforantnih grana *a. vertebralis* ili *a. basilaris* ili *a. spinalnis anterior*. Posljedica je kontralateralna slabost i hemisenzorni deficit sa paralizom n. XII. **Babinski-Nageotte sy** se javlja zbog okluzije intrakralnijalnog dijela *a. vertebralis*. Klinički je kombinacija simptoma medijalne i lateralne medule sa ipsilateralnom cerebelarnom ataksijom, senzornim deficitom lica, Hornerovim sy i kontralateralnom hemiplegijom i hemianestezijom. **Marie-Foix sy** je posljedica okluzije perforantnih grana *a. basilaris* i *a. cerebellaris anterior inferior*. Podrazumijeva kontralateralnu hemiplegiju ili hemiparezu, ipsilateralno oštećenje senzibiliteta bola i temperature, facijalnu paralizu, gubitak sluha, vertigo i nistagmus. **Foville sy** je posljedica infarkta moždanog stabla, sa slikom kontralateralne hemipareze ili hemiplegije, hemisenzornim gubitkom, ipsilateralom paralizom n. VII, paralizom konjugovanih pokreta očiju sa nesposobnošću pogleda na stranu lezije sa diplopijom. **Locked-in sy** ili sy zaključavanja (pseudokoma) je uzrokovan inzultom piramidnih puteva ventralnog dijela moždanog stabla. Paralizovani su svi voljni, kao i respiratorni mišići. Pacijenti mogu biti budni i svjesni sa očuvanom kognitivnom funkcijom ali deeferentni, uz nesposobnost govora i pokreta udova i lica, stanje slično vegetativnom stanju ili akinetičkom mutizmu, Pošteđen je n. III pa otvaranje oka i vertikalni pokreti očiju mogu biti očuvani. **Ventralni pontini sy** posljedica je inzulta ventralnog dijela ponsa i može se javiti kao Raymond-ov ili Millard-Gubler-ov sy. Prvi daje slabost lateralnog pogleda zbog pareze ipsilateralnog *m. rectus lateralis*-a i kontralateralnu hemiplegiju. Millard-Gubler-ov sy daje

posljedičnu ipsilateralnu parezu n. VII uz gubitak kornealnog refleksa i kontralateralnu hemiplegiju. Pacijent prijavljuje diplopiju koja se pogoršava kada gleda u stranu lezije. **Weber-ov sy** nastaje zbog oluzije paramedijalnih grana *a. basilaris* ili *a. cerebri posterior*. Simptomi su paraliza ipsilateralnog n. III i kontralateralna hemiplegija ili hemipareza. Ukoliko je uključena *substantia nigra*, sindrom će se manifestovati i sa kontralateralnim rigiditetom. **Benedikt-ov sy** (paramedijalni sy srednjeg mozga) nastaje nakon infarkta *tegmentum*-a srednjeg mozga zbog okluzije grana *a. cerebri posterior*. Simptomi su paraliza ipsilateralnog n. III, ukrštena hemiataksija, gubitak koordinacije i horea. **Claude-ov sy** je posljedica oluzije malih perforantnih grana *a. cerebri posterior*. Pacijenti imaju paralizu ipsilateralnog n. III, gubitak koordinacije i kontralateralnu cerebelarnu hemiataksiju gornjih i donjih ekstremiteta.

.....

Pitanja za ponavljanje:

1. *Tuberculum gracile* i *tuberculum cuneatum* se nalaze na:
 - a) ventralnoj strani kičmene moždine,
 - b) ventralnoj strani produžene moždine,
 - c) dorzalnoj strani kičmene moždine,
 - d) dorzalnoj strani produžene moždine.
 2. *Fossa rhomboidea* nalazi se na:
 - a) dorzalnoj strani ponsa,
 - b) dorzalnoj strani produžene moždine,
 - c) dorzalnoj strani ponsa i produžene moždine.
 3. U omeđenju rombaste jame ne učestvuju:
 - a) gornji kraci malog mozga,
 - b) srednji kraci malog mozga,
 - c) donji kraci malog mozga.
 4. Iz dubine *fossae postpontinae* izbijaju svi navedeni moždani živci osim:
 - a) n. VI, b) n. VII, c) n. VII bis, d) n. VIII, e) n. IX.
 5. Granica na ventralnoj strani moždanog stabla između *pons*-a i *medullae oblongatae* je:
 - a) *fossa postpontina*,
 - b) *fossa prepontina*,
 - c) *striae medullares*.
-

UNUTRAŠNJA GRAĐA MOŽDANOG STABLA

JEDRA MOŽDANIH ŽIVACA

prof. dr Goran Spasojević

Raspored jedara moždanih živaca u moždanom stablu

Moždano stablo građe siva masa (*substantia grisea*) i bijela masa (*substantia alba*).

Siva masa moždanog stabla nastavlja se na sivu masu kičmene moždine i nalazi se najvećim dijelom u tegmentumu. Sivu masu moždanog stabla čine **jedra moždanih živaca, relejna jedra i retikularna jedra.**

Jedra moždanih živaca se gotovo sva nalaze u moždanom stablu sem spinalnog jedra nervusa trigeminusa (pruža se do C2 segmenta kičmene moždine) i spinalnog jedra nervusa akcesorijusa (pruža se do C5-6 segmenta kičmene moždine). Takođe treba znati da su prvi (*n. olfactorius*) i drugi (*n. opticus*) kranijalni živac specifični i nemaju jedra u smislu ograničene grupe neurona u moždanom stablu. Granicu između eferentnih i aferentnih jedarnih zona na površini zadnje strane moždanog stabla označava granični žlijeb (*sulcus limitans*) na rombastoj jami (*fossa rhomboidea*).

Jedra moždanih živaca leže u tegmentumu moždanog stabla i to :

- u predjelu produžene moždine nalaze se jedra IX – XII moždanog živca
- u predjelu ponsa nalaze se jedra V – VIII moždanog živca
- u predjelu mezencefalona nalaze se jedra III i IV moždanog živca

Jedan kranijalni (moždani) nerv može da ima jednu ili više različitih vrsta vlakana. Najčešće funkcionalne komponente kranijalnih živaca su somatomotorna, somatosenzitivna, parasimpatička i viscerosenzitivna vlakna. Međutim, neki od moždanih živaca sa jedrima u moždanom stablu mogu imati i posebne komponente, a to su gustativna, akustička i vestibularna vlakna. Pojednostavljeno se jedra moždanih živaca mogu sistematizovati u tri glavne zone: - unutrašnju, motornu zonu jedara, - srednju zonu u kojoj su autonomna jedra i - spoljašnju zonu senzitivnih (senzornih) jedara.

Stubovi jedara moždanih živaca u moždanom stablu

Posmatrajući moždano stablo (*truncus cerebri s. encephali*) kao cjelinu mogu se razlikovati funkcionalni nizovi, tj. stubovi jedara koji su raspoređeni tako da istovrsna jedra zauzimaju približno isti položaj na svakom nivou tegmentuma. Idući upolje desno odnosno lijevo od središnjeg žlijeba (*sulcus medianus*), najmedijalnije su motorna jedra (sa dva vertikalna niza), zatim autonomna (parasimpatička i viscerosenzitivna) jedra. Upolje od stuba autonomnih jedara leže opšta somatosenzitivna jedra, a najlateralnije su senzorna vestibularna i akustička jedra VIII moždanog živca.

Prvi (medijalni) stub jedara - Neposredno uz sam središnji žlijeb je niz opštih somatomotornih jedara (**OSM**) kranijalnih živaca (N. XII, VI, IV i III). Tu spadaju: – *nucleus nervi hypoglossi-TA* (u produženoj moždini), – *nucleus nervi abducentis-TA*

(u mostu), zatim uz središnju liniju mezencefalona – *nucleus nervi trochlearis-TA* (nivo donje kvržice) i *nucleus nervi oculomotorii-TA* (nivo gornje kvržice).

Drugi stub jedara. Smješten lateralno i ventralnije od prvog stuba jedara je stub posebnih visceromotornih jedara (**PVM**). U ovom stubu smještena su motorna jedra moždanih živaca (XI, X i IX, VII i V). To su *nucleus nervi accessorii-TA* (u kičmenoj i u produženoj moždini), *nucleus ambiguous-TA* (u produženoj moždini), zatim *nucleus nervi facialis-TA* i *nucleus motorius nervi trigemini-TA* (oba u ponsu). Ova jedra su na osnovu embrionalnog porijekla struktura koje pojedini kranijalni nervi inervišu nazivaju još i branhiomotorna jedra. Ova, u suštini motorna jedra ili vlakna, koja voljno inervišu poprečnoprugaste mišiće porijeklom od ždrijelnih (škržnih) lukova, u takvoj klasifikaciji se označavaju kao posebna visceromotorna vlakna ili branhiomotorna jedra. Treba dodati da V moždani živac inervišu mišiće porjeklom iz prvog ždrijelnog (škržnog) luka, VII moždani živac one iz drugog ždrijelnog luka, dok IX, X i XI moždani živac inervišu mišiće izvedene iz trećeg, četvrtog i petog ždrijelnog (škržnog) luka.

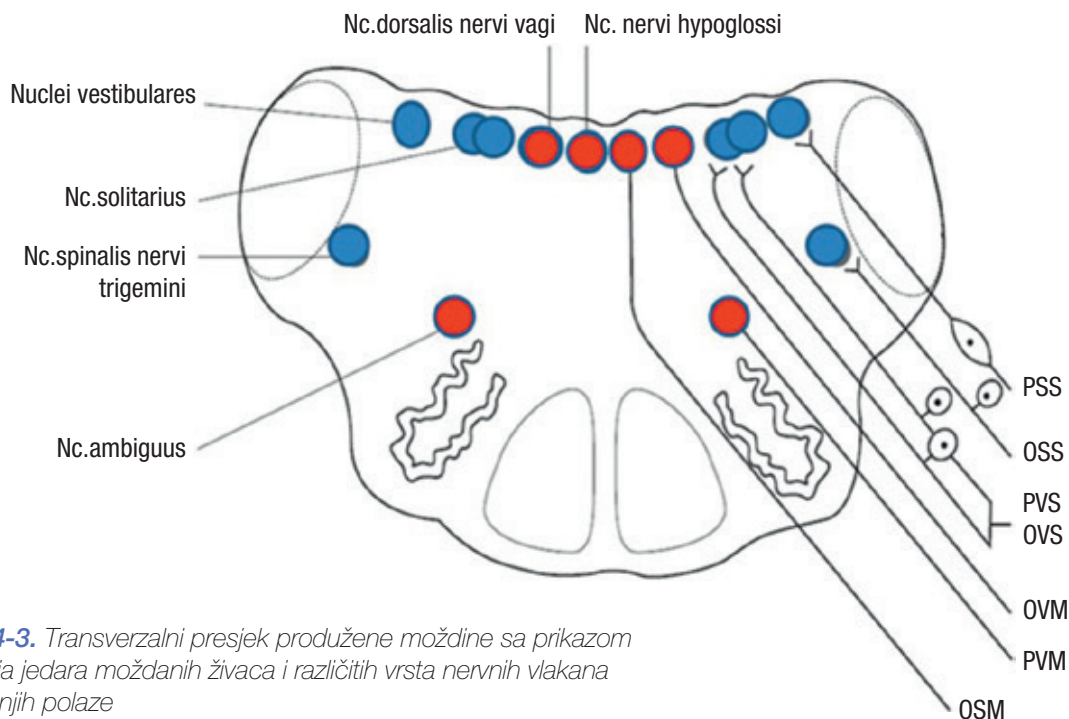
U ovim motornim jedrima sa svake strane završavaju se vlakna direktnog motornog kortikonuklearnog puta porijeklom iz obje hemisphere (bilateralni završetak), sa klinički važnim izuzecima vlakana za *nucleus nervi hypoglossi* i za *dio jedra nervosa facijalisa*, za koje vlakna dolaze isključivo iz suprotne hemisfere (potpuno su ukrštena).

Treći stub jedara - Ovaj motorni niz čine *parasimpatička* (opšta visceromotorna - **OVM**) jedra N. X, IX, VII i III). To su: *nucleus dorsalis nervi vagi-TA* i *nucleus salivatorius inferior-TA* (u produženoj moždini), *nucleus salivatorius superior-TA* (u ponsu) i u mezencefalonu *nucleus accessorii nervi oculomotorii-TA* (Westphal-Edinger-ovo jedro).

Četvrti stub jedara - Lateralnije od parasimpatičkih jedara nalazi se veliki kompleks od 11 jedara - *nuclei tractus solitarii-TA*, mada se najčešće sva zajedno nazivaju *nucleus solitarius* (usamljeno jedro). Najveći (kaudalni) dio *nucleus solitariusa* funkcionalno predstavlja opšte viscerosenzitivno jedro (**OVS**) zajedničko za X i IX živac. Manji, rostralni dio navedenog jedra se posebno izdvaja kao gustatorno jedro – *nucleus gustatorius*, koje je zajedničko za VII, IX i X živac. Gustatorno jedro se ubraja u posebna viscerosenzitivna jedra (**PVS**).

Peti stub jedara –Smješten lateralnije od pomenutih jedara je niz opštih somatosenzitivnih jedara (**OSS**) koja uglavnom pripadaju trigeminalnom živcu (N. V). Tu se ubrajaju: *nucleus spinalis nervi trigemini-TA* (zajedničko za V, VII, IX i X moždani živac) koji se pruža naniže kroz pons, produženu moždinu i do nivoa C2 segmenta kičmene moždine), zatim *nucleus principalis nervi trigemini-TA* (koji pripada samo V moždanom živcu i nalazi se u ponsu), kao i *nucleus mesencephalicus nervi trigemini-TA* (kojem pripada samo V živac; nalazi se u ponsu i pruža navise u mezencefalonu).

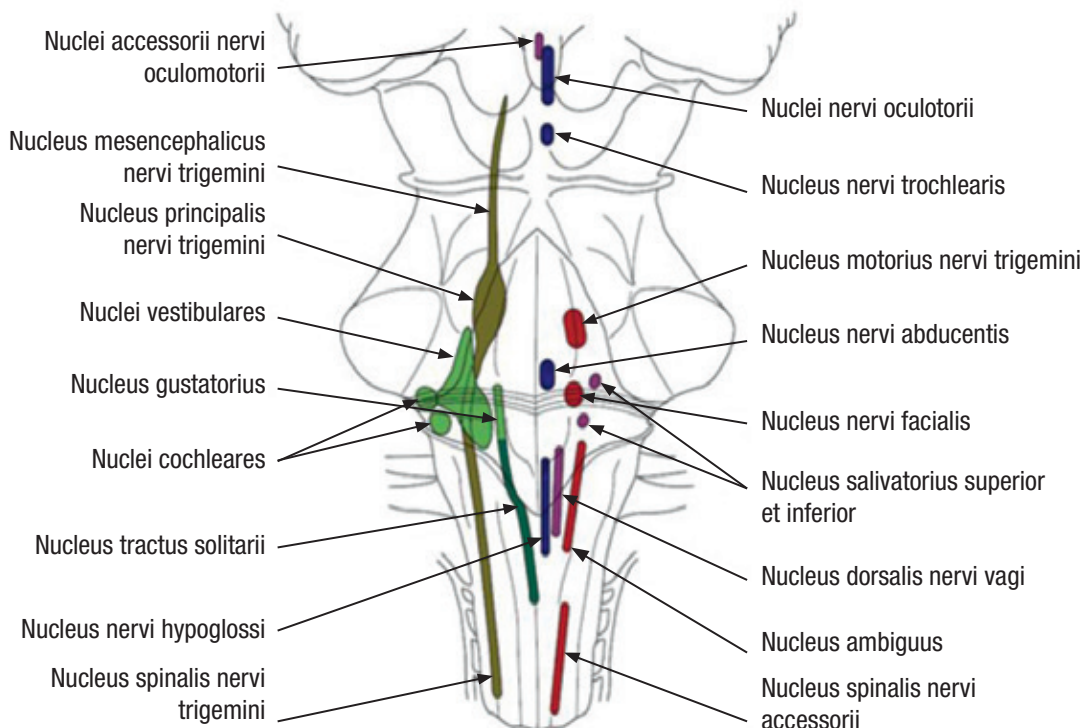
Šesti stub jedara - Ispod lateralnog ugla *fossae rhomboideae* nalaze se *nuclei vestibulares-TA* i *nuclei acustici-TA* (obe grupe pripadaju VIII živcu) i funkcionalno ih ubrajamo u grupu posebnih somatosenzivnih jedara (**PSS**).



Slika 4-3. Transverzalni presjek produžene moždine sa prikazom položaja jedara moždanih živaca i različitih vrsta nervnih vlakana koja iz njih polaze

Jedra moždanih živaca (*Nuclei nervorum cranialium*)

Svaki od moždanih nerava koji polaze iz moždanog stabla (*truncus encephali-TA*) ima određena jezdra zavisno od područja i struktura koje inerviraju, kao i od



Slika 4-4. Prikaz dorzalne strane moždanog stabla (*truncus cerebri s. encephali*) sa rasporedom jedara moždanih živaca

vrste vlakana koja posjeduje. Obradićemo jedra kranijalnih živaca počevši od kaudalnog pa ka rostralnom dijelu moždanog stabla.

Jedro XII moždanog živca (*nucleus nervi hypoglossi*)

Dvanaesti moždani živac ili podjezični živac (*nervus hypoglossus*) je isključivo motorni nerv. Dvanaesti moždani nerv ima samo jedno somatomotorno jedro – **nucleus nervi hypoglossi-TA** – iz koga polaze somatska motorna (eferentna) vlakna koja inervišu sve unutrašnje i većinu spoljašnjih mišića jezika, uključujući i jedan nathiodni mišić – *m. geniohyoideus*. Jedro podjezičnog živca je u kaudalnom i u rostralnom dijelu produžene moždine uz sam središnji žlijeb (*sulcus medianus*) neposredno ispod poda IV moždane komore. Ono u rombastoj jami uzrokuje trouglasto ispupčenje nazvano *trigonum nervi hypoglossi-TA*. Aksoni iz ovog jedra idu kroz medullu oblongatu ipsilateralno, ventralno i naniže i izlaze kroz *sulcus anterolateralis*, između piramisa i olive, u vidu 4-15 korjenčića koji se potom spajaju u jedinstveno stablo živca.

Ovo motorno jedro dobija aksone gornjeg motoneurona koje nosi *tractus corticonuclearis-TA* (ili *tractus corticobulbaris*) pomoću koga se regulišu voljni pokreti jezika. Vlakna ovog puta za jedro nervusa hipoglosusa (XII) su uglavnom potpuno ukrštena, što ima dijagnostički značaj (opisano u dijelu kliničke implikacije).

Jedra XI moždanog živca (*nuclei nervi accessorii*)

Jedanaesti moždani živac (*nervus accessorius*) je motorni nerv i do skora klasično su opisivana dva motorna jedra ovog živca: kranijalno jedro – **nucleus ambiguus-TA** i spinalno jedro – **nucleus nervi accessorii-TA** (*engl. spinal accessory nucleus-TA*).

Spinalno jedro pomoćnog živca (*nucleus nervi accessorii-TA*) se iz produžene moždine proteže naniže do petog ili šestog vratnog segmenta kičmene moždine (ovo jedro čine alfa motoneuroni spoljašnjeg dijela baze prednjih rogova vratne kičmene moždine). Pri tome aksoni iz jedra napuštaju kičmenu moždinu kao *radices nervi accessorii-TA* (6-7 snopića), spajaju se u *radix spinalis-TA n. accessorii* koji se uspinje kroz kičmeni kanal pa ulazi u lobanju kroz *foramen magnum*. Potom se spinalni korjen spaja sa korjenom koji se naziva *radix cranialis-TA* (nastaje iz *nucleus ambiguusa*) gradeći kratko stablo pomoćnog živca (*truncus nervi accessorii-TA*). Prema tom klasičnom opisu *n. accessorius* se ubrzo podjeli na *r. externus* et *r. internus*. Spoljašnja grana (*ramus externus-TA* ili *nervus accessorius spinalis-TA*), čiji su aksoni u cjelini porjeklom iz spinalnog jedra, inerviše sternokleidomastoidni i trapezni mišić.

Unutrašnja grana (*ramus internus-TA* ili *ramus communicans vagalis-TA*) porjeklom iz *nucleus ambiguusa* se priključuje nervusu vagusu za mišiće grkljana, ždrjela i mekog nepca, uglavnom u sastavu njegove grane *n. laryngeus recurrens-TA* (inervacija mišića grkljana i ždrjela).

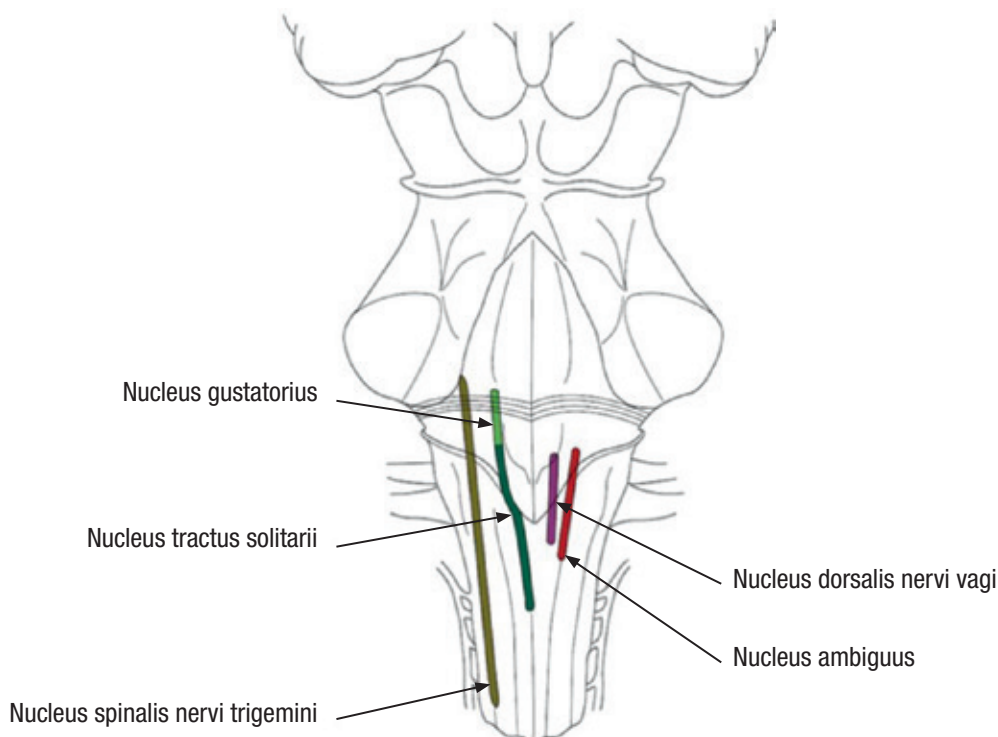
(Dakle, *nervus accessories* (XI) prema najnovim saznanjima ima samo jedno jedro – *nucleus nervi accessorii*, jer se vlakna porjeklom iz *nucleus ambiguusa* ne mogu smatrati da pripadaju *n. accessoriusu* već *n. vagusu*).

Jedra X moždanog živca (*nuclei nervi vagi*)

Deseti moždani živac ili živac litalac (*nervus vagus*) je mješovit i sadrži pet različitih funkcionalnih komponenti – parasimpatička, somatomotorna, somatosenzitivna i viscerosenzorna vlakna, kao i nešto gustativnih vlakana. Glav-

na funkcija ovog živca se ostvaruje njegovim parasimpatičkim preganglijskim vlaknima namjenjenim organima grudne i trbušne duplje. Jedra ovog živca su smještena u produženoj moždini ispod poda četvrte komore na kojem grade *trigonum nervi vagi-TA* ili *trigonum vagale-TA*. Vlakna iz ovih jedara grade stablo nervusa vagusa koje se pojavljuje u predjelu *sulcus posterolateralisa medullae oblongatae*.

Jedra nervusa vagusa su: *nucleus ambiguus-TA* -specijalno visceromotorno jedro (zajedničko za X i IX živac), *nucleus dorsalis nervi vagi (TA)* ili *nucleus posterior nervi vagi (TA)* - parasimpatičko jedro, *nuclei tractus solitarii (TA)* s. *nucleus solitarius* - viscerosenzitivno jedro (zajedničko za X i IX moždani živac), pri čemu se gornji dio *nucleus solitariusa* obično naziva gustativno jedro (*nucleus gustatorius*), i *nucleus spinalis nervi trigemini (TA)* - opšte somatosenzitivno jedro.



Slika 4-5. Prikaz dorzalne strane moždanog stabla (*truncus cerebri* s. *encephali*) sa rasporedom jedara desetog moždanog živca (*n. vagus*)

Nucleus ambiguus

Ovo motorno jedro je zajedničko za nervus vagus i nervus glosofaringeus (odale mu i naziv - *ambiguus*, na srpskom " **dvosmisleno**"), a doskora se smatralo da daje vlakna i za nervus akcesorijus.

Nucleus ambiguus-TA je uzan dugački stub neurona koji se pruža čitavom dužinom produžene moždine i pripada stubu motornih jedara. Ovo jedro leži u *formatio reticularis* produžene moždine i to ventromedijalno od *nucleus spinalis nervi trigemini*, a ventrolateralno od *nucleus nervi hypoglossi* i gotovo u istom nivou sa donjim olivarnim jedrom.

Manji, rostralni dio ovog jedra pripada nervusu glosofaringeusu (IX), dok se ranije mislilo da njegov mali kaudalni dio pripada nervusu akcesorijusu. Najveći dio nucleus ambiguusa pripada nervusu vagusu i obezbjeđuje voljnu kontrolu poprečnoprugastih mišića grkljana i ždrijela (osim za *m. stylopharyngeus* kojeg inervirše *nervus glosopharyngeus* (IX) i mišića mekog nepca (zajedno sa nervusom glosofaringeusom gradi *plexus pharyngeus*). Kako je ranije opisano, vlakna za ove mišiče se dijelom priključuju nervusu akcesorijusu ali prelaze u sastav nervus vagusa.

Nucleus ambiguus je smješten u djelu koji se ponekad naziva donja medijska retikularna formacija produžene moždine, tako da sa nekim neuronima retikularne formacije produžene moždine čini dio važnih centara za degluticiju (gutanje), respiraciju i fonaciju. Neki neuroni ovog jedra ulaze u sastav respiratornog centra. Respiratorni centar čine: *nucleus ambiguus* sa okolnom retikularnom formacijom i *nuclei solitarii*.

Veze nucleus ambiguusa sa velikim senzitivnim jedrima moždanog stabla – *nuclei tractus solitarii* i *nucleus spinalis nervi trigemini* omogućavaju uspostavljanje mnogih vitalnih refleksa moždanog stabla (gutanje, kašljanje, povraćanje i sl.). Posljedično, oštećenja ovog regiona su često smrtonosna.

Nucleus dorsalis s. posterior nervi vagi

Ovo glavno parasimpatičko (opšte visceromotorno) jedro mozga, odnosno moždanog stabla, je najduže jedro srednjeg, autonomnog stuba jedara produžene moždine.

Nucleus dorsalis s. posterior nervi vagi -TA se nalazi u predjelu pod IV moždane komore gde gradi ispuščenje nazvano *trigonum nervi vagi*. Leži spolja od jedra nervusa hipoglosusa i pruža se skoro paralelno sa njim, samo što je jedro XII živca nešto duže. Iz *nucleus dorsalis nervi vagi* potiče glavni dio preganglijskih parasimpatičkih vlakana koja u sastavu nervusa vagusa inervirše organe grudne i trbušne duplje.

Generalno gledano, parasimpatička stimulacija dovodi do povećane sekrecije žlezda i kontrakcije glatkih mišića. Specifično za nervus vagus parasimpatička stimulacija izaziva sljedeće efekte: usporava rad srca, povećava sekreciju žlezda u bronhiolama i izaziva bronhokonstrikciju, a u gastrointestinalnom traktu stimuliše sekreciju i motilitet.

Nucleus solitarius (nuclei tractus solitarii)

Nuclei tractus solitarii-TA je kompleks od 11 jedara i predstavlja se u cjelini kao viscerosenzorno jedro (*nucleus solitarius*) zajedničko za VII, XI i X moždani živac. Zbog svoje važnosti to je bitan dio centralne autonomne mreže. Njegov manji gornji dio često je označen kao *nucleus gustatorius* i predstavlja zajedničko gustativno jedro do koga stižu gustativna vlakna iz VII, IX i X živca (*n. intermedius, n. glossopharyngeus i n. vagus*).

Viscerosenzorna i gustativna vlakna nervusa glosofaringeusa i nervusa vagusa, po ulasku u produženu moždinu skreću naniže i formiraju snop bijele mase nazvan usamljeni snop (*tractus solitarius-TA*). Ovaj trakt se proteže cijelom dužinom produžene moždine, ali se sa odvajanjem kolaterala smanjuje i dajući kolaterale i završetke u *nucleus solitariusu*. Neuroni koji grade *nucleus solitarius*

okružuju ovaj put koji leži ispod dorzalnog jedra n. vagusa i pošto su odvojeni od ostalih jedara moždanog stabla nazivani su ranije usamljeno jedro (*nucleus solitarius*).

Donji kraj *nucleus solitarius* se spaja sa istoimenim jedrom suprotne strane i formira *nucleus solitarius paracommissuralis-TA*.

U *nucleus solitarius* stižu odgovarajuće senzacije iz sluzokože ždrijela, grkljana i jednjaka. Visceralna senzorna vlakna n. vagusa koja idu preko *tractus solitarius* završavaju se u kaudalnim dijelovima *nucleus solitarius*.

Ponekad se terminom **dorzalni vagalni kompleks** označava glavni viscerosenzitivni i autonomni centar produžene moždine, a njegove komponente čine *nucleus dorsalis nervi vagi*, *nucleus solitarius* i *area postrema*.

Nucleus spinalis nervi trigemini

Nucleus spinalis nervi trigemini-TA predstavlja opšte somatosenzorno jedro. Ubraja se u jedra nervusa trigeminusa, ali je ono ustvari zajedničko za V, VII, IX i X moždani živac, jer prima i somatosenzorna vlakna iz nervusa vagusa, nervusa glosofaringeusa i nervusa facijalisa. Somatosenzorna vlakna VII, IX i X živca koja prenose osjete bola, dodira i temperature u produženoj moždini grade *tractus spinalis nervi trigemini* i završavaju se u *nucleus spinalis nervi trigemini*. Vlakna koja donosi n. vagus inervišu kožu zadnjeg zida spoljašnjeg zvukovoda (*meatus acusticus externus*), zadnje strane ušne školjke (*ramus auricularis-TA*) i dio tvrde moždanice (*ramus meningeus-TA*). Aferentna vlakna nervusa vagusa koja inervišu grkljan, jednjak i donji dio ždrijela, isto kao i vlakna IX živca, ulaze u sastav *tractus spinalis nervi trigemini* i završavaju se u *nucleus spinalis nervi trigemini*.

Spinalno jedro petog moždanog živca opisano je detaljnije u dijelu o jedrima nervusa trigeminusa.

Jedra IX moždanog živca (*nuclei nervi glossopharyngei*)

Deveti kranijalni ili jezičnoždrijelni živac (*nervus glossopharyngeus*) sadrži pet komponenti, odnosno motorna, somatosenzitivna, viscerosenzitivna, gustativna i parasimpatička vlakna.

Jedra ovog živca su: *nucleus ambiguus* - motorno jedro, zajedničko za IX, X moždani živac, *nucleus salivatorius inferior-TA* - parasimpatičko jedro, *nuclei tractus solitarii-TA (nucleus solitarius)* - viscerosenzorna jedra, zajednička za VII, IX i X moždani živac i *nucleus spinalis nervi trigemini-TA* - somatosenzorno jedro, zajedničko za V, VII, IX i X moždani živac.

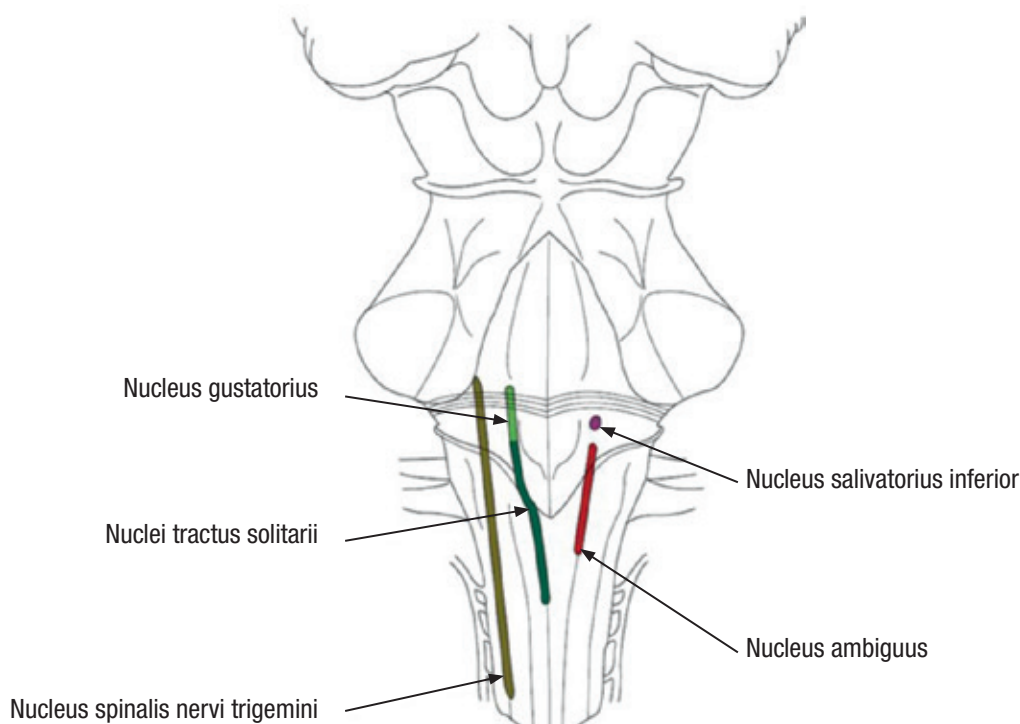
Nucleus ambiguus

Manji gornji dio ovog motornog jedra pripada jezičnoždrelnom živcu. Iz njega polaze motorna vlakna za voljnu kontrolu stilofaringealnog mišića koji podiže ždrijelo tokom gutanja i govora. Signali za voljni pokret m. stilofaringeusa iz premotorne i motorne kore stižu preko kortikonuklearnog puta i do desnog i do lijevog *nucleus ambiguusa*.

Nucleus ambiguus je najveći u svom segmentu koji pripada nervusu vagusu.

Nucleus salivatorius inferior

Ovo parasimpatičko (visceromotorno) jedro pripada samo jezičnoždrijelnom živcu. Nalazi se u autonomnom stubu jedara i to u spoljašnjem dijelu retikular-



Slika 4-6. Prikaz dorzalne strane moždanog stabla (truncus encephali) sa rasporedom jedara devetog moždanog živca (n. glossopharyngeus)

ne formacije produžene moždine, ventrolateralno od nucleus ambiguusa. Njegovi neuroni ne grade jasno ograničeno jedro vidljivo na poprečnom presjeku moždanog stabla, već mala grupa preganglijskih parasimpatičkih vlakana za parotidnu žlijezdu izlazi iz ćelija rasutih u retikularnoj formaciji rostralne medule oblongate.

Preganglijska parasimpatička komponenta ovog jedra u sastavu stabla, a zatim timpanične grane glosofaringealnog živca, namijenjena je inervaciji ipsilateralne parotidne žlezde.

Nuclei tractus solitarii (nucleus solitarius)

Nuclei tractus solitarii-TA (nucleus solitarius) je velika grupa viscerosenzornih jedara moždanog stabla. U veći donji dio ovog solitarnog kompleksa stižu i viscerosenzorna vlakna glosofaringealnog živca donoseći informacije iz karotidnog sinusa (*sinus caroticus*) i karotidnog tjelašca (*glomus caroticum*). Naime, u karotidnom sinusu su smješteni baroreceptori (receptori istezanja) koji reaguju na promjene arterijskog pritiska, a u karotidnom glomusu su hemoreceptori koji registruju promjene u krvi (posebno smanjenje parcijalnog pritiska O_2 ili povećanje sadržaja CO_2 u krvi). Ove informacije idu preko *nervus sinus carotici-TA* nervusa glosofaringeusa (ćelijska tjela su u ganglion inferiusu). Po ulasku živca u produženu moždinu ova vlakna ulaze u sastav tractus solitariusa i silaze ka kaudalnom dijelu solitarnog kompleksa jedara. *Nuclei solitarii* su povezani sa retikularnom formacijom i hipotalamusom za uskladjivanje kardiovaskularnog i respiratornog refleksnog odgovora na

promjene krvnog pritiska i srčanog udarnog volumena, kao i na promjene serumske koncentracije CO₂ i O₂.

U gornji dio solitarnog kompleksa, označen kao *nucleus gustatorius*, gustativnim vlaknima n. glossofaringeusa stižu informacije o ukusima iz zadnje trećine dorzuma jezika (*papillae vallatae* i *papillae foliatae*). Periferni produžeci odlaze u ganglion inferius nervusa glossofaringeusa gdje se nalaze tijela neurona I, a centralni produžeci ovih neurona po ulasku u medulu oblongatu se uključuju u tractus solitarius i grade sinapse u nucleus gustatoriusu, gdje su tjela neurona II gustativnog puta. Gustativna vlakna VII i X živca takođe idu ascendentno u sastavu tractus solitariusa i grade sinapse u ovom dijelu solitarnog kompleksa jedara.

Nucleus spinalis nervi trigemini

Ovo somatosenzorno jedro nervusa glossofaringeusa je zajedničko još i za V, VII, IX i X moždani živac. Vlakna devetog moždanog živca nose opšte senzorne informacije (bol, temperatura, dodir) iz kože spoljašnjeg uha (*ramus communicans cum ramo auricularis nervi vagi-TA*), unutrašnje strane membrane timpani (*n. tympanicus-TA*), zidova gornjeg dijela ždrijela i zadnje trećine dorzalne strane jezika (*rr. pharyngei-TA*). Ova vlakna prolaze kroz tractus spinalis nervi trigemini i grade sinapse u donjem djelu (*pars caudalis*) spinalnog jedra n. trigeminusa. Navedena vlakna su centralni produžeci neurona I, a u pars caudalisu su tjela neurona II senzornih trigeminotalamičkih puteva.

Somatosenzorna vlakna su aferentni krak faringealnog refleksa (engl. -«gag reflex») – pri čemu dodir zadnjeg zida ždrijela stvara jedan za pacijenta neprijatan osećaj mučnine. Eferentni signal za muskulaturu ždrijela ide preko motornih vlakana n. vagusa za *plexus pharyngeus*, uključujući i motorna vlakna X i IX živca. Neprijatan ukus neke hrane i osjećaj dodira u zadnjem dijelu grla mogu biti okidač za nastanak faringealnog ili «gag» refleksa.

Jedra VIII moždanog živca (*nuclei nervi vestibulocochlearis*)

Jedra osmog moždanog živca (**n. vestibulocochlearis**) su dva akustička (*nuclei acustici-TA;s. nuclei cochleares*) i četiri vestibularna (*nuclei vestibulares*). Leže u oblasti recessus lateralis IV moždane komore, ispod *area vestibularis* i tuberculum acusticum rombaste jame, odnosno na prelazu produžene moždine u moždani most (pons).

Akustička (ili kohlearna) jedra - nucleus cochlearis anterior s. ventralis -TA i nucleus cochlearis posterior. dorsalis -TA - prouzrokuju tuberculum acusticum bočnog ugla rombaste jame, pri čemu je *nucleus cochlearis anterior* ventralno i nešto upolje od dorzalnog. Kohlearna jedra leže na dorzalnoj i ventralnoj ivici pedunculus cerebellaris inferiora, na spoju produžene moždine i moždanog mosta.

U akustičkim jedrima se najvećim djelom završavaju vlakna koja su u sastavu *nervosa cochlearisa*. Ovaj živac je u stvari periferni neuron (neuron I) akustičkog puta i grade ga aksoni neurona *ganglion cochleare-TA* (ili ganglion spirale-Corti) i po ulasku u moždano stablo njegova vlakna daju po jednu kolateralu i za prednje i za zadnje kohlearno jedro. Svako kohlearno (akustičko) jedro ima kompletnu reprezentaciju kohleje (topotonska organizacija) i takva organizacija je očuvana duž čitavog akustičkog puta.

Iz kohlearnih jedara polaze centralni neuroni (neuron II) akustičkog puta u vidu snopova vlakana koji se često nazivaju akustičke strije. Putevi aksutičkih strija ili snopova različiti su i obično se opisuju tri akustička snopa (strije), prednji (*stria cochlearis anterior-TA*), srednji (*stria cochlearis intermedia-TA*) i zadnji (*stria cochlearis posterior-TA*). **Prednji snop** potiče iz prednjeg dijela *nucleus cochlearis posteriora* i ubrzo se spaja sa vlaknima iz *nucleus cochlearis anteriora*. Iz *nucleus cochlearis anterior* vlakna idu dublje ispod poda četvrte moždane komore, prelaze *raphe* moždanog stabla ispred fasciculus longitudinalis posterior (dorsalisa) i završavaju se dijelom u *complexus olivaris superior-TA*, dok veći dio ovih vlakana u ponsu gradi *corpus trapezoideum-TA* i nastavlja u sastavu kontralateralnog *lemniscus lateralis*. Za **srednji snop** (strija) neki autori tvrde da polazi iz dijela zadnjeg kohlearnog jedra. **Zadnji snop** (*stria cochlearis posterior-TA*) gradi poprečne vidljive pruge *-striae acusticae ventriculi quarti* na podu IV komore. Naime, ovaj snop izlazi iz zadnjeg dijela dorzalnog kohlearnog jedra, pruža se dorzalnom stranom pedunculus cerebellaris inferiora, pa poprečno preko poda četvrte komore (*striae acusticae*) dolazi do srednje linije produžene moždine (*raphe medullae oblongatae*). U srednjoj liniji (*raphe*-šav) vlakna se ukrštaju, idu u *complexus olivaris superior-TA*, gde produžavaju vlaknima *corpus trapezoideuma* i grade *lemniscus lateralis*. Treba naglasiti da se u predjelu poda rombaste jame ustvari zajedno pružaju dva sistema vlakana - *striae medullares ventriculi quarti -TA* (iz *nc. arcuatusa*) i *striae cochleares-TA*.

Vestibularna jedra (*Nuclei vestibulares*)

Vestibularna jedra (*nuclei vestibulares -TA*), za koje je dosad opisivano da ih ima četiri, grade vestibularni kompleks jedara i predstavljaju mjesto završetka vlakana *nervus vestibularis*. Ovaj živac je izgrađen od aksona koji grade periferni neuron (neuron I) vestibularnog puta. Kada uđu u region vestibularnog kompleksa jedara, vlakna nervusa vestibularis se podijele u ushodni i nishodni (veći) krak. Vestibularni kompleks jedara je jedna od najvećih struktura u moždanom stablu i pruža se od gornjeg pola glavnog trigeminalnog jedra do gornjeg pola *nucleus gracilis*. U *novoj -TA(terminologia anatomica)* se kao *nuclei vestibulares* opisuju *Nucleus vestibularis inferior*, *Nucleus vestibularis medialis* sa svoja dva dijela (*Pars magnocellularis* i *Pars parvocellularis*) i *Nucleus marginalis corporis restiformis -TA*.

Nuclei vestibulares su grupisani u dva ćelijska stuba približno iste dužine, spoljašnji i unutrašnji.

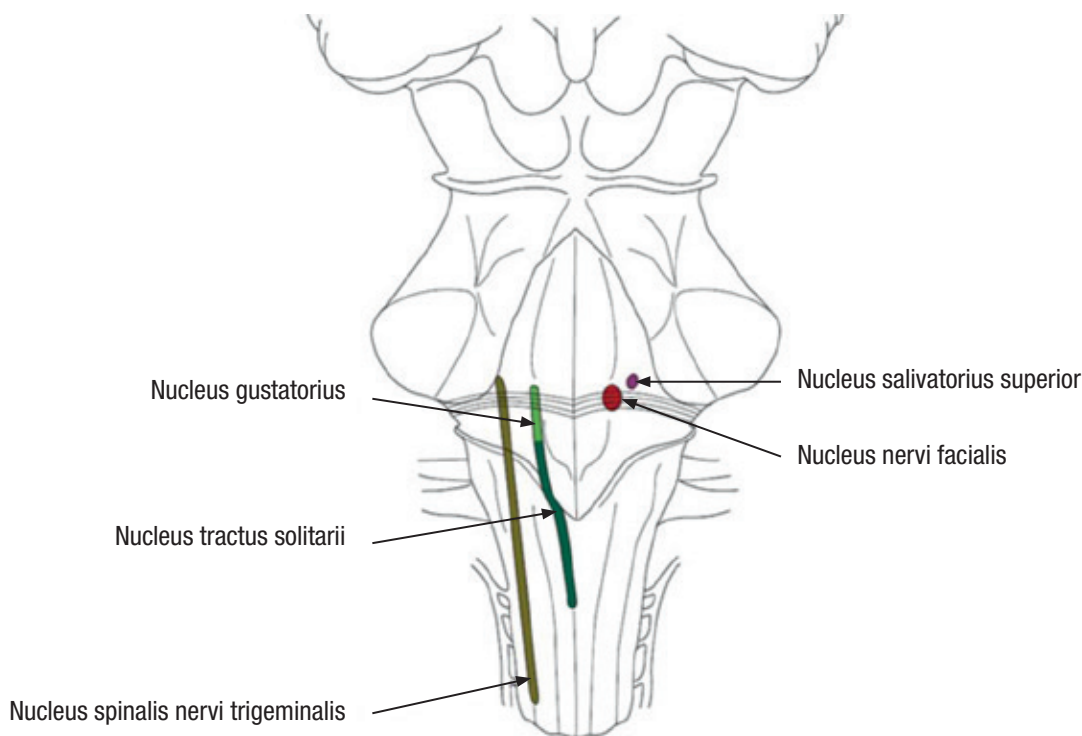
Unutrašnji stub čini vrlo veliko i dugačko jedro *nucleus vestibularis medialis -TA*, koje se naziva i glavno vestibularno jedro. Ovo najveće jedro vestibularnog kompleksa pripada i moždanom mostu i produženoj moždini i leži ispod spoljašnjeg dijela rombaste jame (*area vestibularis-TA*). U spoljašnjem stubu su ostala vestibularna jedra.

U vestibularna jedra dolaze aksoni neurona 1 vestibularnog puta, a sama jedra grade neuroni 2 vestibularnog puta čiji su aksoni usmjereni u više pravaca- prema fasciculus longitudinalis medialis-u, prema *nucleus fastigii*, zatim kao *tractus vestibulospinalis* i prema jedrima talamusa.

Jedra VII moždanog živca (*nuclei nervi facialis*)

Živac lica (*nervus facialis*) ili sedmi moždani živac sadrži četiri komponente: somatomotorna, parasimpatička, somatosenzorna i gustativna vlakna. Njegovo glavno stablo, odnosno najveći dio facijalnog živca čine motorna vlakna i u početnom dijelu se označava kao *radix motoria-TA*. Ostale tri komponente omotane jasnim fascijalnim omotačem i odvojene od glavnih motornih vlakana zajedno su označene kao *nervus intermedius-TA* (VII bis). Kao praktično najvažnija funkcija facijalnog živca je motorna inervacija mišića glave, prije svega lica, i platizme. *Nervus facialis* inervira strukture koje embrionalno potiču od II ždrijelnog (škržnog luka).

Jedra živca lica nerva nalaze se u tegmentumu ponsa, a samo se somatosenzorno jedro (*nucleus spinalis nervi trigemini-TA*) pruža naniže do C2 segmenta kičmene moždine. Jedra facijalnog nerva su: *nucleus nervi facialis-TA* - motorno jedro, *nucleus salivatorius superior-TA* (uključujući njegov gornji dio- *nucleus lacrimalis*) - parasimpatičko jedro, *nuclei tractus solitarii-TA* (*nucleus solitarius*), koji čini samo gornji dio ovog kompleksa nazvan *nucleus gustatorius* – gustativno jedro, zajedničko za VII, IX i X moždani živac, i *nucleus spinalis nervi trigemini-TA* - somatosenzorno jedro, zajedničko za V, VII, IX i X moždani živac.



Slika 4-7. Prikaz dorzalne strane moždanog stabla (*truncus encephali*) sa rasporedom jedara sedmog moždanog živca (*n. facialis*)

Nucleus nervi facialis

Nucleus nervi facialis-TA, motorno jedro sedmog moždanog živca, sastavljeno od tipičnih velikih multipolarnih motoneurona, leži ispod eminentiae medialis u tegmentumu ponsa ventrolateralno od jedra nervusa abducensa. Iz ovog

jedra polaze eferentna vlakna za inervaciju mimičnih mišića lica i platizme, zatim za *m. digastricus* (zadnji trbuh) i *m. stylohyoideus*, kao i za najmanji poprečno-prugasti mišić čovječijeg tijela – *m. stapedius*.

Čitavom dužinom, od spoja ponsa i produžene moždine do iznad donjeg pola *nc. n. abducentis* ovo jedro leži ventromedijalno od *tractus spinalis nervi trigemini*.

Iz motornog jedra facijalnog živca polaze vlakna koja obilazeći oko jedra nervusa *abducens* grade unutrašnje koljeno (*genu nervi facialis*) nervusa *facialis*, uzdižući *colliculus facialis* rombaste jame. Glavno stablo nervusa *facialis* (*radix motoria* ili *n. facialis* u užem smislu - VII živac) kao i njegov nervus *intermedius* (VIIbis), pojavljuju se u predjelu *sulcus bulbopontinus-TA* (*fossa postpontina*).

Nucleus salivatorius superior

Gornje pljuvačno jedro (*Nucleus salivatorius superior-TA*) sa svojim dijelom zvanim - *nucleus lacrimalis*, smješteno je spolja od motornog jedra nervusa *facialis* i daje parasimpatička vlakna za *nervus petrosus major* i hordu timpani. Parasimpatička vlakna koja ulaze u sastav *chordae tympani* inervišu podjezičnu i podviličnu pljuvačnu žlezdu, a ona u sastavu *n. petrosus majora* inervišu suznu žlezdu, kao i nosne, nepčane i obrazne pljuvačne žlezde.

Nuclei tractus solitarii

Samo gornji dio solitarnog kompleksa jedara (*nuclei tractus solitarii*), koji se naziva i *nucleus gustatorius*, je zajednički za VII, IX i X živac, i u slučaju nervusa *facialis* prima preko *chordae tympani* gustativna vlakna iz pećurkastih papila jezika (*papilae fungiformes*; područje prednje 2/3 dorzuma jezika).

Nucleus spinalis nervi trigemini

Ovo somatosenzorno jedro je ustvari zajedničko jedro za V, VII, IX i X moždani živac. U *nucleus spinalis nervi trigemini* preko sedmog moždanog živca stižu senzacije iz kože ušne školjke (*concha auricularae*) i iz malog polja iza uha (*r. auricularis-TA* ili *n. auricularis posterior*).

Jedro VI moždanog živca (*nucleus nervi abducentis*)

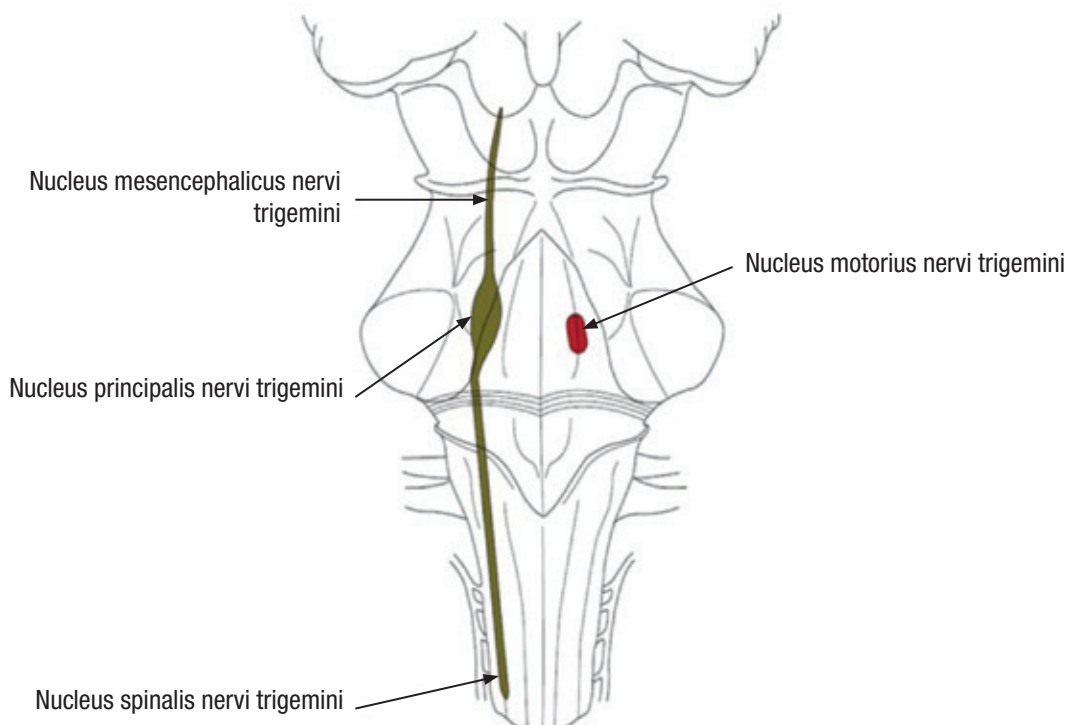
Nucleus nervi abducentis-TA je motorno jedro za inervaciju *m. rectus lateralis*. Leži u tegmentumu ponsa neposredno uz srednju liniju, ispod *colliculus facialis-TA* rombaste jame (*fossa rhomboidea-TA*). Ovo ispupčenje odgovara unutrašnjem koljenu nervusa *facialis* koji tu obilazi oko jedra VI živca. Jedro *n. abducens* je funkcionalno povezano sa centrom za horizontalni pogled (*nucleus paraabducentis*) koji leži u paramedijanoj pontinskoj retikularnoj formaciji (PPRF).

Jedra V moždanog živca (*nuclei nervi trigemini*)

Trograni živac (*nervus trigeminus -TA*) je veliki moždani živac koji ima 4 jedra i to su: *nucleus motorius nervi trigemini-TA*, *nucleus principalis nervi trigemini-TA* (*nucleus sensorius superior*), *nucleus mesencephalicus nervi trigemini-TA* i *nucleus spinalis nervi trigemini-TA*.

Trograni živac ili peti moždani nerv se zajedno sa trigeminalnim ganglionom i njegovim granama, jedrima i putevima od ovih jedara do talamusa, pa i do moždane kore, često zajedno opisuju kao **trigeminalni sistem**. Klinički značaj ovog sistema je veliki kako u dijagnostici, tako i u hirurškim i stomato-

loškim intervencijama, a smatra se da su neka bolna stanja specifična upravo za trigeminalni sistem (trigeminalna neuralgija, migrena, itd.).



Slika 4-8. Prikaz dorzalne strane moždanog stabla (truncus encephali) sa rasporedom jedara petog moždanog živca (n. trigeminus)

U ponsu leže najveća jedra nervusa trigeminusa- *nucleus motorius nervi trigemini-TA* (*nucleus masticatorius*) i *nucleus principalis nervi trigemini-TA* (*nucleus sensorius superior*).

Nucleus motorius nervi trigemini –TA je somatomotorno jedro u nivou izlaska motornog korjena n. trigeminusa i inervirše mišiće koji potiču od prvog ždrijelnog (škržnog) luka - mastikatorne mišiće, kao i *m. tensor tympani*, *m. tensor velli palatini*, *m. mylohyoideus* i *m. digastricus* (prednji trbuh). Neuronu ovog jedra i njihovi aksoni (vlakna) dio su refleksnog luka klinički značajnog refleksa masetera. U blizini ovog jedra u ponsu je i centar za zagrižaj i žvakanje.

Somatosenzorna (somatosenzitivna) jedra grade najduži ćelijski stub od svih senzornih jedara moždanog stabla, od rostralnog dijela mezencefalona do vratnog nivoa (C2) kičmene moždine.

Glavno senzorno jedro (nucleus principalis-TA s. nucleus sensorius superior) n. trigeminusa je najveće, leži u srednjoj trećini ponsa, pored motornog trigeminalnog jedra i ispod area vestibularis (s. acustica) rombaste jame. U ovom jedru nervusa trigeminusa se pretežno završavaju ona vlakna neurona gangliona trigeminale (i njegovog *radix sensoria-TA*) koja prenose osjete taktilnog senzibiliteta lica. Neukršteni *tractus trigeminothalamicus posterior* polazi iz nucleus principalisa n. trigeminusa i leži dorzomedijalno od lemniskus medijalisa. Većina senzitivnih vlakana n. trigeminusa po ulasku u produženu moždinu račva se

na jednu kratku granu, koja se završava u njegovom glavnom jedru, i na dugu silaznu granu, koja ulazi u *tractus spinalis n. trigemini*.

Kičmeno jedro *nervusa trigeminusa* (**nucleus spinalis nervi trigemini-TA**) je jedro zajedničko za n. V, VII, IX i X. Kičmeno jedro n. trigeminusa (*nucleus spinalis nervi trigemini-TA*) je jedino od jedara *nervusa trigeminusa* koje je smješteno u produženoj moždini, ali se pruža od granice između donje i srednje trećine ponsa naniže do C2 segmenta kičmene moždine. Ovo jedro po građi i funkciji odgovara želatinoznoj supstanci (*substantia gelatinosa*) zadnjih rogova kičmene moždine i predstavlja njen neposredni produžetak.

Idući odozgo naniže *nucleus spinalis nervi trigemini-TA* se može podijeliti na tri dijela- *pars oralis-TA* –(prima taktilne draži iz sluzokože usta), *subnucleus interpolaris-TA* (prima bolne senzacije iz zuba) i *subnucleus caudalis-TA* (dobija osjete bola i temperature iz područja glave, pri čemu bi osjeti bola iz predjela usta i zuba bili usmjereni i u *subnucleus caudalis*).

Dakle *nucleus spinalis nervi trigemini* u cjelini obrađuje eksteroreceptivne impulse iz orofacijalnog regiona. Naime somatosenzorna vlakna koja prenose osjete bola, grubog dodira i temperature, ne samo preko *nervusa trigeminusa*, već i *nervusa facialisa*, *nervusa glossopharyngeusa* i *nervusa vagusa*, ulaze u uzdužni snop vlakana koji se naziva *tractus spinalis nervi trigemini*. U *nucleus spinalis nervi trigemini* čovjeka se završavaju vlakna koja prenose bol iz ipsilateralne oblasti lica.

Trigeminalna neuralgija (tic dolourex) predstavlja kratke i vrlo snažne napade bola u jednoj od zona senzitivne inervacije grana n. trigeminusa.

Nucleus mesencephalicus nervi trigemini-TA je izgrađeno iz grupa krupnih ovalnih neurona koji odgovaraju perifernim neuronima kičmenih gangliona, odnosno izgleda kao da su pseudounipolarni neuroni «utopljeni» u tkivo mezencefalona. Mezencefalično trigeminalno jedro prima proprioceptivne impulse dubokog senzibiliteta glave (iz mastikatornih mišića, spoljašnjih mišića očne jabučice, tvrdog nepca, desni i zuba), a iz njega polaze aksoni (neuron 2) koji pripadaju trigeminotalamičkim putevima (*tractus trigeminothalamicus anterior-TA*).

Ovaj dio trigeminalnog sistema je izuzetno bitan u procesima zagrižaja i žvakanja, jer se ove funkcije tokom uzimanja hrane koja može biti veoma različite konzistencije, izvode izuzetno precizno, koordinisano i bez oštećenja do kojih bi veoma lako moglo doći pri dejstvu snažnih mastikatornih mišića.

Neki od njegovih neurona daju kolaterale za *nucleus motorius n. trigemini*, čime ostvaruju anatomsku osnovu refleksa m. *massetera*, a dio impulsa iz ovog jedra usmjeren je i ka *nucleus supratrigeminalis*.

U mezencefalonu su jedra trohlearnog (N. IV) i okulomotornog živca (N. III).

Jedro IV moždanog živca (*nucleus nervi trochlearis -TA*)

Nucleus nervi trochlearis -TA je opšte somatomotorno jedro za inervaciju m. *obliquus superiora* sa suprotne strane. Jedro ovog nerva se nalazi smješteno u periakveduktalnoj sivoj masi u visini donjih kvržica (*colliculus inferior-TA*) mezencefalona. Naime, vlakna porijeklom iz ovog jedra (alfa motoneuroni) se ukrštaju unutar mezencefalona i izlaze sa dorzalne strane srednjeg mozga. N. trochlearis je jedini moždani živac koji izlazi na zadnjoj strani moždanog stabla.

Jedra III moždanog živca (*nuclei nervi oculomotorii*)

Jedra nervusa oculomotoriusa su dva: *nucleus nervi oculomotorii-TA* - **somatomotorno** jedro za inervaciju većine mišića očne jabučice i *nuclei accesorii nervi oculomotorii-TA* - **parasimpatičko** jedro. Ova jedra se nalaze u periakveduktnoj sivoj masi u visini gornjih kvržica mezencefalona (*colliculus superior-TA*).

Aksoni motornih neurona iz *nucleus nervi oculomotorii-TA* polaze iz multipolarnih alfa motoneurone koji inervišu *m. rectus superior*, *m. rectus inferior*, *m. rectus medialis*, *m. obliquus inferior* i *m. levator palpebrae superioris*.

Među *nuclei accesorii nervi oculomotorii-TA* najvažniji su **nuclei autonomici** (Westfal-Edinger), **parasimpatička** jedra za inervaciju *m. ciliarisa* (96% vlakana) i *m. sphinctera pupillae* (4% vlakana).

Veze između ovih i drugih sivih masa značajnih za pokrete očiju su također dio vizuelnog motornog sistema i velikim dijelom se ostvaruju preko fasciculus longitudinalis medialis (FLM).

Vlakna porijeklom iz jedara ovog živca izlaze na ventralnu stranu mezencefalona u žlijebu *-sulcus nervi oculomotorii-TA* u području interpedunkularne jame.

Refleks zjenice na svjetlost

Refleks zjenice na svjetlost kontroliše količinu svjetlosti koja ulazi u očnu jabučicu. U slučaju povećanja količine svjetlosti koja stiže u oko dolazi do refleksnog sužavanja zjenice (refleks zjenice na svjetlost). U suprotnom slučaju smanjenja količine svjetlosti javlja se refleks širenja zjenice.

Refleks sužavanja zjenice

Osvjetljavanje retine dovodi do refleksnog sužavanja zjenice (*miosis*), kao posljedica kontrakcije *m. sphinctera pupillae*. Suženje zjenice se javlja na osvetljenom oku (direktna reakcija), ali se uporedo javlja i na neosvetljenom oku i taj odgovor nestimulisanog oka naziva se **kosenzualna reakcija na svjetlost**.

Kao i kod drugih refleksa, refleksni luk (put) ovog refleksa ima aferentni (dovodni) krak, refleksni centar i eferentni (odvodni) krak prema efektoru. Refleksni luk ovog refleksa zjenice na svjetlost funkcioniše na sljedeći način: Osvjetljavanje retine dovodi do aktivacije fotoreceptora i potom retinalnih neurona. Vlakna *stratum ganglionare n. optici*, čiji aksoni grade *nervus i tractus opticus* predstavljaju **dovodni krak** ovog refleksnog luka koji se završava bilateralno u pretektalnim jedrima (*nuclei pretectales*), mezencefalona koja su **centar** refleksa zjenice na svjetlost. Iz pretektalnih jedara vlakna odlaze u parasimpatičko jedro *-nucleus accessorius n. oculomotorii* (Edinger-Westphal), a istovremeno i preko zadnje komisure (*commissura posterior-TA*) u kontralateralna pretektalna jedra. **Odvodni krak** refleksnog luka predstavljaju preganglijska parasimpatička vlakna iz *nuclei accesorii nervi oculomotorii* koja odlaze do *ganglionum ciliarum*. Ova vlakna se završavaju i imaju sinapsu („prekidaju se“) u *ganglionum ciliarum* iz koga postganglijska parasimpatička vlakna preko *nn. ciliares breves* odlaze u očnu jabučicu za *m. sphincter pupillae*.

Refleks širenja zjenice

Kod smanjenja osvetljenosti retine dolazi do širenja zjenice oka (*mydriasis*) što je posljedica kontrakcije *m. dilatator pupillae*. Ovo kontroliše simpatikus (simpatički dio autonomnog nervnog sistema). Proširene zjenice mogu postojati i kod povišene opšte aktivnosti simpatikusa.

Put ovog refleksa sastoji se od sljedećih struktura: **Dovodni krak** su opet aksoni iz retine (*stratum ganglionare nervi optici*), koji grade *n. opticus* i *tractus opticus*, kojima se informacije prenose do **refleksnog centra** u sivoj masi gornjih kolikulusa (*strata grisea colliculu superioris*) mezencefalona. Refleksni neuroni ovog refleksnog centra (gornji kolikulusi) grade silazni put, *tractus tectospinalis*, koji se završava u *centrum ciliospinale-TA* (Budge) kičmene moždine. Ovaj simpatički centar za *m. dilatator pupillae* smješten je u intermediolateralnoj sivoj masi kičmene moždine u C8-T1 segmentu. Od njegovih opštih visceromotornih neurona polaze preganglijska simpatička vlakna do istostranog gornjeg vratnog ganglionna simpatičkog stabla (*ganglion cervicale superius-TA*). Postganglijska simpatička vlakna iz gornjeg vratnog ganglionna ulaze u sastav simpatičkog, prvo *n. caroticus internusa*, pa perivaskularnog karotidnog spleta (*plexus caroticus internus-TA*). Ova vlakna kao simpatički korjen *ganglionna ciliare* prolaze kroz ovaj ganglion bez prekidanja i dopijevaju do *m. dilatatora pupillae*.

Refleks akomodacije

Za jasno viđenje predmeta neophodno je prilagođavanje (akomodacija) optičkog sistema oka za gledanje bliskih predmeta. Tada dolazi do konvergencije očnih jabučica, očno sočivo postaje konveksnije (povećava se njegova prelomna moć) i uporedo sa tim dolazi do suženja zjenice oka. Akomodacija oka je refleksna radnja koja započinje svjesnom fiksacijom posmatranog predmeta (fokusiranje pogleda). Informacije iz optičkog sistema dolaze do vizuelnog korteksa (potiljačni režanj) što ne predstavlja aferentni krak refleksa u uobičajenom značenju, već vizuelne oblasti kore procjenjuju jasnoću lika predmeta na *fovei centralis retinae*.

Neuronski put akomodacije oka funkcioniše na sljedeći način: Vidna informacija dolazi do primarne vidne kore (*area striata*) okcipitalnog režnja. Iz primarne vizuelne kore informacije dolaze do asocijacione vidne kore (area 19). Iz asocijacione vidne kore vlakna preko kortikotektalnog puta dolaze do pretektalnih jedara i sive mase *colliculus superiora* u mezencefalonu. Zatim se vlakna iz gornjih kolikulusa i pretektalnih jedara završavaju u okulomotornom kompleksu jedara mezencefalona. Iz ovog kompleksa polaze vlakna koja ulaze u sastav *n. oculomotoriusa*, i to kao preganglijska parasimpatička vlakna za *m. sphincter pupillae*, i preganglijska parasimpatička vlakna za *m. ciliaris*. Preganglijska parasimpatička vlakna (i za *m. sphincter pupillae* i za *m. ciliaris*) se završavaju i imaju sinapsu („prekidaju se“) u *ganglionu ciliare*, iz koga postganglijska vlakna preko *nn. ciliares breves* odlaze u očnu jabučicu.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Oštećenje XII moždanog živca - nervusa hypoglossusa (lezija donjeg motoneurona) uzrokuje prvo slabost jedne strane jezika, a zatim i atrofiju njegovih mišića. Slabost se lako demonstrira kada pacijent pokaže svoj jezik (isplazi se!) pošto se tada uočava devijacija jezika prema bolesnoj, tj. oštećenoj i slaboj strani.

Oštećenje spinalnog jedra i/ili korijena ili spoljašnje grane akcesornog živca je lezija donjeg motoneurona i rezultira slabošću ili mlitavom **paralizom sternokleidomastoidnog i/ili trapeznog mišića**. Slabost sternokleidomastoidnog mišića se prikazuje u teškoći da se okrene glava, tj. lice na stranu suprotnu od strane oštećenja pomoćnog živca. Najuočljivije je kada pokušamo da okrenemo glavu pacijenta na suprotnu stranu. Slabost trapeznog mišića rezultira u spušenom ramenu i lateralnoj rotaciji lopatice na oštećenoj strani.

Oštećenje nukleus ambiguusa, tj. donjeg motoneurona u ovom jedru daće istostrano oštećenje X (kao i IX moždanog živca) koje se manifestuje promuklim, hrapavim glasom (**paraliza mišića grkljana** na oboleloj strani) i teškoćama pri gutanju. Pri pregledu meko nepce je na oboleloj strani opušteno, a uvula je devijantna na suprotnu stranu od oboljele zbog normalnog dejstva suprotnog podizača mekog nepca. Unilateralno oštećenje *n. laringeus recurrensa* može se dogoditi tokom hirurških procedura u predijelu vrata i dovodi do promuklosti usljed unilateralne slabosti ili paralize mišića koji kontrolišu rad glasnih žica na strani oštećenja.

Oštećenje IX moždanog živca. Glosofaringealni živac, osim parasimpatičkog jedra, gotovo da i nema svoja posebna jedra te zbog bliskih veza sa X i XI živcem, rijetko postoji njegova izolovana lezija. Postoji samo jedan jednostavan klinički test kojim se testira funkcija ovog živca, a to je naprijed pomenuti faringealni refleksni odgovor. Kad je u pitanju oštećenje ovog živca faringealni refleks („gag“ reflex) je odsutan.

Oštećenje motornog jedra nervusa facijalisa, tj. donjeg motoneurona, dovodi do slabosti ili potpune oduzetosti **mimičnih mišića na onoj strani lica na kojoj se nalazi i oštećenje jedra**. Isto tako lezija ovog živca u facijalnom kanalu piramide temporalne kosti ili posle izlaska kroz stilomastoidni otvor, u parotidnoj žlijezdi, daće istostranu oduzetost mimičnih mišića lica („periferni facijalis“- Belova paraliza).

Oštećenje nukleusa nervusa abducensa dovodi do potpunog ipsilateralnog **gubitka horizontalnog pogleda**. Lezija FLM dovodi do pojave internuklearne oftalmoplegije, a koja podrazumijeva usporavanje ili odsustvo adukcije ipsilateralne očne jabučice, obično udruženo sa nistagmusom.

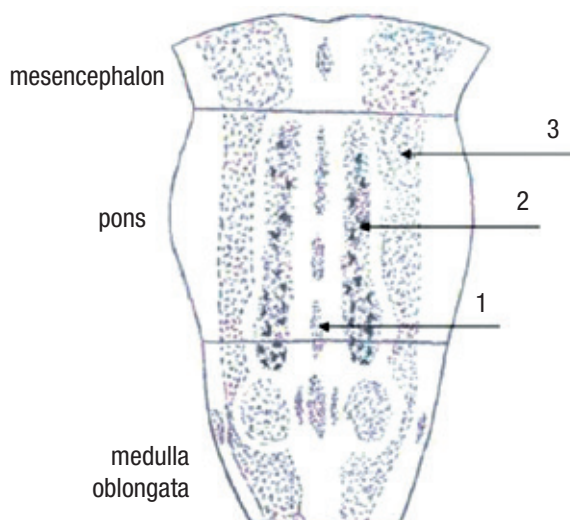
Lezije moždanog stabla povlače za sobom poremećaj niza funkcija, zavisno od obima i nivoa oštećenja. Pošto se u moždanom stablu nalaze vitalni respiratorni i kardiovaskularni centri koji su osnovni za održavanje života, neki od tih poremećaja su inkompatibilni sa životom. U produženoj moždini se integrišu složeni refleksi, koji automatski regulišu disanje, rad srca, cirkulaciju i krvni pritisak. U produženoj moždini, u njenoj retikularnoj formaciji integrišu se takođe, i refleksi gutanja, kašljanja, kivanja i povraćanja. Poremećaj gutanja može takođe biti opasan po život, što se najbolje vidi na primjeru bulbarne paralize, kod koje su oštećene motorne funkcije N. IX i N. X.

Respiratorni centar nalazi se u meduli oblongati u regionu nucleus ambiguusa i solitarnog kompleksa. Spontano ritmičko odašiljanje impulsa iz respiratornog centra odvija se pod uticajem impulsa koji dolaze od receptora osjetljivih na rastezanje (pri inspiraciji) u plućima. Sa druge strane u ponsu, u nucleus parabrachialisu je tzv. pneumotaksički centar, koji takođe učestvuje u automatskoj regulaciji disanja. Osim automatske regulacije disanja postoji i voljna kontrola, koju obavlja put koji polazi iz neokorteksa, a završava na motoneuronima koji inervišu disajnu muskulaturu.

U produženoj moždini nalazi se **kardioinhibitorni centar**, koji je lokalizovan u predjelu nucleus ambiguusa, solitarnog kompleksa i dorzalnog jedra nervusa vagusa. U ovaj centar stižu aferentni impulsi iz baroreceptora srca, receptora karotidnog sinusa i velikih krvnih sudova, ali i impulsi iz rostralnih područja mozga. Stimulacija ovo centra smanjuje frekvencu srčanih kontrakcija.

RETIKULARNA
FORMACIJAprof. dr Zlatan
Stojanović

Retikularna jedra (ili retikularna formacija) moždanog stabla predstavljaju veliki dio moždanog stabla i nalaze se u središtu tegmentuma moždanog stabla. Ova jedra predstavljaju produžetak lamine VII sive mase kičmene moždine, a rostralno se nastavljaju, preko suptalamusa (*zona incerta*), do intralaminarnih jedara talamusa. Retikularna formacija ima mrežast izgled, jer se između grupa ćelija, koje je grade (siva masa), provlače vlakna bijele mase (Slika 4-9).



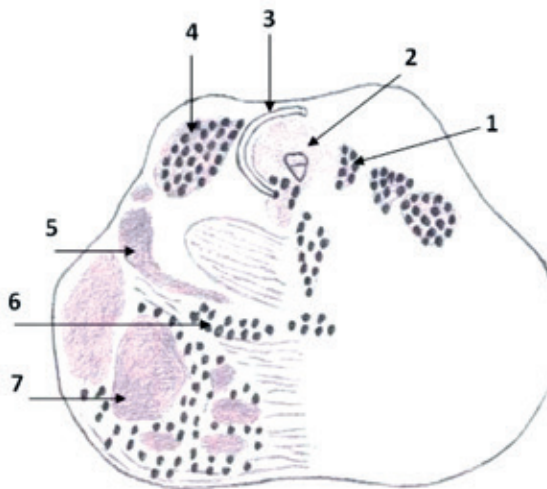
Slika 4-9. Retikularna formacija:
1. medijalna zona jedara retikularne formacije; 2. intermedijarna zona; 3. lateralna zona

Kod nižih kičmenjaka, u retikularnoj formaciji se morfološki izdvajaju tri jedra: donje (*nucleus reticularis inferior*), srednje (*nucleus reticularis medius*) i gornje (*nucleus reticularis superior*). U čovječijem mozgu razgraničenost jedara retikularne formacije je slabije izražena. U retikularnoj formaciji produžene moždine i ponsa čovjeka nalaze se: respiratorni centar, vazomotorni centar za regulisanje srčanog rada i arterijskog pritiska, centar za kašalj, centar za gutanje, za povraćanje, kao i centar za mikciju (rostralni dio dorzolateralnog ponsa: Barrington-ov nukleus *engl. pontine micturition center PMC*). Retikularna formacija mezencefalona igra važnu ulogu u cikličnom smjenjivanju budnog stanja i sna. Putem ascendentnog retikularnog aktivirajućeg sistema (ARAS) u retikularna jedra moždanog stabla stižu impulsi iz kičmene moždine i senzitivnih jedara moždanih živaca, a iz retikularnih jedara impulsi odlaze u talamus, limbički sistem i koru velikog mozga.

Retikularna formacija je povezana brojnim vezama sa različitim dijelovima centralnog nervnog sistema i uključena je u brojne njegove funkcije: putem veza sa neokorteksom učestvuje u kognitivnim funkcijama; putem veza sa limbičkim sistemom učestvuje u procesu memorisanja i ispoljava uticaj na ponašanje; preko veza sa supkortikalnim sivim masama velikog mozga i veza sa kičmenom moždinom učestvuje u regulaciji mišićnog tonusa, uspravnom stavu tijela i hodanja; preko veza sa hipotalamusom utiče na sekreciju određenih hormona, a preko veza sa jedrima moždanih živaca, smještenim u moždanom stablu, preuzima ulogu centara za regulaciju određenih funkcija (centar za disanje, vazomotorni centar i dr.).

Funkcionalno retikularna formacija moždanog stabla može se podijeliti na četiri „sprata”. Najviši sprat odgovara mezencefalonu i omogućava optičku orijentaciju u prostoru; drugi sprat u području gornjeg dijela rombaste jame reguliše primanje i pripremanje hrane (odgrizanje, žvakanje i sisanje). U srednjem spratu, koji odgovara srednjem dijelu rombaste jame, nalaze se centri za slušnu i vestibularnu orijentaciju u prostoru. U najnižem spratu nalaze se centri za prenos hrane (gutanje i povraćanje), kao i centar za disanje i cirkulaciju.

U retikularnoj formaciji moždanog stabla određene grupe nervnih ćelija sintetiziraju određene neurotransmitere i, shodno tome, formiraju određene biokemijske sisteme. Sistem koji sintetizira acetilholin lokalizovan je u rostralnom dijelu moždanog stabla (*nucleus tegmentalis pedunculopontinus* i *nucleus tegmentalis dorsalis*). Dopaminergičke grupe nervnih ćelija nalaze se u intermedijarnom dijelu tegmentuma mezencefalona (*nucleus ventralis tegmenti* – *mezolimbicki dopaminergički sistem*). Grupe neurona koje sintetiziraju noradrenalin nalaze se u produženoj moždini, ponsu i *isthmus*-u *rhombencephali*. Na dorzalnoj strani *isthmus*-a *rhombencephali* ispod modrog polja (*locus coeruleus*) nalazi se jedro *nucleus coeruleus* čiji neuroni sadrže pigment melanin i najveću koncentraciju noradrenalina u mozgu (Slika 4-10).



Slika 4-10. *Nucleus coeruleus:*

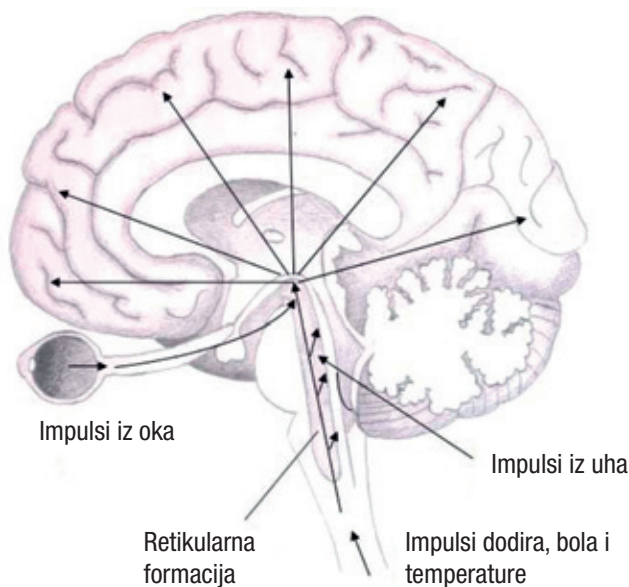
1. *nucleus coeruleus*;
2. *substantia nigra*
3. *nervus trochlearis*, 4. *colliculus inferior*;
5. *lemniscus medialis*; 6. *substantia nigra*;
7. *tr. corticospinalis*

Serotoninergetički neuroni nalaze se u medijalnoj zoni retikularne formacije moždanog stabla (*nuclei raphe*). Vlakna koja polaze iz retikularne formacije dopiru do mnogih dijelova centralnog nervnog sistema (hipotalamus, limbicki korteks i jedra, lobarni korteks i dr.), i značajno doprinose njihovom funkcionisanju.

Ascendentni retikularni aktivirajući sistem

Ascendentni retikularni aktivirajući sistem (ARAS) je fiziološki koncept baziran na fundamentalnim nalazima i istraživanjima Guiseppe-a Morruzi-a (Italija) i Horace-a Magoun-a (SAD), koji su kasnih 1940-ih godina otkrili zonu aktivacije u moždanom stablu. Uočeno je da električna stimulacija (naročito gornjeg dijela) retikularne formacije ili stimulacija spinalnih i kranijalnih senzitivnih nerava (dodir, bol, propriocepcija, temperatura) dovode do široko rasprostranjene kortikalne aktivacije. Npr. spori talasi visokog napona na elektroencefalogramu

(EEG) prisutni kod opuštenosti (relaksacije) zamjenjuju se visoko frekventnim EEG talasima nižeg napona, što se označava kao stanje pobuđenosti ili budnog odgovora (engl. *arousal*). Anatomski supstrat za kortikalnu aktivaciju ili pobuđenost je složen i u njega su pored struktura retikularne formacije uključeni i hipotalamički histaminergički sistem, kao i holinergička vlakna u *nucleus basalis Meynert* bazalnog telencefalona. Od struktura retikularne formacije moždanog stabla, od posebne važnosti je retikularni holinergički sistem sadržan u nivou pontomezencefaličke tranzitorne aree: *nucleus tegmentalis pedunculopontinus* i *nucleus tegmentalis dorsalis*. Veliki dio holinergičkih vlakana iz ovih jedara odlazi u intralaminarna jedra talamusa, a dalje se projektuju u cerebralni korteks. Ascendentni retikularni aktivirajući sistem primarno je odgovoran za svjesno stanje, što je preduslov za opažanje (percepciju), a sadržaj svijesti je refleksija kortikalne aktivnosti. Kod slabijeg funkcionisanja i smanjenja dovođenja i sprovođenja impulsa retikularnog aktivirajućeg sistema (ARAS) (Slika 4-11) nastaju poremećaji svijesti (sommelencija, sopor, koma).



Slika 4-11. Ascendentni retikularni aktivirajući sistem

Retikularna jedra moždanog stabla čovjeka

Retikularna jedra moždanog stabla grupisana su u tri zone: medijalnu (magnocelularna zona), intermedijarnu (gigantocelularna zona) i lateralnu (parvocelularnu zonu) (Slika 4-9). U medijalnoj zoni, kojoj pripadaju serotoninska jedra, nalaze se: u nivou produžene moždine – *nucleus raphae obscurus*, *nucleus raphae pallidus*, *nucleus raphae magnus* i *nuclei paramediani*; u nivou ponsa – *nucleus raphae pontis* i *nucleus centralis superior*; u nivou mezencefalona – *nucleus raphae dorsalis* (najbogatije serotoninom među jedrima medijalne zone) i *nucleus centralis superior*.

U intermedijarnoj zoni nalaze se: u produženoj moždini – *nucleus reticularis centralis s. ventralis medullae* i *nucleus reticularis gigantocellularis*; u predjelu ponsa – *nucleus reticularis gigantocellularis*, *nucleus centralis pontis caudalis* i *nucleus reticularis tegmenti pontis*; u mezencefalonu – *nucleus ventralis tegmenti*, *nucleus dorsalis tegmenti*, i *nucleus ruber* (ovo jedro predstavlja i relejni centar ekstrapira-

midalnog sistema i odgovoran je za regulisanje mišićnog tonusa i položaja tijela u miru i u toku kretanja).

U lateralnoj zoni nalaze se: u nivou produžene moždine – *nucleus reticularis lateralis* i *nucleus parvocellularis medullae*; u nivou ponsa – *nucleus parvocellularis pontis*, *nucleus pontis centralis oralis*, *nucleus tegmentalis pedunculopontinus*, *nucleus coeruleus* (sadrži najveću koncentraciju noradrenalina u mozgu i putem veza sa serotoninergičkim sistemom učestvuje u kontroli aktivnosti moždane kore i ima određenu ulogu u inhibiciji i facilitaciji senzitivnih neurona), *nucleus parabrachialis medialis et lateralis* (smatra se da oštećenje parabrahijalnih jedara može da dovede do poremećaja svijesti, npr. poremećaji orijentacije kod Alzheimerove bolesti uključuju oštećenja u ovoj regiji); u nivou mezencefalona – *nucleus cuneiformis*, *nucleus tegmentalis pedunculopontinus*, *nucleus subcuneiformis*, *nucleus ruber*, *nucleus coeruleus* i *nucleus parabrachialis lateralis*.

Nucleus ruber predstavlja dugo cilindrično jedro retikularne formacije koje svojim rostralnim dijelom zalazi u suptalamus. Njegov kaudalni dio leži u nivou gornjih kvržica srednjeg mozga (*colliculus superior*), a rostralni dio dopire do *corpora mammillaria* hipotalamusa. Ovo jedro je široko oko 5 mm te se nalazi u intermedijarnoj i lateralnoj zoni retikularne formacije moždanog stabla. Kroz kaudalni dio ovog jedra prolaze radikularna vlakna okulomotorijusa, a kroz rostralni dio vlakna *tractus-a habenulointerpeduncularisa-a*. S obzirom na izgled ćelija, jedro ima dva dijela. *Pars magnocellularis* je kod čovjeka slabo razvijen i zauzima ventrokaudalni dio ovog jedra (*paleorubrum*). Iz ovog dijela polazi *tractus rubrospinalis*. *Tractus rubrospinalis* po izlasku iz *nucleus-a ruber* ukršta se ventromedijalno od jedra (*decussatio ventralis tegmenti – Forel*), prolazi kroz intermedijarni dio retikularne formacije ponsa i produžene moždine, a zatim kroz lateralni snop kičmene moždine (*funiculus dorsolateralis*) i završava se u prednjim (motornim) stubovima vratnog segmenta kičmene moždine. *Pars parvocellularis (neorubrum)* zauzima dorzokranijalni dio jedra. Iz njega polazi dio vlakana *tractus-a tegmentalis-a centralis-a (tractus rubroolivaris)*. Iz *nucleus-a ruber-a* polaze i vlakna za *cerebellum*, retikularnu formaciju moždanog mosta i produžene moždine i vlakna za jedra kranijalnih nerava (*nucleus principalis s. pontinus nervi trigemini*, *nucleus motorius nervi facialis*, *nucleus accessorius nervi oculomotorii*). Aferentna vlakna u *nucleus ruber* dolaze iz malog mozga, motornih polja velikog mozga (primarno motorno, premotorno i suplementarno motorno polje) i *globus-a pallidus-a*.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Lezije moždanog stabla povlače za sobom poremećaj niza funkcija. Neki od tih poremećaja su inkompatibilni sa životom, jer se na nivou moždanog stabla integrišu refleksne reakcije i instinkti vezani za održavanje života (vitalni centri). Na nivou moždanog stabla organizuju se i osnovni obrasci motornog ponašanja, koji dobijaju svoju preciznost i cjelishodnost pomoću veza moždanog stabla sa malim mozgom i višim strukturama centralnog nervnog sistema.

U produženoj moždini se integrišu složeni refleksi, koji automatski regulišu disanje, rad srca, cirkulaciju i krvni pritisak. Respiratorni centar nalazi se u meduli oblongati u regionu *nucleus-a ambiguus-a* i *nucleus-a tractus solitarii*. Spontano ritmičko odašiljanje impulsa iz respiratornog centra odvija se pod uticajem impulsa koji dolaze od receptora u plućima i centara u ponsu. U plućnom

parenhimu nalaze se receptori, osjetljivi na rastezanje (pri inspiraciji) i oni su preko aferentnih vlakana vagusa povezani sa respiratornim centrom produžene moždine. Sa druge strane, u ponsu, u *nucleus-u parabrachialis-u*, nalazi se pneumotaksični centar, koji takođe učestvuje u automatskoj regulaciji disanja. Osim automatske regulacije disanja, postoji i voljna kontrola disanja, koju obavlja put koji polazi iz neokorteksa, a završava u motoneuronima koji inervišu disajnu muskulaturu (prečaga i akcesorna respiratorna muskulatura). Na respiraciju utiču bol i emocionalni stimuli, pri čemu iz hipotalamusa i limbičkog sistema polaze eferentni impulsi koji odlaze u moždane strukture koje regulišu respiraciju. Kod oštećenja produžene moždine i u izvjesnim patološkim stanjima prestaje automatska regulacija disanja, a funkcija disanja privremeno ostaje nepromijenjena, jer je preuzima voljno disanje. Međutim, ovaj mehanizam je kratkog trajanja i brzo se iscrpljuje.

U produženoj moždini nalazi se kardioinhibicijski centar, koji je lokalizovan u *nucleus-u ambiguus-u*, *nucleus-u tractus solitarii* i dorzalnom jedru vagusa. U ovaj centar stižu aferentni impulsi iz baroreceptora u srcu i velikim krvnim sudovima, ali i impulsi iz rostralnih područja mozga. Stimulacija ovog centra smanjuje frekvencu srčanih kontrakcija. U toku uzbuđenja i drugih emocionalnih stanja javlja se tahikardija, koja nastaje kao posljedica povećanog pražnjenja simpatičkih nervnih vlakana u srcu. U produženoj moždini, u njoj retikularnoj formaciji, integrišu se, takođe, i refleksi gutanja, kašljanja, kihanja i povraćanja.

Iz retikularne formacije, naročito gornjeg dijela ponsa i mezencefalona, polaze brojna vlakna ascendentnog retikularnog aktivirajućeg sistema (ARAS), koja preko jedara talamusa i hipotalamusa vrše snažnu aktivaciju kore velikog mozga i limbičkih struktura, stavljajući ih u stanje budnosti i pripravnosti, održavajući kvantitativni nivo svijesti. U slučajevima povreda, zapaljenskih procesa i tumora, u navedenim područjima retikularne formacije moždanog stabla dolazi do poremećaja svijesti, od somnolencije do duboke kome i smrti. Oštećenje ARAS-a, naročito u području mezencefalona i ponsa, dovodi do pojave „akinetičkog mutizma“ i „sindroma zatvorenosti u sebi“ (engl. *locked-in syndrome*). Bolesnici sa akinetičkim mutizmom (vigilna koma) su imobilni i ne mogu da vokalizuju, ali odgovaraju na spoljašnje stimulse pokretima očiju. Kod „*locked-in*“ sindroma, pacijenti pokazuju i znake potpune svjesnosti svoje ličnosti i okoline. Ove poremećaje potrebno je diferencijalno-dijagnostički razlikovati od katatonog stupora kod shizofrenije.

Retikularna formacija moždanog stabla, koja se pruža naviše do kaudalnog dijela diencefalona, uključena je u složeni retikulo-talamo-kortikalni sistem koji reguliše spavanje. Iz središnje grupe jedara retikularne formacije moždanog stabla, *nuclei raphes* i *nucleus-a coeruleus-a*, polazi ascendentni inhibirajući put koji vrši inhibirajući uticaj na moždanu koru, izazivajući spavanje. Lezije i infarkti u srednjem i kaudalnom segmentu ponsa imaju kao jedan od simptoma i skraćeno vrijeme spavanja. Otuda se poremećaji spavanja javljaju kako kod različitih neuroloških oboljenja (kraniocerebralne traume, Huntington-ova horeja, Parkinson-ova bolest i dr.), tako i u toku različitih psihičkih poremećaja (depresija, manija, shizofrenija).

Siva masa moždanog stabla, posebno ponsa i mezencefalona, igra određenu ulogu u procesima organizacije adaptivnog ponašanja. Njihova oštećenja

i poremećaji funkcionisanja dovode do maladaptivnih obrazaca ponašanja. Povećana aktivnost mezolimbickog dopaminergičkog sistema (*nucleus ventralis tegmenti*) dovodi se u vezu sa hiperaktivnošću kod poremećaja manije kao i pojavom halucinoznih fenomena shizofrenije. Hipernoradrenergija *nucleus coeruleus*-a povezuje se sa stanjima jake anksioznosti i paničnog straha, dok sa druge strane smanjene koncentracije noradrenalina i serotonina (*nuclei raphes*) predstavlja jedan od značajnih faktora u nastanku depresije.

Decerebraciona rigidnost (izrazita spastičnost muskulature) koja nastaje kod teških lezija moždanog stabla, rijetko se javlja u praksi jer su te lezije najčešće inkompatibilne sa životom.

Najvažnije: Retikularna jedra (ili retikularna formacija) moždanog stabla predstavljaju veliki dio moždanog stabla i nalaze se u središtu tegmentuma moždanog stabla. Retikularna formacija ima mrežast izgled, jer se između grupa ćelija, koje je grade (siva masa), provlače vlakna bijele mase. Retikularna jedra moždanog stabla čovjeka grupisana su u tri zone: medijalnu, intermedijarnu i lateralnu.

U retikularnoj formaciji produžene moždine i ponsa nalaze se: respiratorni centar, vazomotorni centar za regulisanje srčanog rada i arterijskog pritiska, centar za kašalj, za gutanje, za povraćanje i za mikciju. Retikularna formacija mezecefalona igra važnu ulogu u cikličnom smjenjivanju budnog stanja i sna. Putem ascendentnog retikularnog aktivirajućeg sistema, u retikularna jedra moždanog stabla stižu impulsi iz kičmene moždine i senzitivnih jedara moždanih živaca, a iz retikularnih jedara impulsi odlaze u talamus, limbicki sistem i koru velikog mozga.

U retikularnoj formaciji moždanog stabla određene grupe nervnih ćelija sintetišu određene neurotransmitere i, shodno tome, formiraju određene biohemijske sisteme. Sistem koji sintetiše acetilholin lokalizovan je u rostralnom dijelu moždanog stabla (*nucleus tegmentalis pedunculopontinus* i *nucleus tegmentalis dorsalis*). Dopaminergičke grupe nervnih ćelija nalaze se u intermedijarnom dijelu tegmentuma mezecefalona (*nucleus ventralis tegmenti* – *mezolimbicki dopaminergički sistem*). Grupe neurona koje sintetišu noradrenalin nalaze se u produženoj moždini, ponsu i *isthmus*-u *rhombencephali*. Na dorzalnoj strani *isthmus*-a *rhombencephali* nalazi se *nucleus coeruleus*, koji sadrži najveću koncentraciju noradrenalina u mozgu. Serotoninerički neuroni nalaze se u medijalnoj zoni retikularne formacije moždanog stabla (*nuclei raphes*). Putem ovih jedara retikularna formacija moždanog stabla uključena je u regulisanje brojnih značajnih funkcija centralnog nervnog sistema čovjeka, uključujući i složene obrasce ponašanja.

Pitanja za ponavljanje gradiva (retikularna formacija)

1. Granica retikularne formacije je: a) kaudalno lamina VII kičmene moždine, a rostralno intralaminarna jedra talamusa, b) kaudalno lamina VI kičmene moždine, a rostralno prednja jedra talamusa, c) kaudalno produžena moždina, a rostralno suptalamus.
2. Sistem koji sintetiše acetilholin lokalizovan je u rostralnom dijelu moždanog stabla u: a) *nucleus tegmentalis pedunculopontinus et nucleus tegmentalis dorsalis*, b) *nuclei raphes*, c) *nucleus ventralis tegmenti*.
3. Najveću koncentraciju noradrenalina sadrži sljedeće jedro retikularne formacije: _____.
4. Serotoninerički neuroni nalaze se u medijalnoj zoni retikularne formacije moždanog stabla u kojim jedrima? _____.
5. Kod slabijeg funkcionisanja ascendentnog retikularnog aktivirajućeg sistema nastaju sljedeći kvantitativni poremećaji svijesti: _____.

RELEJNA JEDRA MOŽDANOG STABLA

prof. dr Vesna Gajanin

Relejna jedra predstavljaju dobro ograničene grupe neurona, odnosno sive mase, karakteristične za moždano stablo, a koje funkcionalno pripadaju jednom sistemu: ekstrapiramidnom, limbičkom, akustičkom ili optičkom. U ovim jedrima obrađuju se informacije i vrši se obrada impulsa npr. iz vidnog polja, diferencijacija mjesta dopiranja zvuka i slično. Ova jedra predstavljaju releje u kojima se prekidaju motorni, senzitivni i čulni putevi. U tim jedrima se, takođe, osim navedenog provođenja impulsa, vrši i obrada pristiglih impulsa, a zatim se impuls propušta dalje višim centrima u okviru određenog puta. Ova jedra uspostavljaju vezu između pojedinih dijelova centralnog nervnog sistema i predstavljaju neophodnu kariku za njihovo funkcionisanje kao cjeline.

Relejna jedra su smještena u tegmentumu moždanog stabla, izuzev lučnih jedara produžene moždine i pontinskih jedara, koja se nalaze u bazalnim dijelovima moždanog stabla.

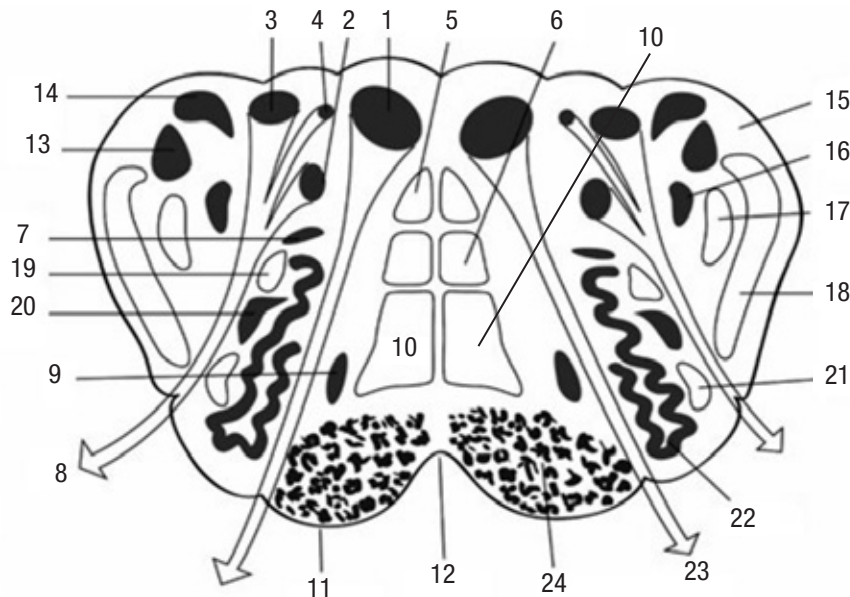
Relejna jedra se dijele na relejna jedra produžene moždine, moždanog mosta i srednjeg mozga

Relejna jedra
produžene moždine
su:

- *Nucleus gracilis*, *nucleus cuneatus*, *nucleus cuneatus accessorius* i jedra donjeg olivarnog kompleksa;
- *Nuclei arcuati*;
- Perihipoglosna jedra: *nucleus intercalatus*, *nucleus Roller*, *nucleus prepositus*;

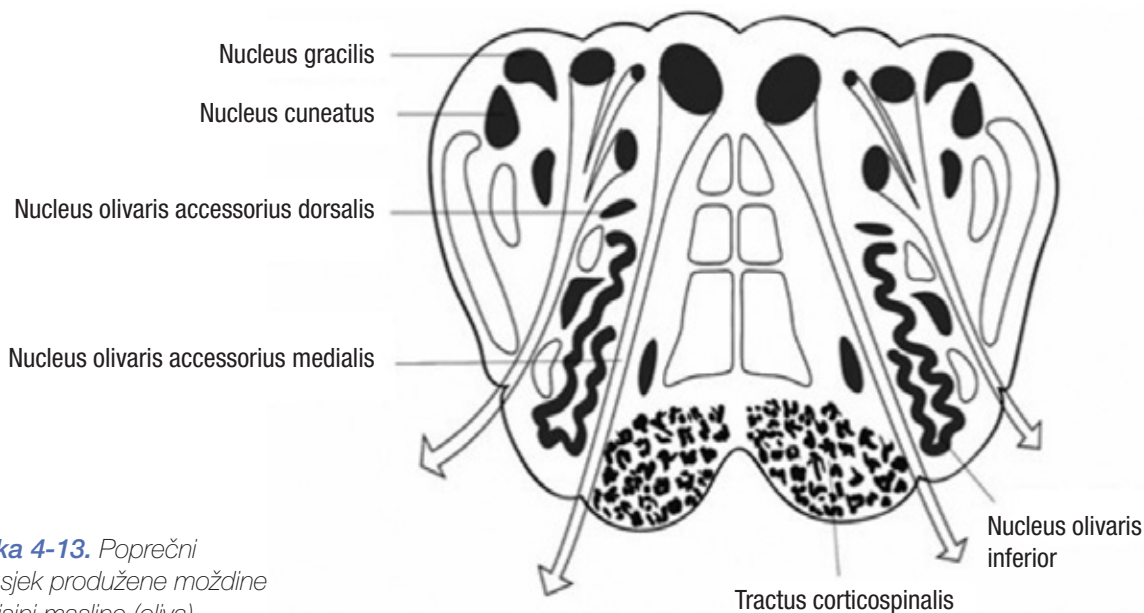
Topografija

Neposredno iznad prelaska kičmene u produženu moždinu, u tegmentumu su smješteni *nucleus gracilis* i *nucleus cuneatus*. Ova jedra prave uzdignuća na dorzalnoj strani produžene moždine koja se opisuju kao *tuberculum gracile et cuneatum* (Slika 4-12.).



Slika 4-12. Poprečni presjek produžene moždine u visini masline (oliva)

1. nucleus nervi hypoglossi; 2, 3 i 4. nucleus nervi vagi; 5. fasciculus longitudinalis medialis; 6. tractus tectospinalis et spinotectalis; 7. nucleus olivaris accessorius dorsalis; 8. n. vagus; 9. nucleus olivaris accessorius medialis; 10. lemniscus medialis; 11. pyramis medullae oblongatae; 12. fissura mediana anterior; 13. nucleus cuneatus; 14. nucleus gracilis; 15. pedunculus cerebellaris inferior; 16. nucleus spinalis trigeminalis; 17. tractus spinothalamicus; 18. tractus spinocerebellaris; 19. tractus spinotectalis; 20. tractus olivocerebellaris; 21. tractus spinoolivaris et olivospinalis; 22. nucleus olivaris inferior; 23. n. hypoglossus; 24. tractus corticospinalis



Slika 4-13. Poprečni presjek produžene moždine u visini masline (oliva)

Donji olivarni kompleks čine *nucleus olivaris inferior (principalis)*, *nucleus olivaris accessorius dorsalis (posterior)* i *nucleus olivaris accessorius medialis*. Ova jedra smještena su u tegmentumu produžene moždine. *Nucleus olivaris inferior (principalis)* na poprečnom presjeku ima oblik naborane kese sa hilusom (otvorom) upravljenim put unutra i dorzalno, dužine je oko 15 mm. Pomoćno medijalno olivarno jedro nalazi se unutra u odnosu na hilus donjeg olivarnog jedra, a pomoćno zadnje olivarno jedro smješteno je dorzalno u odnosu na unutrašnji kraj donjeg olivarnog jedra (Slika 4-12, 4-13).

U bazalnom dijelu produžene moždine nalaze se *nuclei arcuati*. Smješteni su ventromedijalno u odnosu na *tractus corticospinalis*. Ova jedra često prelaze u relejna jedra ponsa (*nuclei pontis*).

Funkcija

Nucleus gracilis i *nucleus cuneatus* pripadaju sistemu medijalnog lemniskusa (*lemniscus medialis*) i u ovim jedrima nalaze se neuroni II puteva za svjesni površni (taktilni, epikritički) i duboki svjesni senzibilitet trupa i udova. Od navedenih jedara odlaze vlakna *fibrae arcuatae internae*, koja učestvuju u formiranju *lemniscus medialis*-a.

Spolja od *nucleus cuneatus*-a nalazi se manje jedro, odnosno *nucleus cuneatus accessorius*, u koje dolaze informacije o nesvjesnom senzibilitetu iz gornjih ekstremiteta i vrata. Vlakna iz *nucleus cuneatus accessorius* ulaze u koru malog mozga kao *tractus cuneocerebellaris*. U sklopu *nc. gracilis*-a se nalazi još jedno manje jedro koje je označeno kao *subnucleus retrodorsalis* s. *nucleus Z*, čija je osnovna funkcija osjećanje vibracija.

Jedra donjeg olivarnog kompleksa primaju aferentna vlakna iz velikog mozga, jedara malog mozga, periakveduktne sive mase mezencefalona, *nucleus ruber*-a iz jedara V i VIII moždanog živca i iz kičmene moždine. Najvažniji putevi koji završavaju u ovom jedru su *tractus tegmentalis centralis* i *tractus spinoolivaris*. *Tractus tegmentalis centralis* pripada motornom sistemu. Kreće od strijatuma i paliduma, prolazi kroz tegmentum moždanog stabla, a odgovoran je za održavanje mišićnog tonusa i nesvjesnih pokreta (ekstrapiramidni sistem).

Eferentna vlakna iz ovog jedarnog kompleksa pomoću *tractus olivocerebellaris*-a odlaze u koru i jedra *cerebellum*-a. Donji olivarni kompleks obezbjeđuje precizno izvođenje voljnih pokreta i ima ulogu u održavanju ravnoteže, posebno pri promjenama položaja tijela u prostoru. U osnovi vlakna iz donjeg olivarnog jedra su uključena preko struktura malog mozga u regulisanje izvođenja preciznih pokreta, a vlakna iz pomoćnih olivarnih jedara, koja uglavnom završavaju u vermisu malog mozga, imaju ulogu u održavanju ravnoteže i izvođenju stereotipnih uopštenih pokreta.

Nuclei arcuati predstavljaju relejna jedra motornog sistema, jer se preko njih ostvaruje veza između kore velikog i malog mozga. Aferentna vlakna u ova jedra dolaze iz kortikospinalnog puta, a eferentna odlaze u mali mozak preko dvije vrste vlakana: *fibrae arcuatae externae anteriores et striae medullares*. Navedena vlakna prolaze kroz *pedunculus cerebellaris inferior*.

U okolini jedra *n. hypoglossus*-a smještena su perihipoglosna jedra (*nucleus intercalatus, nucleus Roller, nucleus prepositus*), koja spadaju u motorna jedra i učestvuju u regulisanju pokreta očiju.

Za ponavljanje

U tabeli 4-1. predstavljena su dovodna i odvodna vlakna relejnih jedara produžene moždine

Tabela 4-1. Relejna jedra produžene moždine

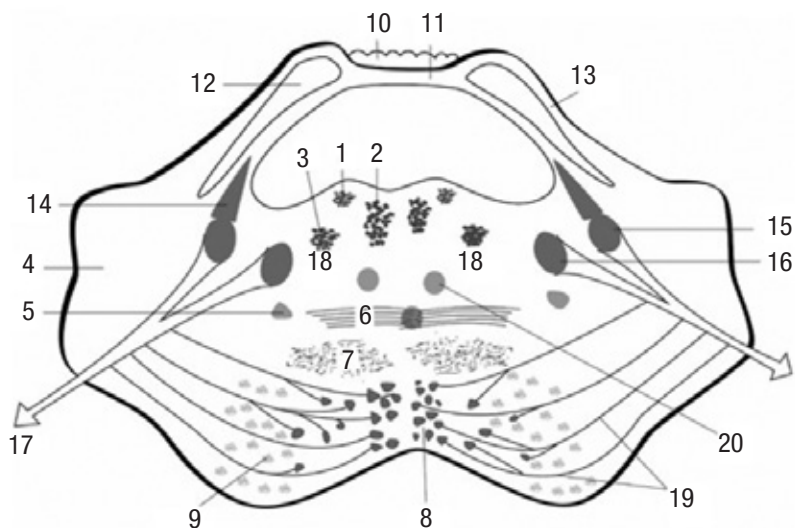
Dovodna vlakna	Relejno jedro	Odvodna vlakna
Vlakna koja prenose informacije o svjesnom površnom (taktilni, epikritički) i dubokom svjesnom senzibilitetu trupa i udova	<i>Nucleus gracilis et cuneatus</i> (neuron II <i>lemniscus medialis</i>)	<i>Fibrae arcuatae internae</i> – <i>thalamus</i> – kora velikog mozga
Vlakna koja prenose informacije o nesvjesnom senzibilitetu iz gornjih ekstremiteta i vrata.	<i>Nucleus cuneatus accesorius</i>	<i>Tractus cuneocerebellaris</i> – kora malog mozga
Aferentna vlakna iz velikog mozga, jedara malog mozga, periakveduktne sive mase mezencefalona, <i>nucleus ruber</i> -a iz jedara V i VIII moždanog živca i iz kičmene moždine (<i>tractus tegmentalis centralis, tractus spinoolivaris</i>)	Donji olivarni kompleks jedara	<i>Tractus olivocerebellaris</i> – jedra i kora malog mozga Vlakna iz donjeg olivarnog jedra su uključena preko struktura malog mozga u regulisanje izvođenja preciznih pokreta, a vlakna iz pomoćnih olivarnih jedara imaju ulogu u održavanju ravnoteže i izvođenju stereotipnih uopštenih pokreta.
Aferentna vlakna iz kortikospinalnog puta	<i>Nuclei arcuati</i>	Mali mozak preko dvije vrste vlakana: <i>fibrae arcuatae externae anteriores et striae medullares</i>

Relejna jedra moždanog - *Nuclei pontis*;
mosta su: - *Nuclei corporis trapezoidei, nucleus olivaris superior i nuclei lemnisci lateralis*;

Topografija

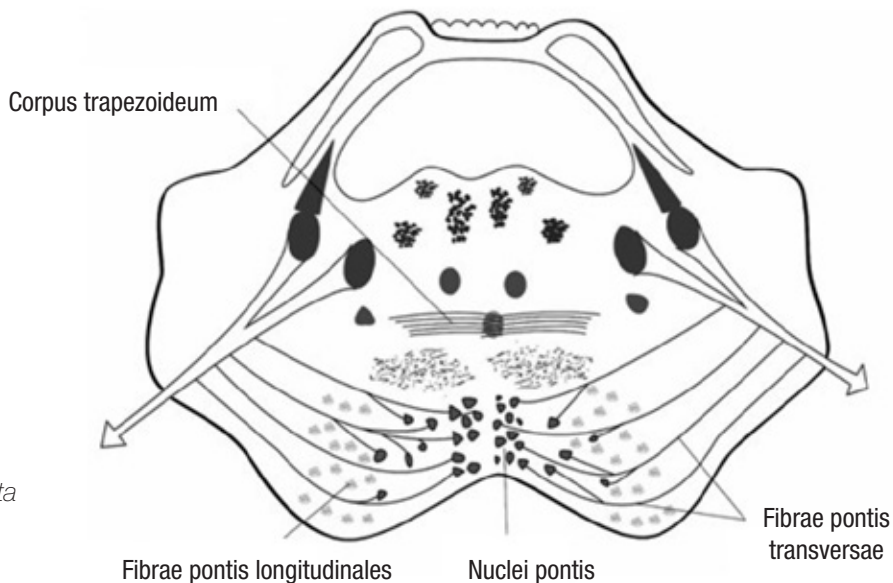
U ventralnom dijelu ponsa nalaze se brojna relejna jedra (*nuclei pontis*). Jedra su smještena između uzdužnih kortikospinalnih i kortikopontinskih vlakana, te poprečnih pontocerebelarnih fascikulusa.

U dorzalnom dijelu ponsa (*tegmentum*) nalaze se *nuclei corporis trapezoidei, nucleus olivaris superior i nuclei lemnisci lateralis* (Slika 4-14, 4-15).



Slika 4-14. Poprečni presjek moždanog mosta u nivou izlaska petog moždanog živca

1. fasciculus longitudinalis posterior; 2. fasciculus longitudinalis medialis; 3. tractus tegmentalis centralis; 4. pedunculus cerebellaris medius; 5. nucleus nervi facialis; 6. corpus trapezoideum; 7. lemniscus medialis; 8. nuclei pontis; 9. fibrae pontis longitudinales; 10. lingula cerebelli; 11. velum medullare superius; 12. pedunculus cerebellaris superior; 13. fibrae dentatorubrales; 14. nucleus vestibularis superior; 15. nucleus motorius trigeminalis; 16. nucleus pontinus trigeminalis; 17. n. trigeminus; 18. formatio reticularis; 19. fibrae pontis transversae; 20. nucleus centralis (superior formatiae reticularis)



Slika 4-15. Poprečni presjek moždanog mosta u nivou izlaska petog moždanog živca

Funkcija

U pontinska jedra dolaze aferentna vlakna iz frontalnog (*tractus frontopontinus*), parijetalnog, temporalnog i okcipitalnog korteksa (*tractus parietooccipitotempopontins*), a iz ovih jedara odlaze eferentni impulsi u koru malog mozga (*fibrae pontocerebellares*). *Nuclei pontis* predstavljaju relej motornog neuronskog kruga, koji počinje u kori velikog mozga i preko jedara ponsa nastavlja se do *nucleus-a dentatus-a*, odakle nastavlja naviše do talamusa i odatle odlazi u koru velikog mozga, obezbjeđujući preciznost u obavljanju pokreta.

Nuclei corporis trapezoidei, *nucleus olivaris superior* i *nuclei lemnisci lateralis* pripadaju auditivnom sistemu i u ovim jedrima mogu da se prekidaju vlakna neurona II akustičkog puta. (Tabela 4-2).

Za ponavljanje

Tabela 4-2. Dovodna i odvodna vlakna relejnih jedara moždanog mosta

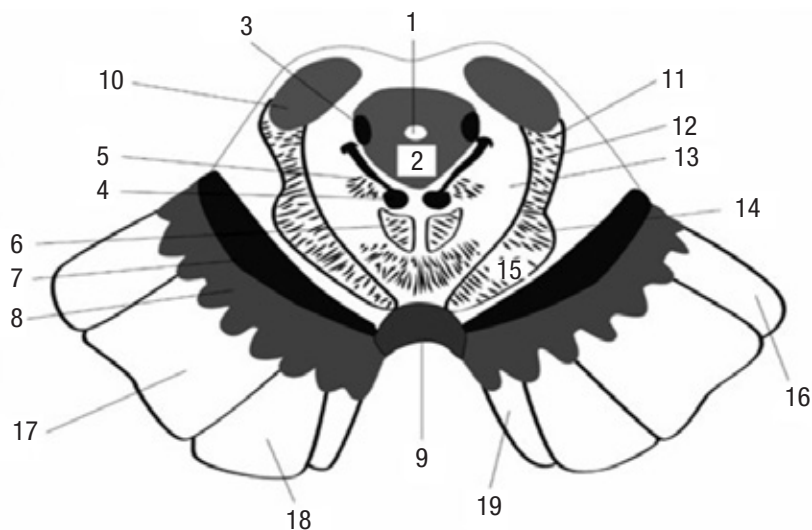
Dovodna vlakna	Relejno jedro	Odvodna vlakna
<i>Tractus frontopontinus</i> <i>Tractus parietooccipitotemporo-pontinus</i>	<i>Nuclei pontis</i>	<i>Fibrae pontocerebellares</i> – kora malog mozga
Vlakna iz kohlearnih jedara – akustičke strije (neuron II akustičkog puta)	<i>Nuclei corporis trapezoidei, nucleus olivaris superior et nuclei lemnisci lateralis</i>	Auditivni sistem

Relejna jedra srednjeg mozga su:

- Tektalna grupa: *strata grisea colliculi superioris, nucleus colliculi inferioris, area pretectalis*;
- Pretektalna grupa jedara: *nucleus pretektalis principalis, nucleus olivaris pretektalis, nucleus sublentiformis, nucleus tractus optici*;
- Periakveduktna grupa jedara: *nucleus interstitialis Cajal* i *nucleus commissurae posterioris*;
- *Darkschewitsch, nucleus interstitialis rostralis*;
- *Substantia nigra*.

Topografija

U dorzalnom dijelu mezencefalona, u *tectum-u mesencephali*, u *colliculus-u superior-u*, nalazi se *strata grisea colliculi superioris*. *Nucleus colliculi inferioris* smješten je unutar donjih kvržica (*colliculus inferior*) na dorzalnoj strani srednjeg mozga (Slika 4-16, 4-17, 4-18, 4-19). Jedra donjih kvržica međusobno su povezana komisuralnim vlaknima. U periakveduktnoj sivoj masi mezencefalona nalaze se *nucleus interstitialis Cajal* i *nucleus Darkschewitsch*. *Substantia nigra* je velika siva masa koja leži na granici između tegmentuma i *crura cerebri*. Pruža se čitavom dužinom srednjeg



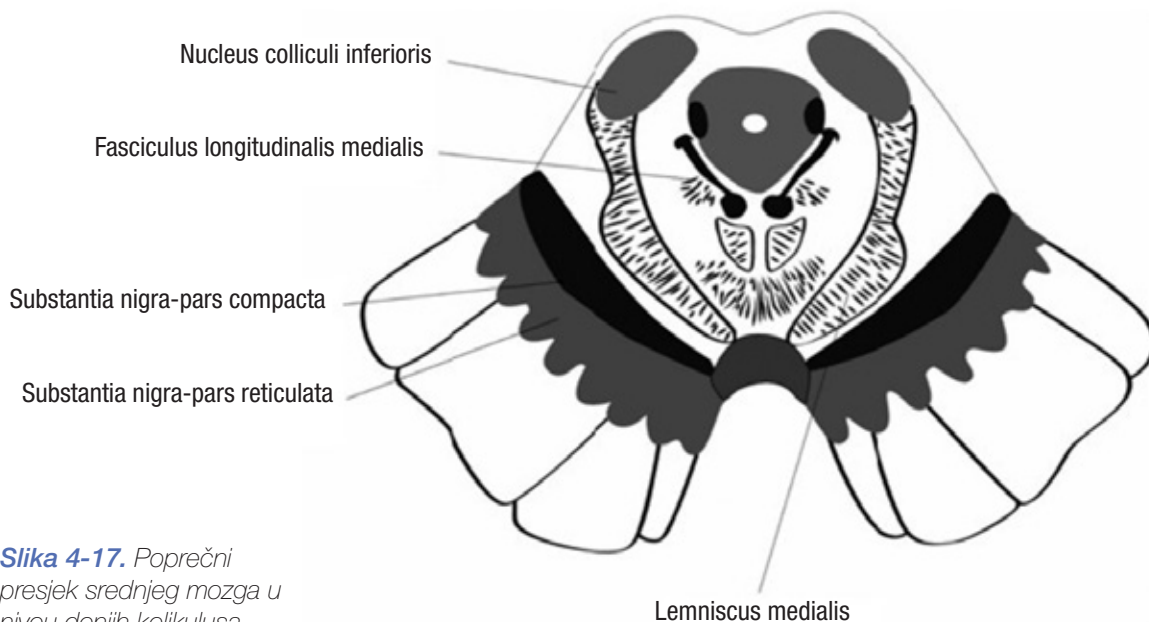
Slika 4-16. Poprečni presjek srednjeg mozga u nivou donjih kolikulusa

1. *aqueductus mesencephalicus*; 2. *substantia grisea centralis*; 3. *nucleus mesencephalicus trigeminalis*; 4. *nucleus nervi trochlearis*; 5. *fasciculus longitudinalis medialis*; 6. *tractus rubrospinalis*; 7. *substantia nigra – pars compacta*; 8. *substantia nigra – pars reticulata*; 9. *nucleus interpeduncularis*; 10. *nucleus colliculi inferioris*; 11. *tractus tectospinalis*; 12. *lemniscus lateralis*; 13. *tegmentum mesencephali*; 14. *tractus spinohthalmicus*; 15. *lemniscus medialis*; 16. *tractus parietotemporo-pontinus*; 17. *fibrae corticospinales*; 18. *fibrae corticonucleares*; 19. *tractus frontopontinus*

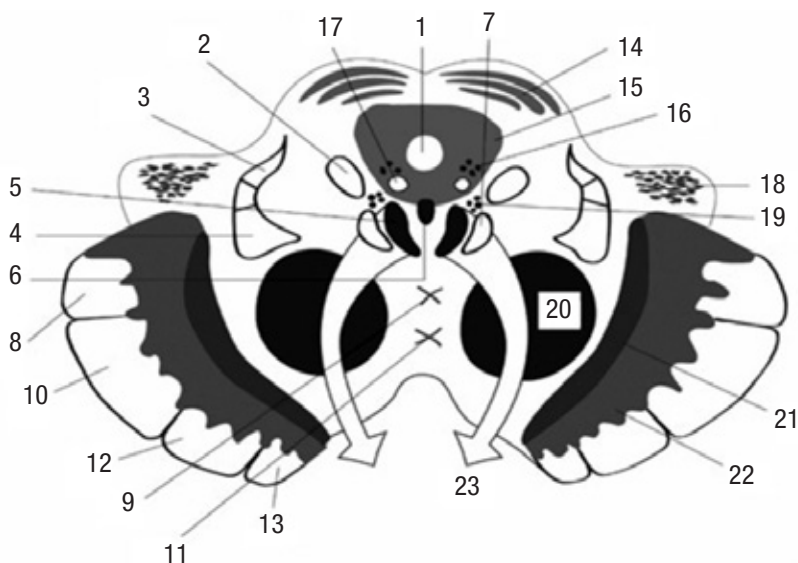
mozga, rostralno prelazi u supthalmus i seže do *corpora mammilaria*. *Area pretektalis* se nalazi ispred gornjih kvržica (*colliculus superior*), u visini zadnje komisure (*commissura posterior*), u području između mezencefalona i diencefalona.

Funkcija

Relejna jedra mezencefalona uključena su u motorne puteve, u akustički i optički put, a povezana su mnogostrukim vezama sa motornim jedrima moždanog stabla, vratnog dijela kičmene moždine i sa retikularnom supstancom.



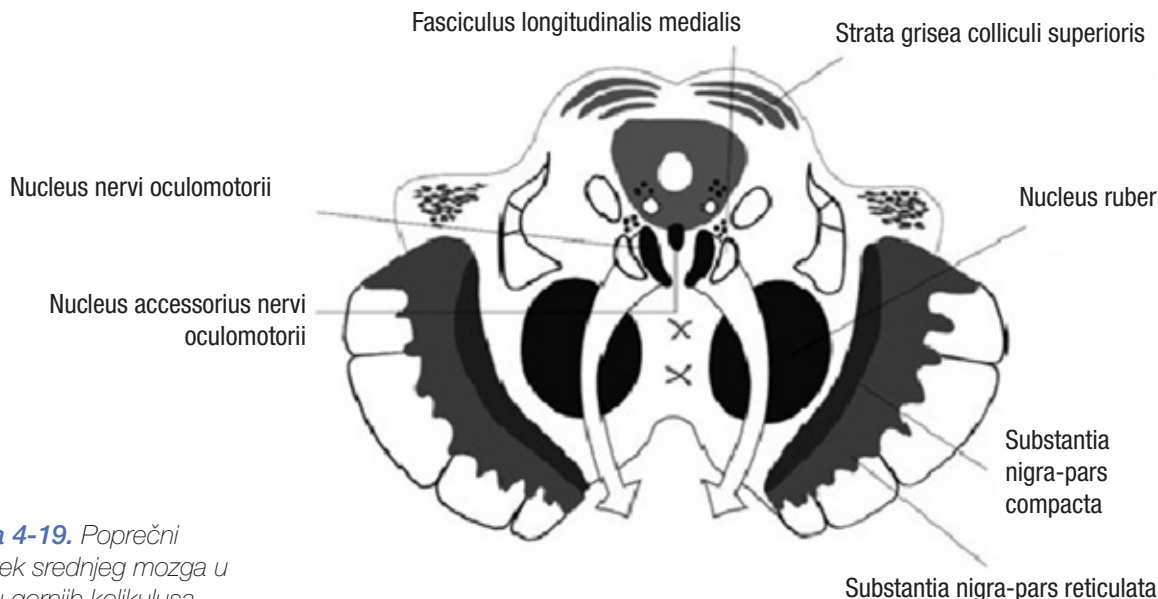
Slika 4-17. Poprečni presjek srednjeg mozga u nivou donjih kolikulusa



Slika 4-18. Poprečni presjek srednjeg mozga u nivou gornjih kolikulusa

1. aqueductus mesencephalicus; 2. tractus tegmentalis centralis; 3. tractus spinotectalis et tectospinalis; 4. lemniscus medialis; 5. nucleus nervi oculomotorii; 6. nucleus accessorius nervi oculomotorii; 7. fasciculus longitudinalis medialis; 8. fibrae parietotemporopontine; 9. decussatio dorsale tegmenti; 10. fibrae corticospinales; 11. decussatio ventrale tegmenti; 12. fibrae (tractus) corticonuclearis; 13. tractus frontopontinus; 14. strata grisea colliculi superioris; 15. substantia grisea centralis; 16. nucleus tegmentalis dorsalis; 17. fasciculus longitudinalis posterior; 18. corpus geniculatum mediale; 19. nucleus tegmentalis ventralis; 20. nucleus ruber; 21. substantia nigra – pars compacta; 22. substantia nigra – pars reticulata; 23. n. oculomotorius

Strata grisea colliculi superioris predstavlja primarni refleksni optički centar, odnosno relejni centar za refleksne pokrete očnih jabučica i reflekse zjenice. U ovo jedro dolaze aferentna vlakna iz unutrašnjeg dijela optičkog puta (*tractus opticus*) i vlakna iz kortikalnog optičkog polja. Siva masa gornjih kvržica podijeljena je u tri sloja: površni, srednji i duboki. Između navedenih slojeva nalaze se slojevi bijele mase: *stratum zonale*, *stratum opticum*, *stratum lemniscale* et *stratum album profundum*. Iz dubokog sloja sive mase gornjih kvržica polaze refleksni putevi: *tractus tectospinalis* (završava u motornim neuronima sive mase kičmene moždine), *tractus tectobulbaris* (završava u motornim jedrima kranijalnih živaca) i *tractus tectoreticularis* (završava u retikularnoj formaciji). *Strata grisea colliculi superioris* je povezana sa pretektalnom areom koja preko svojih *nuclei pretecales* učestvuje u optičkim refleksima, od kojih su najvažniji refleks zjenice na svjetlost i refleks akomodacije.



Slika 4-19. Poprečni presjek srednjeg mozga u nivou gornjih kolikulusa

ljena je u tri sloja: površni, srednji i duboki. Između navedenih slojeva nalaze se slojevi bijele mase: *stratum zonale*, *stratum opticum*, *stratum lemniscale* et *stratum album profundum*. Iz dubokog sloja sive mase gornjih kvržica polaze refleksni putevi: *tractus tectospinalis* (završava u motornim neuronima sive mase kičmene moždine), *tractus tectobulbaris* (završava u motornim jedrima kranijalnih živaca) i *tractus tectoreticularis* (završava u retikularnoj formaciji). *Strata grisea colliculi superioris* je povezana sa pretektalnom areom koja preko svojih *nuclei pretecales* učestvuje u optičkim refleksima, od kojih su najvažniji refleks zjenice na svjetlost i refleks akomodacije.

Nucleus colliculi inferioris predstavlja primarni refleksni akustički centar, u kome se prekidaju vlakna neurona II akustičkog puta, prema tačno utvrđenom fonotopskom rasporedu. Dakle, ovo jedro prima impulse iz lateralnog lemniskusa, a šalje ih prema *corpus geniculatum mediale*. *Nucleus colliculi inferioris* prima impulse iz oba kohlearna aparata. Takođe, ovo jedro predstavlja i relejni centar za pokretanje očiju i glave u pravcu nekog zvučnog nadražaja (*fasciculus longitudinalis medialis*).

Smatra se da se ovo jedro sastoji iz tri manja jedra: *nucleus centralis*, *nucleus pericentralis*, *nucleus externus*.

Area pretectalis sadrži važna relejna jedra koja su uključena u refleks zjenice na svjetlost. Naime, aferentna vlakna dolaze iz *tractus opticus*, frontalnog i okcipitalnog očnog polja, a eferentna vlakna odlaze u *strata grisea colliculi superioris*, *corpus geniculatum laterale*, Edinger-Westphal-ovo jedro i pulvinar. Zbog ukrštanja vlakana, moguća je istovremena reakcija zjenica na svjetlost.

Nucleus interstitialis Cajal i *nucleus Darkschewitsch* predstavljaju relejna jedra najvećeg asocijativnog puta moždanog stabla, *fasciculus-a longitudinalis-a medi-*

alis-a, a važna su za kontrolu automatskih pokreta, posebno vertikalnih pokreta očnih jabučica.

Substantia nigra se morfološki i funkcionalno dijeli na dorzalni i ventralni dio. Dorzalni dio (*pars compacta*) sadrži multipolarne ćelije i melanin. Ovaj dio je uključen u dopaminergički sistem. Ventralni (*pars reticulata*) dio sadrži željezo i lipofuscin. Osim dorzalnog i ventalnog dijela, u literaturi se opisuju još dva manja dijela *substantia-e nigra-e*: *pars lateralis* i *pars retrorubralis*, koji se nalazi iza *nucleus ruber-a*, čineći gotovo jednu cjelinu sa crvenim jedrom. *Substantia nigra* pripada ekstrapiramidnom motornom sistemu. Dobija impulse iz kore velikog mozga (iz frontalnog režnja – kortikonigralna vlakna), supkortikalnih sivih masa (iz *corpus striatum-a*), relejnih jedara i retikularne supstancije ponsa, a šalje povratne informacije u talamus i supkortikalne sive mase (*putamen* – dopaminergički nigrostrijatni put), ali i *colliculus superior*. *Substantia nigra* igra značajnu ulogu u održavanju određenog stava tijela, na osnovu pristiglih informacija (somestetskih, vestibularnih, vizualnih, zvučnih).

Za ponavljanje

U tabeli 4-3. predstavljena su dovodna i odvodna vlakna relejnih jedara mezencefalona

Tabela 4-3. Dovodna i odvodna vlakna relejnih jedara mezencefalona

Dovodna vlakna	Relejna jedra	Odvodna vlakna
Medijalni dio <i>tractus opticus-a</i> <i>Tractus corticotectalis</i>	<i>Strata grisea colliculi superioris</i> predstavlja primarni refleksni optički centar	<i>Tractus tectospinalis, tractus tectobulbaris,</i> <i>tractus tectoreticularis</i>
Vlakna iz <i>lemniscus lateralis</i>	<i>Nucleus colliculi inferioris</i> predstavlja primarni refleksni akustički centar	<i>Corpus geniculatum mediale</i>
Vlakna iz <i>tractus opticus</i> , frontalnog i okcipitalnog očnog polja	<i>Area pretectalis</i>	<i>Strata grisea colliculi superioris, corpus</i> <i>geniculatum laterale</i> , Edinger-Westphal- ovo jedro i pulvinar
Vlakna iz kore velikog mozga (kortikonigralna vlakna), iz supkortikalnih sivih masa (<i>corpus</i> <i>striatum</i>), relejnih jedara i retikularne supstancije ponsa	<i>Substantia nigra</i>	Talamus, supkortikalne sive mase (<i>putamen</i>) i <i>colliculus superior</i>

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Kod oštećenja *substantiae nigrae* javlja se nagli pad dopamina na nervnim završecima nigrostrijatnih vlakana, usljed čega nastupa poremećaj motorne aktivnosti (tremor kod Parkinsonove bolesti). Klinički se mogu uočiti isprekidani pokreti u metakarpofalangealnim zglobovima šake, slični brojanju kovanica. Kod Parkinsonove bolesti lice bolesnika je bezizražajno, a govor isprekidan i podijeljen na slogove.

BIJELA MASA MOŽDANOG STABLA

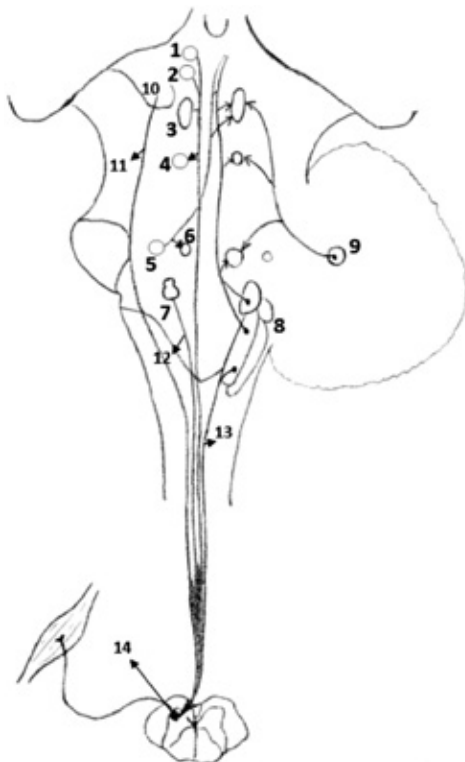
prof. dr Zlatan
Stojanović

Bijela masa moždanog stabla nalazi se, uglavnom, u njegovom bazilarnom dijelu. Bijelu masu moždanog stabla grade asocijativni, komisuralni i projekcioni putevi. Asocijativni putevi moždanog stabla povezuju funkcionalno ipsilateralne sive mase moždanog stabla. Kratki komisuralni putevi spajaju kontralateralne sive mase moždanog stabla. Dugi projekcioni putevi (putevi iz kore velikog mozga) ili samo prolaze kroz moždano stablo ili se u njemu djelimično prekidaju. Kroz bazilarni dio moždanog stabla prolaze uglavnom nishodni, motorni putevi, dok kroz lateralni dio tegmentuma prolaze uglavnom ushodni, senzitivni putevi. Kroz središnji dio tegmentuma prolaze i ushodni i nishodni putevi.

Kroz bazalni dio mezencefalona moždanog stabla prolaze motorni putevi. Kroz *crus cerebri* mezencefalona, kroz njegov centralni dio, prolazi *tractus corticospinalis s. pyramidalis*, medijalno od njega *tractus corticonuclearis* i *tractus fronto-pontinus*, a lateralno od njega *tractus parieto-temporo-occipito-pontinus*.

Kroz bazalni dio ponsa i produžene moždine prolazi *tractus corticospinalis s. pyramidalis*, uzdižući eminenciju piramidalis ponsa i piramidu produžene moždine.

Kroz tegmentum produžene moždine moždanog stabla prolaze ili se u njoj djelimično prekidaju sljedeći putevi: nishodni – *tractus tegmentalis centralis*, *tractus tectospinalis*, *tractus rubrospinalis*, *tractus corticoolivaris*, *tractus reticulospinalis*, *tractus vestibulospinalis lateralis et medialis*, *fasciculus longitudinalis dorsalis*, i *fasciculus longitudinalis medialis*; ushodni – *lemniscus medialis*, *tractus spinoreticularis*, *tractus spinoolivaris*, *tractus spinothalamicus*, *tractus spinotectalis*, *tractus spinocerebellaris anterior*, *tractus spinocerebellaris posterior* i *lemniscus lateralis*.



Slika 4-20. *Fasciculus longitudinalis medialis*:

1. nc. *interstitialis rostralis*; 2. nc. *interstitialis Cajal*; 3. nc. *nervi oculomotorii*; 4. nc. *nervi trochlearis*; 5. nc. *paraabducentis*; 6. nc. *nervi abducentis*; 7. *retikularna formacija*; 8. *vestibularna jedra*; 9. *cerebelarana jedra*; 10. *colliculus superior*; 11. *tr. tectospinalis*; 12. *tr. reticulospinalis*; 13. *tr. vestibulospinalis*; 14. *alfa-motoneuroni za inervaciju mišića vrata*

Fasciculus longitudinalis medialis

Fasciculus longitudinalis medialis (FLM) predstavlja složen nervni put koji učestvuje u vestibulo-okularnim refleksima tj. vrši koordinaciju pokreta glave i očiju. FLM ima descendentne i ascendentne komponente (Slika 4-20).

Od descendentnih komponenti FLM jedna grupa aksona polazi iz *nucleus interstitialis Cajal* i *nucleus interstitialis rostralis*, a završava se u suprotnom Cajal-ovom jedru, desnom i lijevom jedru okulomotorijusa, suprotnom jedru trohlearisa, perihipoglosnim jedrima, donjem olivarnom jedru, medijalnom vestibularnom jedru i u kičmenoj moždini. Druga grupa aksona polazi iz *nucleus interstitialis rostralis* i završava se u ipsilateralnom jedru trohlearisa i cervikalnim segmentima kičmene moždine. Jedna grupa aksona polazi iz gornjih kolikula i formira *tractus tectoreticularis*, *tractus tectobulbaris* i *tractus tectospinalis*. Descendentnu komponentu čine takođe retikulospinalna vlakna, i vestibulospinalna vlakna iz medijalnog vestibularnog jedra.

Ascendentnih komponenti takođe ima više. Jedna komponenta polazi iz *nuclei paraabducentis*. Vlakna iz ovih jedara se završavaju u *nucleus interstitialis Cajal* i *nucleus interstitialis rostralis* i jedrima okularnih živaca. Do ovih jedara dolazi i ascendentna vestibularna komponenta FLM-a.

Tractus tegmentalis centralis

Tractus tegmentalis centralis (TTC) je eferentni put ekstrapiramidnog motor-nog sistema. Ovaj put počinje sa tri snopa vlakana koja čine njegove osnovne sastavne dijelove (palidoolivarni, rubroolivarni i retikuloolivarni). Palidoolivarni dio u sastavu *ansa-e lenticularis* dolazi do crvenog jedra (*nucleus ruber*). Od ovog jedra polaze vlakna za *nucleus olivaris inferior*.

Iz parvocelularnog dijela crvenog jedra polazi *tractus rubroolivaris*, najvažniji nishodni put crvenog jedra. Retikuloolivarni dio TTC polazi iz retikularne formacije suptalamusa (*zona incerta*), iz *nucleus-a ruber* i *substantia-e grisea-e periaqueductalis*, kao i iz retikularne formacije moždanog mosta i produžene moždine.

Osnovne funkcije TTC su održavanje mišićnog tonusa i koordinacija položaja tijela u miru i kretanju, kao i izvođenje automatskih pokreta.

Kliničke implikacije

Značajnije oštećenje bijele mase moždanog stabla uočava se u sklopu kliničkog sindroma koji se naziva *tentorijalna hernijacija*. Povišeni intrakranijalni pritisak u gornjem dijelu lobanjske duplje tj. području prednje i srednje lobanjske jame (npr. tumor mozga, opsežnije krvarenje), uzrokuje protruziju medijalnih dijelova temporalnog režnja velikog mozga kroz *hiatus tentorii*. U tom slučaju pored kompresije zadnje moždane arterije, *n. oculomotorius-a* i sivih masa moždanog stabla, dolazi i do značajnijeg pritiska i oštećenja *crura cerebri* mezencefolana, što se klinički manifestuje paralizama mišića ekstremiteta (oštećenje piramidalnog motornog puta).

Najvažnije: Bijela masa moždanog stabla nalazi se, uglavnom, u njegovom bazilarnom dijelu. Bijelu masu moždanog stabla grade asocijativni, komisuralni i projekcioni putevi.

Od puteva moždanog stabla posebno se izdvajaju *fasciculus longitudinalis medialis* (FLM) i *tractus tegmentalis centralis* (TTC). *Fasciculus longitudinalis medialis* predstavlja anatomski složen neuronski sistem koji učestvuje u vestibulo-okularnim refleksima. Ovaj put vrši koordinaciju pokreta glave i očiju. *Tractus tegmentalis centralis* predstavlja eferentni put ekstrapiramidnog motornog sistema čovjeka. Ovaj put počinje sa tri snopa vlakana koja čine njegove osnovne sastavne dijelove (palidoolivarni, rubroolivarni i retikuloolivarni). Osnovne funkcije TTC su održavanje mišićnog tonusa i koordinacija položaja tijela u miru i kretanju, kao i izvođenje automatskih pokreta.

Pitanja za ponavljanje gradiva (bijela masa moždanog stabla)

1. Bijela masa moždanog stabla nalazi se pretežno u kojem njegovom dijelu?
2. Bijelu masu moždanog stabla grade tri vrste puteva klasifikovanih u odnosu na način povezivanja pojedinih dijelova centralnog nervnog sistema. Koji su to putevi?
3. Descendentna komponenta *fasciculus-a longitudinalis-a medialis-a* (FLM) polazi iz sljedećih jedara, izuzev: a) *nucleus interstitialis Cajal*, b) *nucleus interstitialis rostralis*, c) *nuclei paraabducentis*.
4. *Tractus tegmentalis centralis* posjeduje sljedeće sastavne dijelove, osim: a) palidoolivarni dio, b) fastigibulbarni dio, c) rubroolivarni dio, d) retikuloolivarni dio.

Poglavlje 5

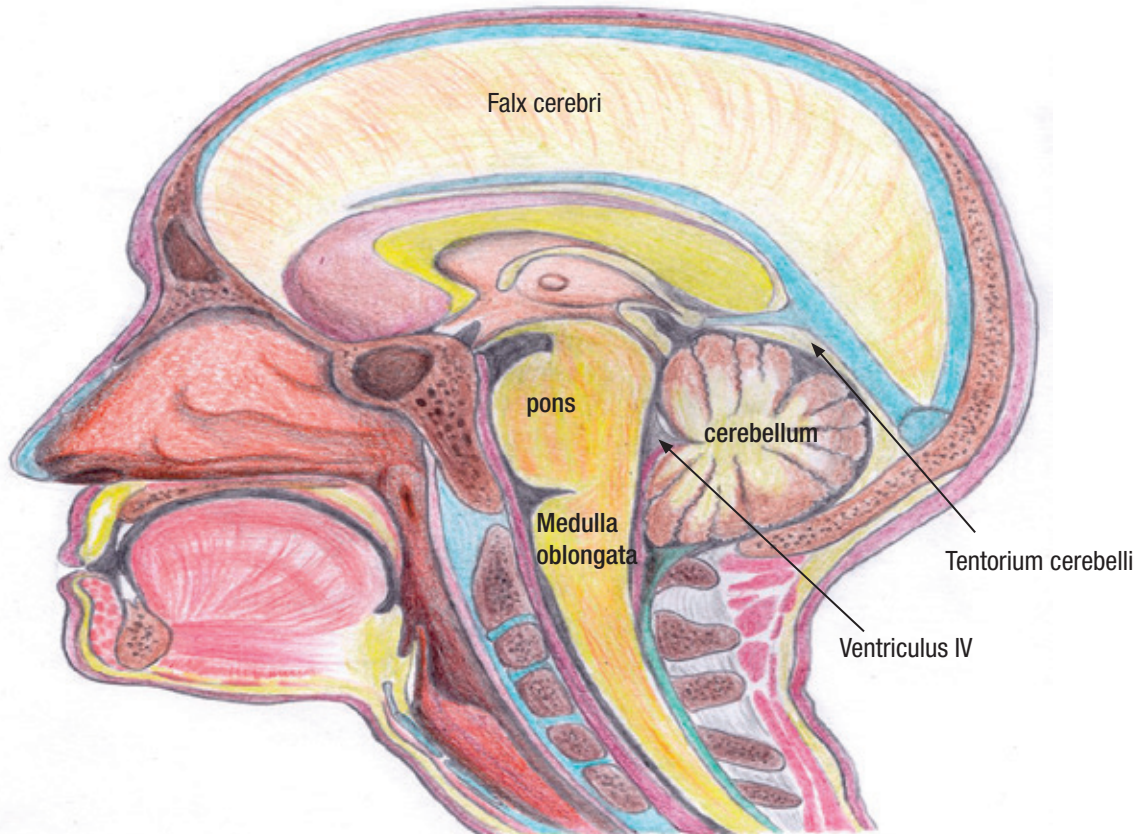
MALI MOZAK (CEREBELLUM)	87
<i>prof. dr Zdenka Krivokuća</i>	
SPOLJAŠNJI IZGLED MALOG MOZGA	88
Prednji režanj malog mozga (<i>Lobus cerebelli anterior</i>)	91
Zadnji režanj malog mozga (<i>Lobus cerebelli posterior</i>)	91
Flokulonodularni režanj (<i>Lobus flocculonodularis</i>)	92
GRAĐA MALOG MOZGA	93
Siva masa malog mozga (<i>Substantia grisea</i>)	93
Kora malog mozga (<i>Cortex cerebelli</i>)	94
Jedra malog mozga (<i>Nuclei cerebelli</i>)	95
Bijela masa malog mozga (<i>Substantia alba</i>)	96
Središnji dio (<i>corpus medullare</i>)	96
Kraci malog mozga (<i>pedunculi cerebellares</i>)	97
PUTEVI MALOG MOZGA	97
Tractus spinocerebellaris anterior (<i>Gowers</i>)	97
Tractus spinocerebellaris posterior (<i>Flechsigs</i>)	98
Tractus cuneocerebellaris	98
VASKULARIZACIJA MALOG MOZGA	98
Arterije malog mozga	98
Venska krv malog mozga	100
KLINIČKE IMPLIKACIJE	100

Poglavlje 5

MALI MOZAK (CEREBELLUM)

prof. dr Zdenka Krivokuća

Mali mozak predstavlja dorzalni dio rombastog mozga (*rhombencephalon*) i nalazi se iza i iznad produžene moždine i ponsa, koji predstavljaju ventralni dio rombastog mozga. Između malog mozga gore, i produžene moždine i ponsa dolje, nalazi se IV moždana komora, koja predstavlja centralnu šupljinu rombastog mozga (Slika 5-1.).

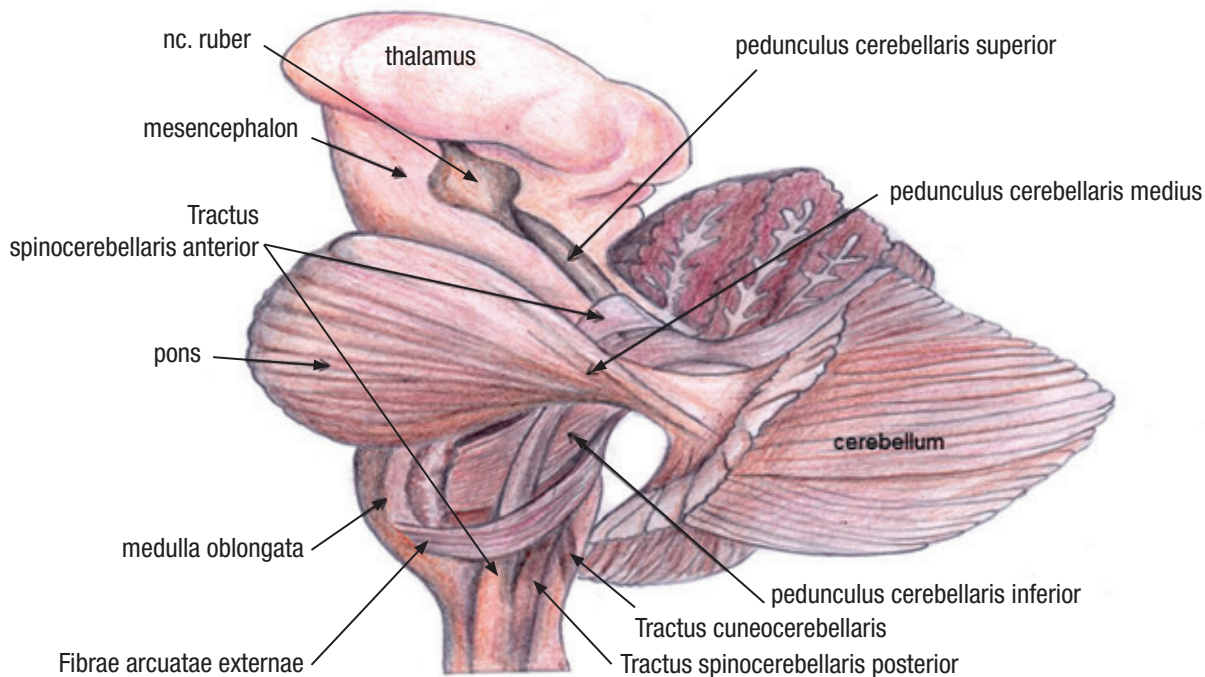


Slika 5-1. Mali mozak (*cerebellum*)

Težina malog mozga iznosi prosječno 150 grama, što iznosi oko 1/8 težine velikog mozga.

Mali mozak je povezan sa moždanim stablom pomoću tri para krakova. Gornji kraci malog mozga (*pedunculi cerebellares superiores*) povezuju mali mo-

zak sa mezencefalonom, srednji kraci (*pedunculi cerebellares medii*) ga povezuju sa ponsom, a donji kraci (*pedunculi cerebellares inferiores*) ga povezuju sa produženom moždinom. (Slika 5-2).



Slika 5-2. Kraci malog mozga (*pedunculi cerebellares*)

Iznad malog mozga nalaze se okcipitalni i zadnji dio temporalnog režnja hemisfera velikog mozga, od kojih ga odvaja šator malog mozga (*tentorium cerebelli*) koji predstavlja duplikaturu tvrde moždane opne (*dura mater cranialis*) (Slika 5-1.).

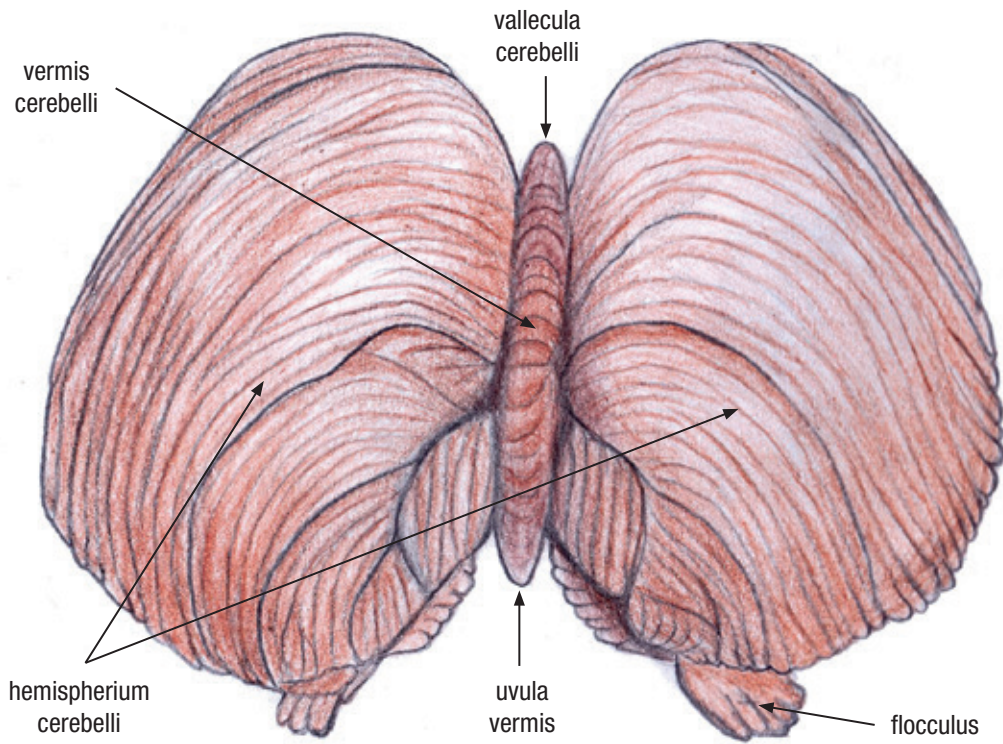
Mali mozak nastaje iz rombencefaličnog moždanog mjehura, iz njegovog metencefaličkog dijela, zajedno sa moždanim mostom i suženjem moždanog stabla (*isthmus rhombencephali*). Od svih dijelova mozga, mali mozak (*cerebellum*), posljednji završava svoj razvoj. Na malom mozgu u sedmom mjesecu intrauterinog razvoja, jasno se razlikuju vijuge i žljebovi. Dentalno jedro uočava se polovinom 13. nedelje, a njegovo nabiranje završava se tek polovinom 25. nedelje intrauterinog razvoja.

Mali mozak ima ulogu u senzitivnom i motornom sistemu, omogućava uticaj senzitivnog sistema na modulaciju motornog sistema. Kordiniše snagu, opseg i trajanje kontrakcije mišića. Omogućuje da voljni pokreti teku glatko i precizno. Ima važnu ulogu u ravnoteži tijela i tonusu mišića, reguliše normalan stav tijela.

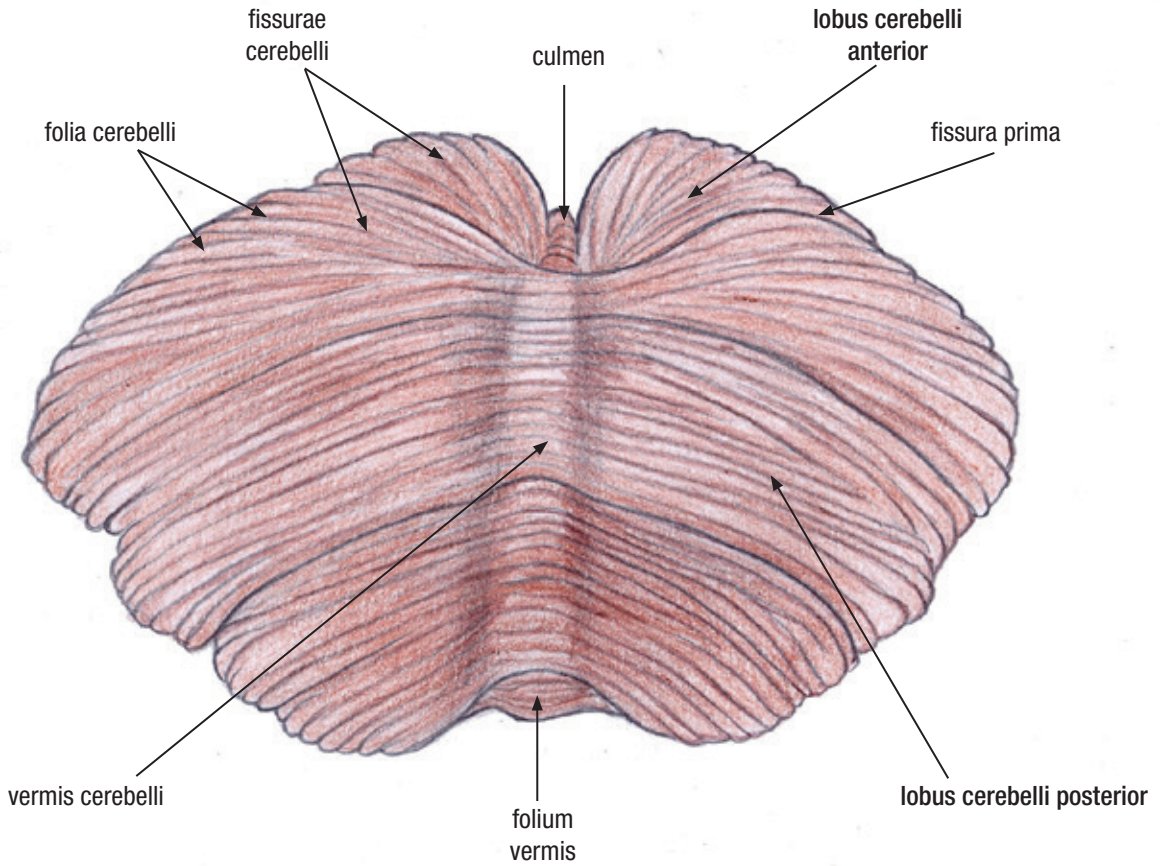
SPOLJAŠNJI IZGLED MALOG MOZGA

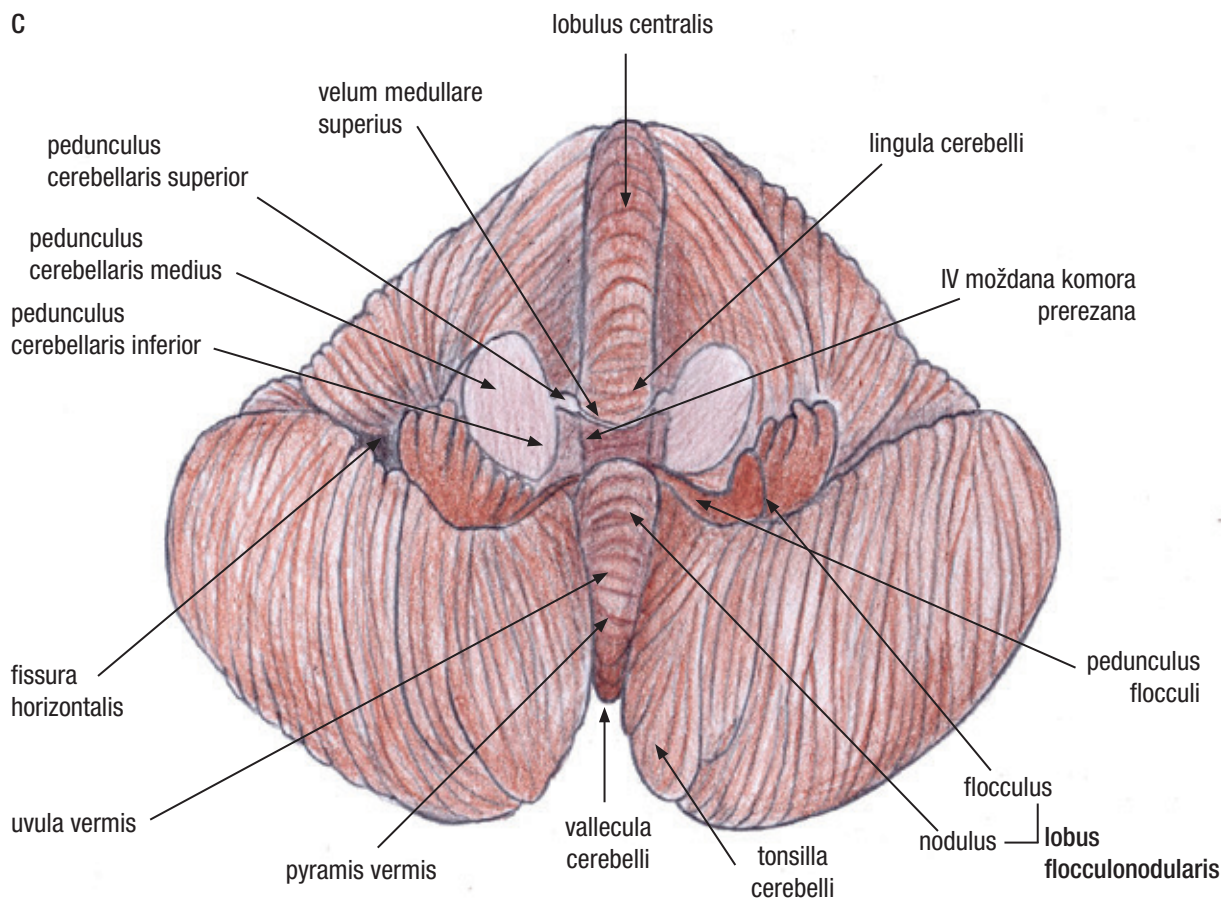
Mali mozak ima dvije hemisfere (*hemispherium cerebelli*), desnu i lijevu, i uzani, valjkasti, sagitalno postavljen srednji dio, zvani crv (*vermis*). Površina malog mozga izdijeljena je na brojne uzane vijuge, ili listiće (*folia cerebelli*), između kojih se nalaze pukotine (*fissurae cerebelli*).

A



B





Slika 5-3. Spoljašnji izgled malog mozga:

A: pogled na mali mozak sa donje strane nakon odvajanja moždanog stabla, **B:** gornja strana, **C:** prednja strana

Na malom mozgu se razlikuju tri strane: gornja, donja i prednja (Slika 5-3.). Gornja strana (Slika 5-3. B) leži ispod *tentorium-a cerebelli*, gotovo u cjelini je zavravnjena, i na njoj se vide prednji urez (*incisura cerebellaris anterior*) i zadnji urez (*incisura cerebellaris posterior*). Gornju stranu malog mozga od njegove donje strane razdvaja naprijed *fissura horizontalis*. Donja strana malog mozga (Slika 5-3.A) je u svome srednjem dijelu udubljena u jamu zvanu *vallecule cerebelli*, u kojoj leži *vermis*. Donja strana hemisfera malog mozga je ispupčena i leži u cerebelarnim jamama potiljačne kosti. Prednja strana malog mozga (Slika 5-3.C) je u svome srednjem dijelu udubljena, i to udubljenje, zvano *fastigium*, gradi srednji, najviši dio krova IV moždane komore. Bočno od *fastigium-a* nalaze se tri para krakova, ili nožica malog mozga (*pedunculi cerebellares*), koje ga povezuju sa moždanim stablom. Na prednjoj strani malog mozga, uz *pedunculus cerebellaris medius*, leži mali režanj, zvani pahuljica (*flocculus*).

Lateralni dio prednje strane malog mozga, sa bočnim stranama produžene moždine i ponsa, i zadnjom stranom piramide sljepoočne kosti, ograničava pontocerebelarni ugao (*angulus pontocerebellaris*), u kome se nalazi proširenje subarahnoidalnog prostora, zvano *cisterna pontocerebellaris*, ispunjeno cerebrospinalnim likvorom. Kroz pontocerebelarni ugao prolaze moždani živci od V do

XI, *a. superior cerebelli, a. labyrinthi* i nekoliko malih vena. Patološki procesi, koji se u ovom prostoru dešavaju, ugrožavaju navedene živce i krvne sudove.

Hemisfere malog mozga su podijeljene na 3 režnja: prednji (*lobus anterior*), zadnji (*lobus posterior*) i flokulonodularni režanj (*lobus flocculonodularis*).

Na hemisferama malog mozga vide se dvije dublje pukotine, *fissura horizontalis* i *fissura prima*. *Fissura horizontalis* odvaja gornju od donje strane malog mozga. *Fissura prima* nalazi se na gornjoj strani hemisfere malog mozga i označava granicu između prednjeg i zadnjeg režnja (*lobus anterior* i *lobus posterior cerebelli*). Treći režanj malog mozga je *lobus flocculonodularis*, u čiji sastav ulaze neparni čvorić (*nodulus*), koji predstavlja rostralni dio vermisa i parni mali režanj, *flocculus*, koji se nalazi na prednjoj strani malog mozga, bočno od *nodulusa*. Na malom mozgu su i *fissura secunda* (na donjoj strani hemisfere) i *fissura posterolateralis* (razdvaja zadnji od flokulonodularnog režnja)

Više plićih i dubljih pukotina dijele mali mozak na manje dijelove, režnjiće (*lobuli cerebelli*).

Crv (*vermis*) sa sastoji od dijelova: *lobulus centralis, culmen, declive, folium, tuber, pyramis, uvula, nodulus* i *lingula*. Svakom dijelu crva odgovara par režnjića (desni i lijevi) u hemisferama malog mozga. Jedino *lingula* nije povezana ni sa jednim *lobusom* malog mozga.

PREDNJI REŽANJ MALOG MOZGA (LOBUS CEREBELLI ANTERIOR)

Pružaju se od prednje ivice do prve pukotine (*fissura prima*). Sastoji se od dijelova vermisa i odgovarajućih dijelova hemisfera malog mozga.

Na vermisu se nalazi *lingula* i ona nema odgovarajućeg dijela na prednjem dijelu *lobusa*. Iza *lingule* se nalazi *lobulus centralis vermisa* kome bočno odgovara *ala lobuli centrales* hemisfera. Na vermisu je onda *culmen* kome bočno odgovara *lobulus quadriangularis anterior* hemisfere. Iz toga je prva pukotina koja razdvaja prednji od zadnjeg režnja malog mozga (Slika 5-4.).

ZADNJI REŽANJ MALOG MOZGA (LOBUS CEREBELLI POSTERIOR)

Pružaju se od prve pukotine (*fissura prima*) do posterolateralne pukotine (*fissura posterolateralis*). Sastoji se od dijelova vermisa i odgovarajućih dijelova hemisfera malog mozga.

Declive vermis odgovara *lobulus quadriangularis posterior* hemisfere. Zajedno čine *lobulus simplex*.

Folium vermis odgovara *lobuli semilunaris* hemisfera: *lobulus semilunaris superior* (na gornjoj strani malog mozga) i *lobulus semilunaris inferior* (na donjoj strani malog mozga). Razdvaja ih *fissura horizontalis*.

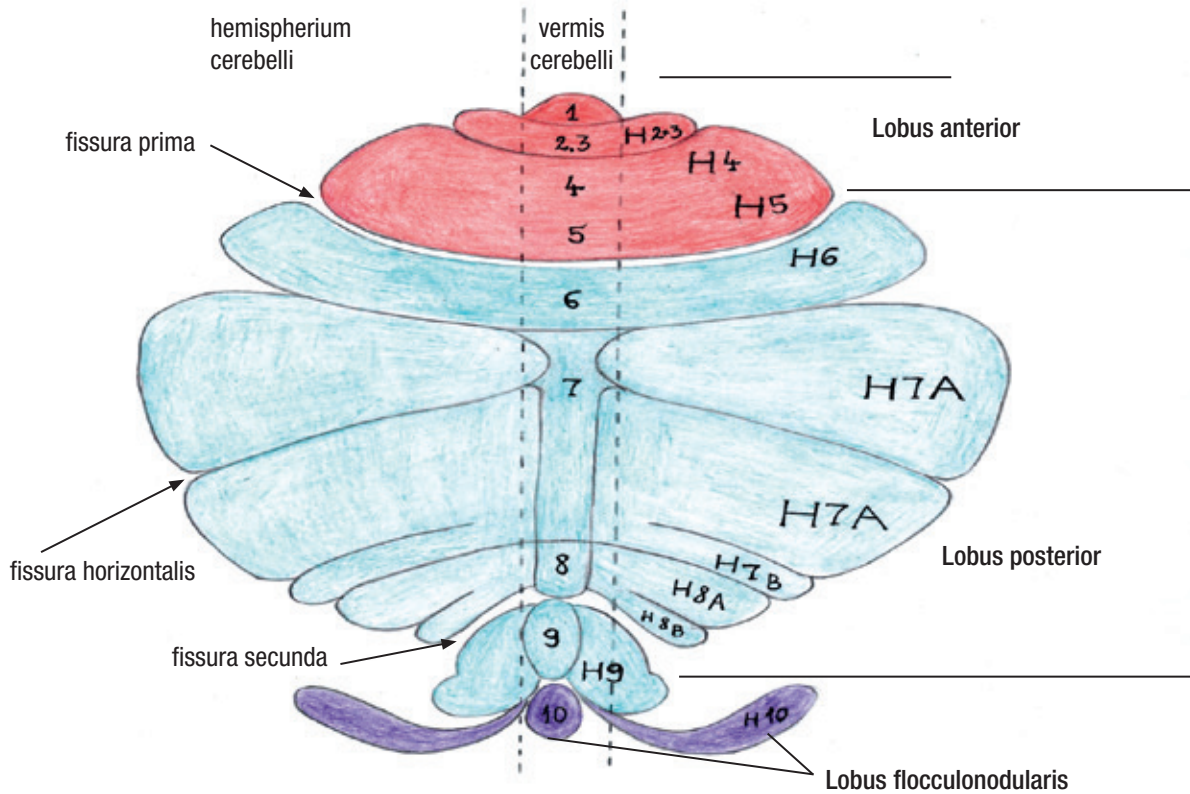
Tuber vermis odgovara bočno *lobulus gracilis s. paramedianus* hemisfere.

Pyramis vermis se bočno nastavlja u *lobulus biventer* hemisfere koji ima 2 dijela: spoljašnji (*pars lateralis lobulus biventer*) i medijalni (*pars medialis lobulus biventer*). *Fissura secunda* odvaja *pyramis* i *lobulus biventer* od sljedećih dijelova vermisa i hemisfere.

Uvula vermis odgovara *tonsilla cerebelli* hemisfre. Ova dva elementa su ograničena sa posterolateralnom pukotinom (*fissura posterolateralis*) od flokulonodularnog režnja.

Uz zadnji dio zadnjeg režnja malog mozga, uz veliki potiljačni otvor (*foramen magnum*), leži mali režanj, zvani *tonsilla*. Kod povećanja intrakranijalnog pritiska, *tonsilla* može da bude potisnuta prema kičmenom kanalu i da zajedno

sa ivicom *foramena magna* vrši pritisak na produženu moždinu i ugrožava vitalne centre smještene u njoj (Slika5-4.).



Slika 5-4. Podjela malog mozga na režnjeve

Vermis cerebelli: 1-lingula, 2,3- lobulus centralis, 4,5-culmen, 6-declive, 7-tuber, 8-pyramis, 9-uvula, 10-nodus

Hemispherium cerebelli: H2,3-ala lobuli centrales, H4,H5-lobus quadrangularis, pars anterior, H6-lobus simplex (lobus quadriangulare, pars posterior), H7A-lobulus semilunaris superior, H7 A-lobulus selunaris inferior, H7B- lobulus gracilis s. paramedianus, H8A,H8B-lobulus biventer, H9-tonsilla cerebelli, H10-flocculus

FLOKULONODULARNI
REŽANJ (LOBUS
FLOCCULONODULARIS)

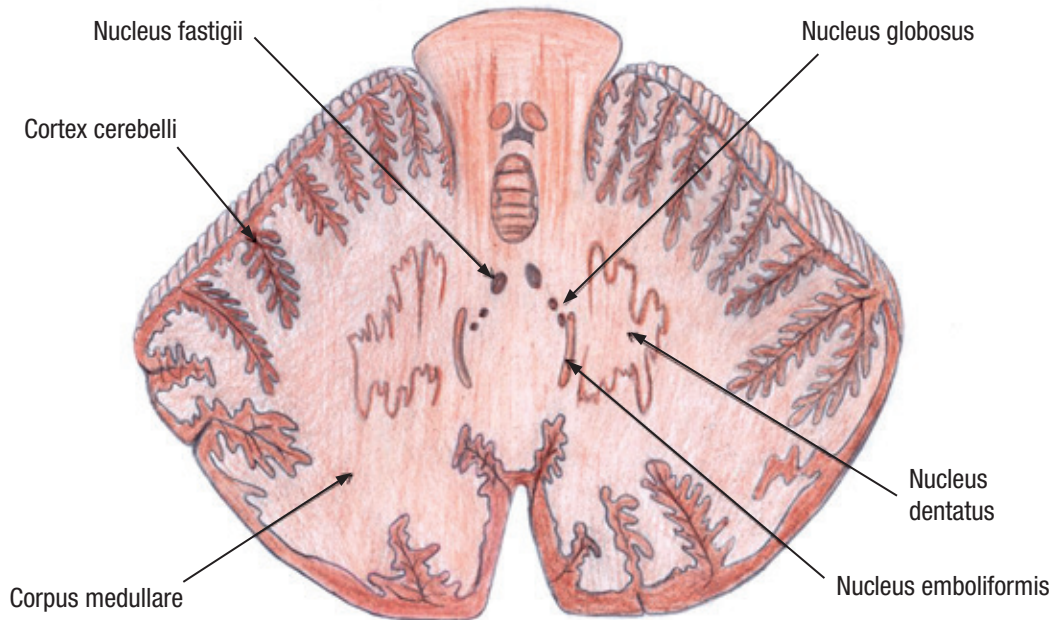
Flokulonodularni režanj se nalazi ispred posterolateralne pukotine, a sastoji se od nodulusa (*nodus*) vermis i pahuljice (*flocculus*) koji su spojeni nožicom pahuljice (*pedunculus flocculi*) (Slika5-4.).

GRADJA MALOG MOZGA

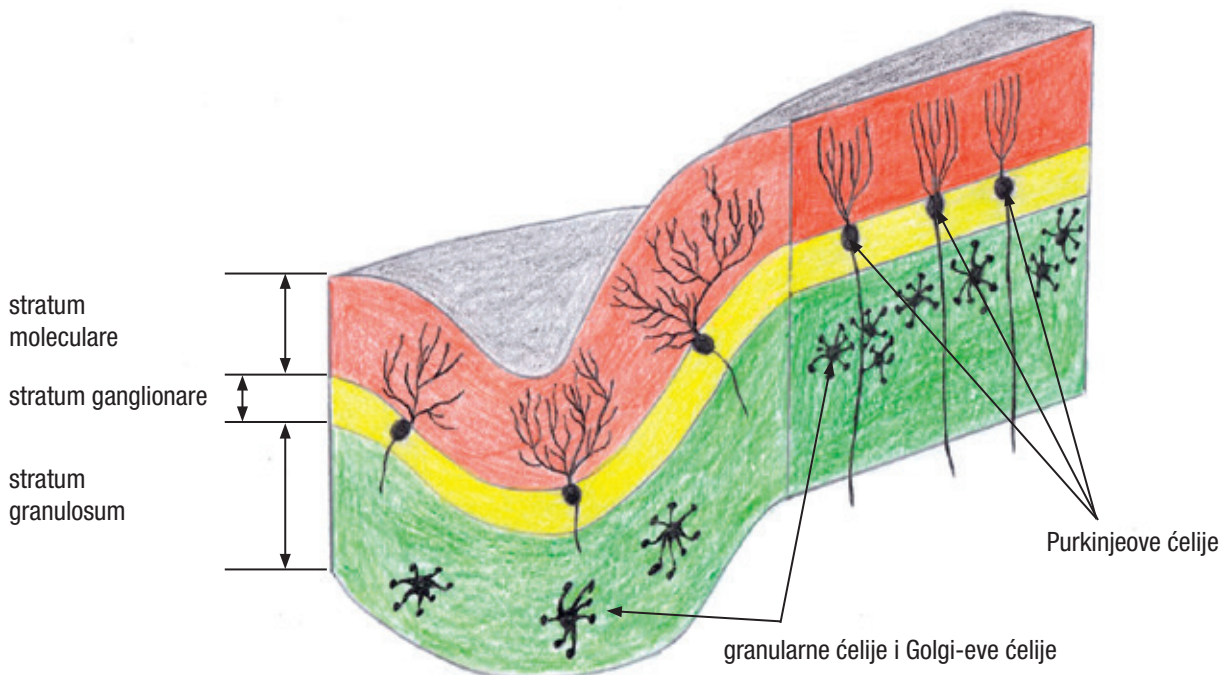
Mali mozak je građen od sive (*substantia grisea*) i bijele mase (*substantia alba*).

SIVA MASA MALOG MOZGA (SUBSTANTIA GRISEA)

Sivu masu malog mozga čini kora (*cortex*) i jedra (*nuclei*) malog mozga (Slika 5-5.).



Slika 5-5. Građa malog mozga



Slika 5-6. Građa kore malog mozga

Kora malog mozga (*Cortex cerebelli*)

Kora pokriva sve vijuge i brazde malog mozga izuzev dijela gdje u mali mozak ulaze kraci (*pedunculi*). To je tanki sloj sive mase debljine 0,7-1,5 mm. Kora je nabrana i najveći dio površine je zbog toga skriven (85%) između vijuga malog mozga. Na presjeku se vide dva različito obojena dijela kore: spoljašnji, svjetliji i unutrašnji, tamniji. Na histološkim presjecima razlikuju se 3 sloja: spoljašnji-molekularni sloj, srednji-gangliozni sloj (sloj Purkinjeovih ćelija) i unutrašnji-zrnati sloj (granularni sloj) (Slika 5-6.).

Molekularni sloj (*stratum moleculare*) je izgrađen od zvjezdastih i korpastih ćelija, dendrita Purkinjeovih i aksona granularnih ćelija. U ovom sloju se spajaju dendriti Purkinjeovih ćelija sa aksonima zvjezdastih i granularnih ćelija, a aksoni korpastih ćelija se spajaju sa tijelima Purkinjeovih ćelija.

Gangliozni ili sloj Purkinjeovih ćelija (*stratum ganglionare*) izgrađuju Purkinjeove ćelije koje imaju veliko kruškoliko ili peharasto tijelo koje je smješteno uz zrnati sloj. Sa spoljašnjeg dijela tijela polaze dendriti koji se granaju u bogato stablo koje je smješteno u molekularnom sloju. Od unutrašnjeg dijela tijela polaze aksoni, koji prolaze kroz zrnati sloj (u zrnatom sloju se spajaju sa aksonima zrnatog sloja) i jedini napuštaju koru i završavaju se u jedrima malog mozga ili u jedrima moždanog stabla. Aksoni Purkinjeovih ćelija djeluju inhibitoryno, sadrže mnogo GABA (gamaaminobuterna kiselina), na neurone jedara malog mozga i vestibularna jedra u moždanom stablu.

Zrnati ili granularni sloj (*stratum granulosum*) sadrži zrnate ili granularne ćelije i Golgi-eve ćelije. Granularne ćelije su mnogobrojne, male, gusto zbijene i njihovi dendriti završavaju na glomerulima (*glomeruli cerebellosi*), gdje se spajaju sa aferentnim vlaknima cerebeluma i aksonima Golgi-evih ćelija. Aksoni granularnih ćelija ulaze u molekularni sloj i dijele se u obliku slova „T“. Tako nastaju paralelna vlakna granularnih ćelija, koja se spajaju sa dendritima Purkinjeovih ćelija. Golgi-ćelije su malobrojne, rasute i leže uz sloj Purkinjeovih ćelija. Njihovi dendriti u obliku razgranatog žbunja idu u molekularni sloj i spajaju se sa paralelnim vlaknima granularnih ćelija, a njihovi aksoni završavaju u glomerulima.

Do kore malog mozga dolaze mnogobrojna puzavičasta, mahovinasta i aminergička vlakna.

Iz donjeg olivarnog jedra dolazi *tr. olivocerebellaris*, čiji se terminalni dio završava, u vidu puzavičastih vlakana, na Purkinjeovim ćelijama.

Mnogobrojni putevi koji dolaze u mali mozak (*tr. pontocerebellaris*, *tr. spinocerebellaris*, *tr. vestibulocerebellaris*) grade sinapse (glomerule) sa granularnim ćelijama, a zatim se završavaju kao mahovinasta vlakna na velikom broju Purkinjeovih ćelija.

Dio vlakana koji dolazi iz sive mase moždanog stabla (*nc. raphes et paramediani*, *locus ceruleus*) sadrže biogene amine. Vlakna koja dolaze iz *nuclei raphes* sadrže serotonin, a iz *locus ceruleus*-a bogata su noradrenalinom. Noradrenergička vlakna prave sinapse sa Purkinjeovim ćelijama, a serotoninergička ne prave.

Impulsi koji putem puzavičastih, mahovinastih i aminergičkih vlakana ulaze u koru malog mozga su većinom ekscitatorni, mada mogu djelovati i inhibitoryno zbog postojanja umetnutih kortikalnih interneurona (zvjezdaste, korpaste i Golgi-ćelije, paralelna vlakna), koji dovode do inhibicije Purkinjeovih

ćelija. Jedina eferentna vlakna kore malog mozga su aksoni Purkinjeovih ćelija koji sadrže GABA (gamaaminobuterna kiselina) i djeluju inhibitorno preko jedara malog mozga na vestibularna jedra.

Jedra malog mozga
(*Nuclei cerebelli*)

Ispod kore, u bijeloj masi malog mozga nalaze se četiri parna jedra: krovno jedro (*nucleus fastigii*), loptasto jedro (*nucleus globosus*), čepoliko jedro (*nucleus emboliformis*) i zupčasto jedro (*nucleus dentatus*) (Slika 5-5.)

Krovno jedro (*nucleus fastigii s. medialis cerebelli*) je filogenetski najstarije jedro koje se nalazi uz samu srednju liniju (parasagitalno) iznad krovnog špaga (*fastigium*) IV moždane komore. Građeno je od velikih multipolarnih neurona sa jednostavnim dendritima i aksonom koji na samom početku grade jednu do dvije krivine i od malih neurona.

Aferentna vlakna dolaze iz: kore vermisa, vestibularnih jedara i donjeg olivarnog kompleksa.

Eferentna vlakna odlaze kroz donji krak malog mozga (*pedunculus cerebellaris inferior*) u vestibularna jedra.

Loptasto jedro (*nucleus globosus s. nucleus interpositus posterior*) se nalazi između krovnog (medijalno) i čepolikog jedra (lateralno). Grade ga nekoliko multipolarnih neurona i malih neurona, Aferentna vlakna dolaze iz Purkinjeovih ćelija kore, a eferentna vlakna odlaze u produženu moždinu.

Čepoliko jedro (*nucleus emboliformis s. nucleus interpositus anterior*) je smješteno u hilusu zupčastog jedra. Građeno je od multipolarnih i brojnih sitnih neurona. Aferentna vlakna dobiva iz kore malog mozga, a eferentna vlakna šalje u *thalamus* kroz *pedunculus cerebellaris superior*

Zupčasto jedro (*nucleus dentatus s. nucleus lateralis cerebelli*) je veliko jedro, oblika kese sa spoljašnjim mješurasto ispupčenim zidom i hilusom (*hilum nuclei dentati*) koji gleda naprijed, gore i unutra. Sastoji se od dva filogenetski različita dijela: stariji, dorzomedijalni (*paleocerebellum*) i mlađi, ventrolateralni (*neocerebellum*). Aferentna vlakna dolaze iz kore malog mozga (inhibitorna) i iz moždanog stabla (ekscitatorna). Eferentna vlakna izlaze iz hilusa jedra i preko gornjeg kraka malog mozga (*pedunculus cerebellaris superior*) odlaze u *nucleus ruber* i *thalamus*.

Osim morfološke podjele malog mozga na režnjeve, postoji i **filogenetsko-funkcionalna podjela malog mozga** na tri dijela:

- *Archicerebellum* ili *vestibulocerebellum*, koji predstavlja filogenetski najstariji dio malog mozga (javlja se prvi put kod riba). On je povezan recipročnim vezama sa vestibularnim jedrima i odgovoran je za regulaciju mišićnog tonusa, održavanje ravnoteže i kontrolu pokreta očiju i trupa, u zavisnosti od promjena položaja glave. Arhicerebellum obuhvata flokulonodularni režanj, *nucleus fastigii* i dorzalni dio vermisa.
- *Paleocerebellum* ili *spinocerebellum*, predstavlja mlađi dio malog mozga, koji se javlja na višem stepenu filogenetske ljestvice. On je povezan spinocerebellarnim putevima sa kičmenom moždinom i učestvuje u regulaciji mišićnog tonusa, kontroliše sinergično djelovanje mišića pri različitim pokretima i položajima tijela, posebno pri održavanju uspravnog stava tijela. Paleocerebellum obuhvata *lobus anterior*, *lingulu*, dijelove hemisfere oko vermisa, *nucleus globosus* i *nucleus emboliformis*.

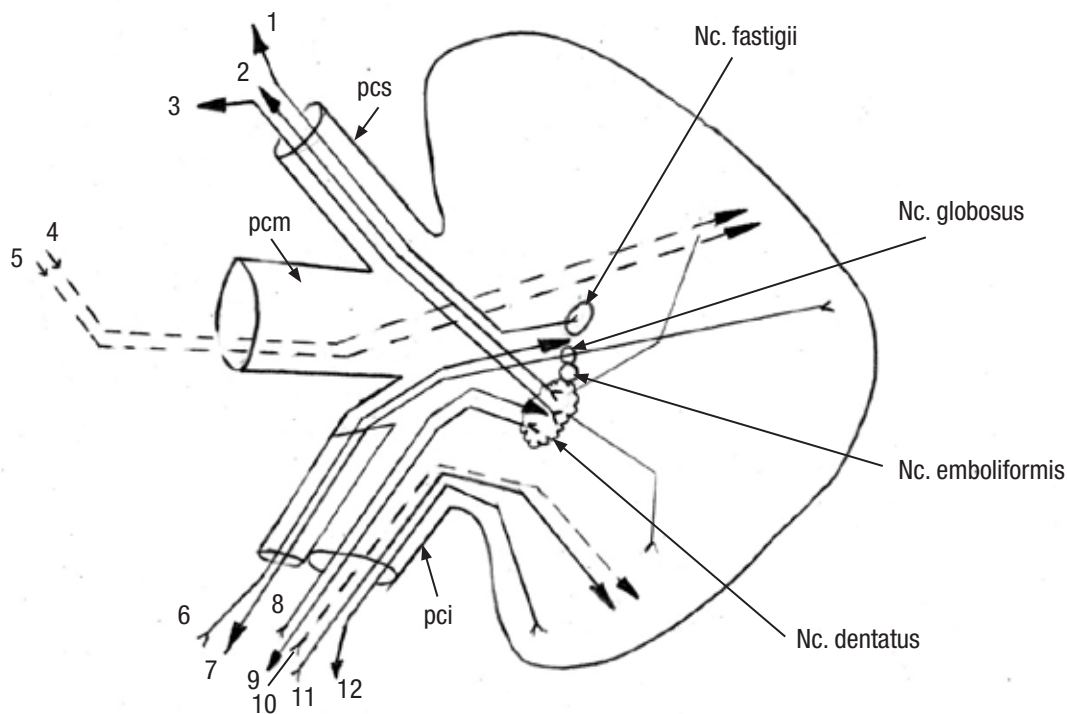
- *Neocerebellum* ili *pontocerebellum* je filogenetski najmlađi dio malog mozga. On obuhvata najveći dio hemisfera malog mozga i njegovo najveće jedro- *nucleus dentatus*. U ovaj dio malog mozga dolaze informacije iz primarnog motornog polja velikog mozga, preko jedara ponsa. *Neocerebellum* kontrolira svjesne i automatske pokrete svih dijelova tijela, naročito šake, tj. automatski regulira redoslijed, opseg i preciznost voljnih pokreta, kao i programiranje pokreta. Smatra se da mali mozak funkcionira kao koordinator preciznih pokreta tako što ovaj dio malog mozga učestvuje u motornom učenju, a izgleda da ima određenu ulogu u regulaciji emocija. *Neocerebellum* obuhvata najveći dio kore malog mozga, *lobus posterior* i *nucleus dentatus*, najveće jedro malog mozga.

BIJELA MASA MALOG MOZGA (SUBSTANTIA ALBA)

Središnji dio (*corpus medullare*)

Bijela masa malog mozga se sastoji od **središnjeg dijela (*corpus medullare*) i krakova malog mozga (*pedunculi cerebellares*)**.

(Slika 5-5.) bijele mase se nalazi u središtu hemisfera malog mozga i prema kori malog mozga se uvlači u vijuge kore formirajući bijele lamine (*lamina medullaris s. alba*). Na sagitalnom presjeku malog mozga ovakav izgled bijele i sive mase malog mozga izgleda kao razgranato drvo i naziva se drvo života (*arbor vitae*). Bijela masa u vermisu je veoma oskudna i predstavlja most između sre-



Slika 5-7. Prikaz puteva kroz krakove malog mozga:

pcs- pedunculus cerebellaris superior, pcm- pedunculus cerebellaris medius, pci- pedunculus cerebellaris inferior
 pcs- 1. Tr. fastigiobulbaris, 2. Tr. cerebellothalamicus, 3. Tr. cerebellorubralis

pcm- 4. Tr. pontocerebellaris, 5. Tr. corticocerebellaris (pars pontina)

pci- 6. Tr. nucleocerebellaris, 7. Tr. cerebellonuclearis, 8. Tr. olivocerebellaris, 9. Tr. dentatoolivaris, 10. Tr. corticocerebellaris (pars bulbaris),
 11. Tr. spinocerebellaris posterior, 12. Tr. cerebellospinalis

dišnjih dijelova hemisfera. Na mediosagitalnom presjeku bijela masa vermisa ima izgled drveta i naziva se drvo vermisa.

Kraci malog mozga
(*pedunculi cerebellares*)

su dio bijele mase malog mozga koji povezuju mali mozak sa moždanim stablom. Polaze sa prednje strane malog mozga. To su: gornji kraci (*pedunculi cerebellares superiores*), srednji (*pedunculi cerebellares medii*) i donji kraci (*pedunculi cerebellares inferiores*) (Slika 5-7.).

Gornji kraci (*pedunculi cerebellares superiores*) povezuju mali mozak sa mezencefalonom. Između gornjih krakova je razapeta gornja sržna opna (*velum medullare superius s. anterius*). Oni sadrže: *tractus (tr.) spinocerebellaris anterior, tr. cerebellorubralis, tr. cerebellothalamicus, tr. fastigiobulbaris*.

Srednji kraci (*pedunculi cerebellares medii*) su najmasivniji i povezuju mali mozak sa moždanim mostom. Sadrže: *tr. pontocerebellaris i tr. corticocerebellaris*.

Donji kraci (*pedunculi cerebellares inferiores*) povezuju mali mozak sa produženom moždinom. Između donjih krakova malog mozga je razapeta donja sržna opna (*velum medullare inferius s. posterius*). Sadrže: *tr. spinocerebellaris posterior, tr. cuneocerebellaris, tr. reticulocerebellaris, tr. olivocerebellaris, tr. cerebellospinalis, tr. dentoolivaris, tr. cerebellonuclearis i tr. cerebellovestibularis*.

PUTEVI MALOG MOZGA

Putevi malog mozga se dijele na projekcione, komisuralne i asocijacione puteve.

Mali mozak ima komisuralne i asocijacione puteve, ali o njima se malo zna. Projekcioni putevi malog mozga su ulazni, dovodni (aferentni) i izlazni, odvodni (eferentni) putevi.

Aferentni putevi malog mozga su: *tractus corticocerebellaris, tractus nucleocerebellaris, tractus spinocerebellaris anterior i posterior, tractus pontocerebellaris, tractus vestibulocerebellaris, tractus olivocerebellaris, tractus cuneocerebellaris i tractus reticulocerebellaris*.

Eferentni putevi malog mozga su: *tractus cerebellorubralis, tractus cerebellothalamicus, tractus cerebellospinalis, tractus dentoolivaris, tractus cerebellovestibularis i tractus cerebellonuclearis*.

TRACTUS
SPINOCEREBELLARIS
ANTERIOR (GOWERS)

Tractus spinocerebellaris anterior (Gowers) prenosi nesvjesni, duboki (proprioceptivni) senzibilitet iz donjih ekstremiteta i trupa.

Neuron I: *ganglion spinale* (periferni produžeci ganglionna polaze iz tetiva mišića, zglobnih čahura, kostiju trupa i donjih ekstremiteta, a centralni produžetak ganglionna se završava u svojoj masi zadnjih rogova kičmene moždine-lamine V-VII, djelomično lamina VIII.

Neuron II: siva masa zadnjih rogova kičmene moždine-lamine V-VII, djelomično lamina VIII (aksoni ovih masa grade *tractus spinocerebellaris anterior-Gowersi*, koji se ukršta u kičmenoj moždini i kroz funiculus anterolateralis kičmene moždine ulazi u tegmentum moždanog stabla. U tegmentumu ponsa ponovo se ukršta. Kroz pedunculus cerebellaris superior ulazi u koru malog mozga)

Neuron III: *cortex cerebelli*

Ovaj put je povezan sa ventrolateralnim jedrima talamusa preko umetnutih neurona (*tr. corticonuclearis, tr. cerebellorubralis i tr. cerebellothalamicus*). Thalamus je povezan sa odgovarajućim dijelovima senzitivne kore velikog

mozga. Na ovaj *tractus spinocerebellaris anterior* (Gowers) je indirektno vezan sa senzitivnom korom velikog mozga (primarno somatosenzitivno polje). (Slika 5-2.)

TRACTUS
SPINOCEREBELLARIS
POSTERIOR
(FLECHSIG)

Tractus spinocerebellaris posterior (Flechsig) je put koji prenosi nesvjesni, duboki (proprioceptivni) i dijelom površni (eksteroceptivni) senzibilitet iz donje polovine trupa i donjih ekstremiteta.

Neuron I: *ganglion spinale* (Periferni produžeci polaze od receptora u mišićnim vretenima, tetivama, zglobnim čahurama (proprioceptivni senzibilitet) i iz kože odgovarajućih dijelova tijela (eksteroceptivni senzibilitet). Centralni produžeci prolaze kroz zadnji dio zadnjeg korijena kičmenog živca i završavaju se u *nucleus thoracicus posterior-Clark* (lamina VII, od C8-L3 segmenta kičmene moždine)

Neuron II: *nucleus thoracicus posterior-Clark* (aksoni ovog jedra grade *tractus spinocerebellaris posterior* koji prolazi kroz ipsilateralni *funiculus posterolateralis* kičmene moždine, spoljašnji dio tegmentuma produžene moždine, *pedunculus cerebellaris inferior* iste strane i završava se u kori malog mozga.

Neuron III: *cortex cerebelli*

Od kore malog mozga umetnuti neuroni (*tractus corticonuclearis*, *tractus cerebellorubralis*, *tractus rubrothalamicus*) dovode impulse do talamusa, koji se od talamusa usmjeravaju u odgovarajuću senzitivnu oblast kore velikog mozga.

Tractus spinocerebellaris posterior (Flechsig) je cijelim svojim tokom **neukršten**. (Slika 5-2.)

TRACTUS
CUNEOCEREBELLARIS

Tractus cuneocerebellaris prenosi nesvjesni, duboki (proprioceptivni) i eksteroceptivni senzibilitet iz gornje polovine trupa i gornjih ekstremiteta.

Neuron I: *ganglion spinale* (Periferni produžeci gangliona polaze iz receptora u mišićnim vretenima, tetivama, zglobnim čahurama i iz kože gornje polovine trupa i gornjih ekstremiteta. Centralni pridružeci ganglija idu kao lateralna vlakna *fasciculus cuneatus*-a i završavaju se u *nucleus cuneatus accessorius*, na dorzalnoj strani produžene moždine)

Neuron II: *nucleus cuneatus accessorius* (aksoni jedra grade *tractus cuneocerebellaris*, koji se pridružuje *tractus-u spinocerebellaris posterior* i završava se u kori malog mozga.

Neuron III: *cortex cerebelli*

Preko umetnutih neurona ovaj put se povezuje sa jedrima talamusa i somatosenzornim poljem u kori velikog mozga. (Slika 5-2.)

VASKULARIZACIJA
MALOG MOZGA

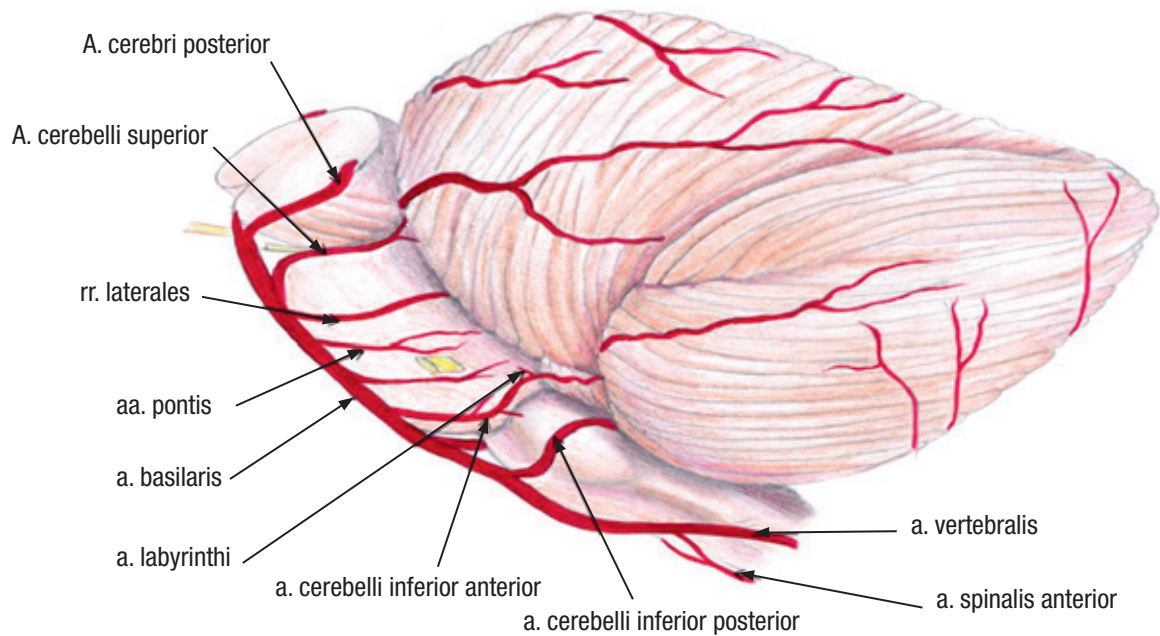
ARTERIJE MALOG
MOZGA

(Slika 5-8.) su:

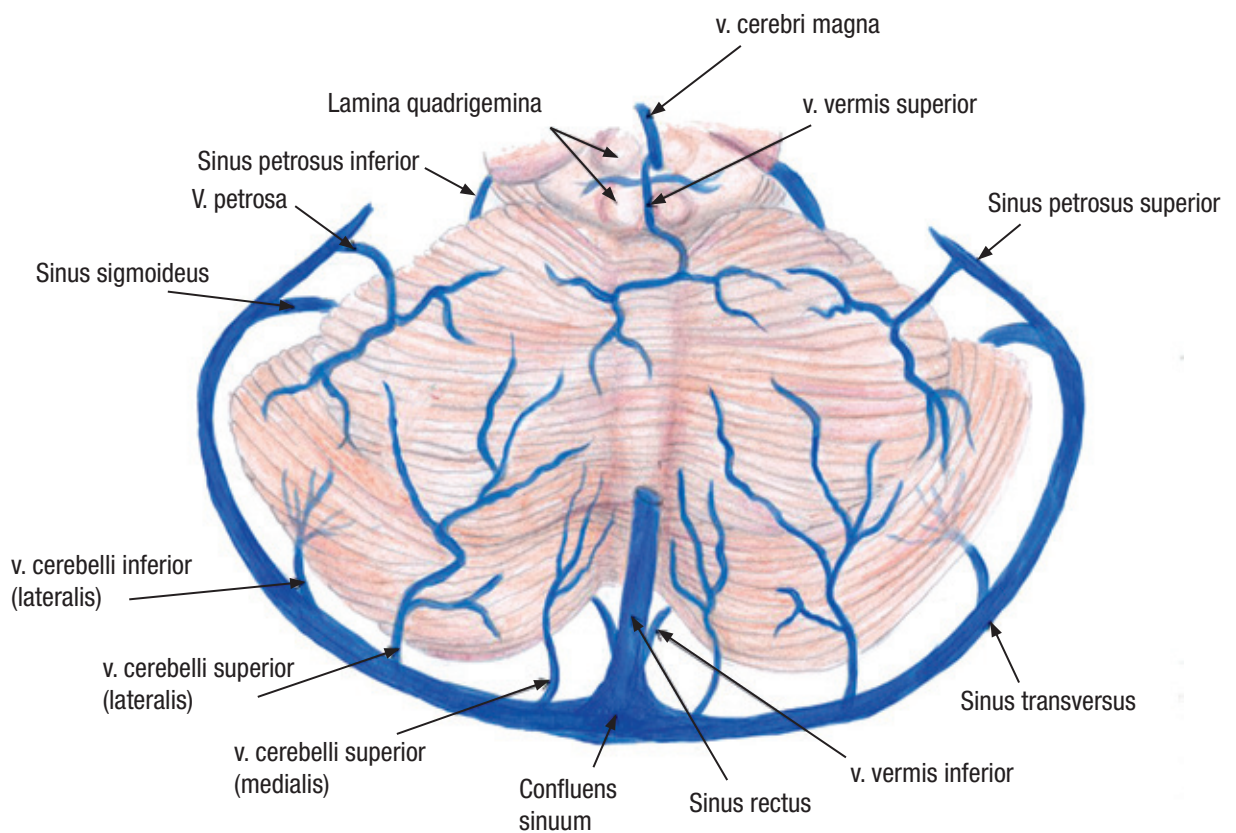
Arteria cerebelli superior - ogranak je *a. basilaris*, neposredno prije terminalnog granjanja *a. basilaris* na *aa. cerebri posteriores*.

A.cerebelli inferior anterior - jedan je od prvih ogranaka *a. basilaris*

A. cerebelli inferior posterior - ogranak završnog dijela *aa. vertebrales*, prije nego se ujedine u *a. basilaris*.



Slika 5-8. Arterije malog mozga



Slika 5-9. Prikaz odvoda venske krvi malog mozga, pogled dorzalno

VENSKA KRV MALOG MOZGA

može se drenirati raznim putevima. Najčešće putem *vv. cerebelli* u *v. cerebri magna*, a zatim u *sinus rectus* ili *sinus transversus*. Vene kaudolateralne površine malog mozga preko *v. petrosa* ulijevaju se u *sinus petrosus superior* (Slika 5-9.).

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Kora hemisfera malog mozga je znatno više naborana nego kora velikog mozga, tako da je ukupna površina cerebelarnog korteksa za 75 % veća od površine cerebralnog korteksa. S obzirom na brojne funkcije, u čijoj regulaciji učestvuju mali mozak, njegove lezije i oboljenja dovode do značajnih poremećaja, posebno u oblasti motorike.

Laterálni dijelovi hemisfera malog mozga mnogostruko su povezani sa cerebralnim korteksom i igraju ulogu u planiranju i programiranju voljnih pokreta. U medijalnim dijelovima cerebelarnog korteksa oko vermisa, vrši se poređenje plana voljnog pokreta sa njegovom realizacijom u toku izvođenja pokreta i, shodno tome, vrši se potrebna korekcija pokreta, kako bi se pokret odvijao glatko i koordinirano. Mali mozak učestvuje u regulaciji različitih funkcija na osnovu informacija aferentnih impulsa, koji stižu u njegov korteks iz različitih dijelova centralnog nervnog sistema određenim putevima (*tractus spinocerebellaris ventralis, dorsalis i rostralis, tractus olivocerebellaris* i dr.). Iz korteksa impulsi se prenose u jedra cerebeluma, pri čemu impulsi iz lateralnih dijelova hemisfera odlaze u *nucleus globosus, nucleus emboliformis i nucleus dentatus*, a impulsi iz vermisa i okolnog korteksa odlaze u *nucleus fastigii*.

Kod oštećenja cerebelarnih hemisfera nema vidljivih abnormalnosti dok bolesnik miruje. Međutim, u toku pokreta postaje vidljiv gubitak koordinacije pokreta (*ataxia*), pri čemu su poremećeni brzina, intenzitet, domet i smjer pokreta. Lezije jedara cerebeluma izazivaju teže i generalizovanije defekte nego lezije cerebelarnog korteksa. Ataksija se manifestuje nesigurnim hodom, nesposobnošću za vršenje preciznih pokreta, pri čemu se gubi sposobnost za brzo smjenjivanje suprotnih pokreta (pronacija i supinacija šake). Javlja se intencioni tremor (oscilovanje prsta kad se njime želi dodirnuti neki predmet). Tremor se javlja samo pri pokušaju izvođenja voljnih pokreta, dok se u miru ne javlja. Usljed poremećene regulacije mišićnog tonusa, oboljenja cerebeluma praćena su hipotonijom.

Lezije cerebeluma prati skandiran govor, jer su poremećeni preciznost i koordinacija pokreta, koje obavljaju mišići, uključeni u govornu funkciju.

Veze cerebelarnog korteksa sa njegovim jedrima i veze sa moždanim stablom, kičmenom moždinom i kortikalnim i supkortikalnim formacijama velikog mozga omogućavaju uloge, koje cerebelum ima u regulaciji ravnoteže i položaja tijela u prostoru, regulaciji mišićnog tonusa, kontroli voljnih i automatskih pokreta i u motornom učenju.

Izgleda da postoje direktne veze cerebeluma sa hipotalamusom i limbičkim sistemom (amigdala, septalna area), zbog čega se pretpostavlja da cerebelum učestvuje u regulaciji emocija i motivacionog ponašanja. U eksperimentima na životinjama lezije cerebeluma dovodile su do hiperreaktivnosti i intenzivnijeg ispoljavanja emocija.

Pitanja za ponavljanje:

1. Sivu masu malog mozga gradi:
 - a) _____
 - b) _____

2. Na histološkim presjecima kore malog mozga razlikuju se tri sloja. Koja?
 - a) _____
 - b) _____
 - c) _____

3. Navedite jedra malog mozga:
 - a) _____ b) _____
 - c) _____ d) _____

4. U funkcionalnoj podjeli malog mozga je sve tačno, osim:
 - a) *Vestibulocerebellum=archeocerebellum*
 - b) *Spinocerebellum=paleocerebellum*
 - c) *Vestibulocerebellum=neocerebellum*
 - d) *Pontocerebellum=neocerebellum*

5. Laminacija bijele mase malog mozga ostavlja na presjeku karakterističan izgled koji se zove:

6. Kroz donje krake malog mozga (*pedunculi cerebellares inferiores*) prolaze eferentni putevi:
 - a) *Tractus cerebellorubralis, tractus cerebellothalamicus*
 - b) *Tractus spinocerebellaris anterior et posterior*
 - c) *Tractus cerebellospinalis, tractus cerebelloolivaris*

7. *Tractus spinocerebellaris anterior* prolazi kroz:
 - a) Srednje krake malog mozga
 - b) Gornje krake malog mozga
 - c) Donje krake malog mozga

8. *Tractus spinocerebellaris posterior* prenosi:
 - a) Nesvjesni, duboki (proprioceptivni) i dijelom površni (eksteroceptivni) senzibilitet iz donje polovine trupa i nogu
 - b) Nesvjesni, duboki (proprioceptivni) i površni (eksteroceptivni) senzibilitet iz gornje polovine tijela i ruku
 - c) Nesvjesni, duboki (proprioceptivni) senzibilitet iz donje polovine tijela

Poglavlje 6

MEĐUMOZAK (<i>DIENCEPHALON</i>).....	103
UVOD	103
<i>prof. dr Zdenka Krivokuća</i>	
Razvoj međumozga	103
Spoljašnja morfologija (<i>morphologia externa</i>)	104
Granice	104
Dimenzije	105
Položaj	105
Spoljašnji izgled	105
TALAMUS (<i>THALAMUS</i>).....	107
<i>prof. dr Zdenka Krivokuća</i>	
Talamus (<i>thalamus</i>) - morfologija	107
Građa talamusa	108
Siva masa talamusa.....	108
Morfološka podjela jedara talamusa	109
Funkcionalna podjela jedara talamusa	110
Bijela masa talamusa	111
Kliničke implikacije	112
HIPOTALAMUS (<i>HYPOTHALAMUS</i>)	113
<i>prof. dr Goran Spasojević</i>	
Uvod.....	113
Morfologija hipotalamusa.....	113
Građa hipotalamusa	114
Siva masa hipotalamusa	115
Bijela masa hipotalamusa	117
Hipofiza (<i>Hypophysis s. Glandula pituitaria</i>)	118
Sažetak o funkciji hipotalamusa	119
KLINIČKE IMPLIKACIJE	120
EPITALAMUS (<i>EPITHALAMUS</i>).....	122
<i>prof. dr Vesna Gajanin</i>	
METATALAMUS (<i>METATHALAMUS</i>)	124
<i>Prof. dr Vesna Gajanin</i>	
SUBTALAMUS (<i>SUBTHALAMUS</i>).....	125
<i>prof. dr Vesna Gajanin</i>	
KLINIČKE IMPLIKACIJE	127

Poglavlje 6

MEĐUMOZAK (DIENCEPHALON)

UVOD

prof. dr Zdenka
Krivokuća

Međumozak (*diencephalon*) se nalazi ispred srednjeg mozga, a između hemisfera velikog mozga. Njegova donja strana leži na bazi lobanje u predjelu turskog sedla, dok njegovu gornju, prednju i bočne strane obuhvataju hemisfere velikog mozga. Diencefaloni i veliki mozak (*telencephalon*) spojeni su rostralno pomoću preoptičkog i septalnog područja, a bočno pomoću bazalnih ganglija i *capsula-e interna-e*. Najveći dio diencefalona odvojen je, međutim, od hemisfera velikog mozga, jer se između njih nalazi bočna moždana komora. Na ventralnoj strani mozga, rostralnu granicu diencefalona predstavlja optička raskrsnica (*chiasma opticum*), a njegovu kaudalnu granicu prema mezencefalonu označava zadnja ivica bradavičastih tijela (*corpora mamillaria*). Na dorzalnoj strani mozga, kaudalnu granicu diencefalona prema mezencefalonu predstavlja prednja ivica *tectum-a mesencephali*, dok je rostralna granica diencefalona prema velikom mozgu nejasno morfološki označena.

U središtu diencefalona nalazi se treća moždana komora (*ventriculus tertius*), koja dijeli diencefaloni na dvije simetrične polovine, desnu i lijevu.

U morfološkom i funkcionalnom pogledu diencefaloni je podijeljen na sljedeće dijelove: talamus (*thalamus*), epitalamus (*epithalamus*), metatalamus (*metathalamus*), suptalamus (*subthalamus*) i hipotalamus (*hypothalamus*). Talamus, epitalamus i metatalamus čine **dorzalni diencefaloni**, a hipotalamus i suptalamus čine **ventralni diencefaloni**.

RAZVOJ MEĐUMOZGA

Međumozak (*diencephalon*) se razvija iz zadnjeg dijela prozencefaličnog mjehura, dok od prednjeg dijela prozencefaličnog mjehura nastaje veliki mozak ili telencefaloni (*telencephalon*). Prozencefalički mjehur se sastoji od debelih bočnih zidova, povezanih tankom krovnom i podnom pločom. Diencefaloni je podijeljen na dorzalni i ventralni dio. Ova dva dijela su složene građe i učestvuju u izgradnji različitih nervnih struktura.

Dorzalni dio razvija se u talamus i metatalamus, a od dorzokaudalnog dijela bočnog zida i krova nastaje epitalamus.

Talamus (thalamus) se najprije uočava kao zadebljanje na prednjem dijelu dorzalnog polja bočnog zida. Iza njega su lateralno i i medijalno koljenasto tijelo, koja građe metatalamus. Sa uvećanjem lijevog i desnog talamusa dolazi do formiranja međutalamusne spojnice (*adhesio interthalamica*). Spoljašnja površina talamusa spaja se da dijelom hemisfere u kome se razvija prugasto tijelo (*corpus striatum*). Kasnije, sa razvojem projekcionih vlakana neokorteksa, talamus biva unutrašnjom čahuricom (*capsula interna*) odvojen od sočivastog jedra (*nucleus lentiformis*).

Epitalamus (*epithalamus*) već kod embriona 12-20 mm tjemeno-trtične dužine (TTD) sa bočnog zida strši u treću komoru u vidu glatke elipsoidne mase veće od susjednog talamusa. U narednim mjesecima, međutim, talamus svojim naglim rastom prevaziđe dimenzije epitalamusa. Pinealna žlijezda (*glandula pinealis*) nastaje kao šupalj izvrat od zadnjeg zida krovne ploče diencefalona. Ostali dijelovi epitalamusa se razvijaju od bočnog zida diencefalona.

Krovna ploča diencefalona se rostralno od pinealne žlijezde nastavlja preko srednjeg dijela telencefalona. Prije nastanka žuljevito tijela (*corpus callosum*) i forniksa (*fornix*), krovna ploča čini dno međuhemisferične uzdužne pukotine (*fissura longitudinalis*). Tanka, epitelnog karaktera, kasnije se invaginira u horoidni pleksus treće komore.

Horoidni pleksus (*plexus choroideus*) nastaje od sudovne moždanice (*pia mater*).

Ventralni dio diencefalona, zajedno sa podnom pločom, formira veliki dio hipotalamusa i suptalamusa.

Bradavičasta tijela (*corpora mammillaria*) se javljaju kao zadebljanje, koje se tokom trećeg mjeseca razvoja središnjom brazdom podijeli na dva simetrična dijela. Ispred njih se razvija pepeljasto izbočenje (*tuber cinereum*), koji se naniže nastavlja ljevkastim udubljenjem, infundibulumom. Ovaj, u vidu divertikulu na podu raste naniže ka krovu primitivne usne duplje i dolazi u kontakt sa dorzalno upravljanim Rathkeovim špagom. Formiranjem tijela sfenoidne kosti, krajem osme nedelje razvoja, prekida se komunikacija između Rathkeovog špaga i usne duplje, i on zajedno sa infundibulumom formira hipofizu (*hypophysis*). Pri tome, od Rathkeovog špaga nastaje adenohipofiza ili prednji režanj hipofize, a od infundibuluma nastaje neurohipofiza ili zadnji režanj hipofize. Preostali dio bočnog zida i poda ventralnog diencefalona predstavlja nastavak tegmentuma mezencefalona i označava se kao suptalamus (*subthalamus*). Njega čine rostralni kraj crvenog jedra (*nucleus ruber*), crna supstanca (*substantia nigra*), brojna retikularna jedra i mnogo nervih vlakana.

Veoma rano, prije zatvaranja rostralnog neuroporusa i pojave telencefalona, na bočnim dijelovima zadnjeg dijela prozencefaličnog mjehura javljaju se dva optička mjehura (*vesicula optica*). Ovi mjehuri predstavljaju osnovu budućih očiju. Iz podne ploče i lateralnih zidova prozencefalona, ventralno od primitivnih interventrikularnih otvora, razvija se prednji, telencefalični dio hipotalamusa, koji uključuje optičku raskrnicu (*chiasma opticum*), optički špag (*recessus opticus*) i odgovarajuća jedra.

SPOLJAŠNJA
MORFOLOGIJA
(*MORPHOLOGIA
EXTERNA*)

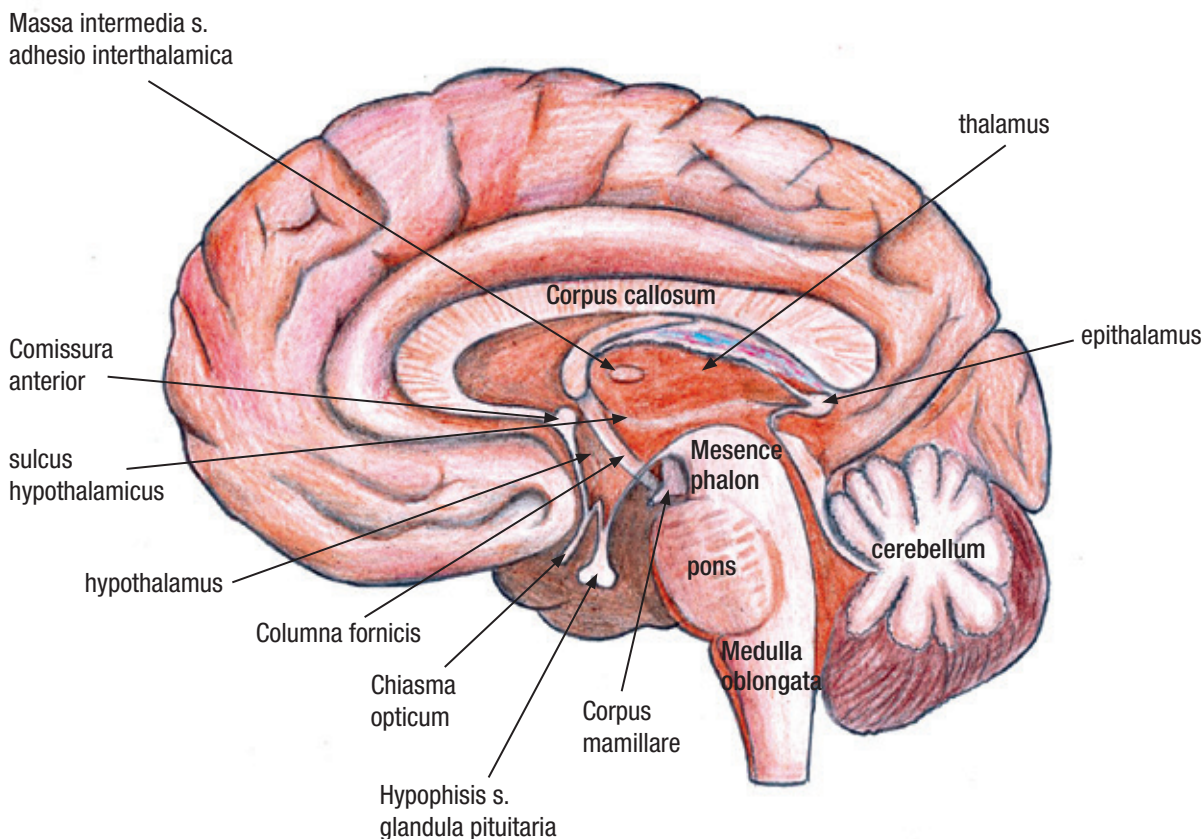
Granice

Granice međumozga prema susjednim dijelovima mozga su jasne samo na ventralnoj strani koja je jedino vidljiva strana međumozga.

Kaudalna granica, prema mezencefalonu, je predstavljena vertikalnom ravni koja se nalazi iza bradavičastih tijela (*corpora mammillaria*).

Rostralna granica, prema telencefalonu, označena je prednjom ivicom optičke raskrsnice (*chiasma opticum*), a bočne granice spoljašnjim ivicama optičkih traka (*tractus optici*). Duboka granica prema telencefalonu je *lamina terminalis*. Na dorzalnoj strani, prekrivenoj telencefalonom, kaudalno, prema mezencefalonu, granicu čini prednja ivica krovne poločice (*lamina tecti* s. *lamina quadrigemina*) mezencefalona.

- Dimenzije** Prosječna dužina diencefalona je 45 mm, maksimalna širina (u nivou zadnjeg dijela) iznosi 50-55 mm, dok je maksimalna visina u njegovom prednjem dijelu između 45-50 mm.
- Položaj** Diencefalon svojom ventralnom stranom naliježe na tijelo sfenoidne kosti: naprijed- prehijazmatični žlijeb (*sulcus prechiasmaticus*) i iza njega dijafragma turskog sedla (*diaphragma sellae*). Dijafragma turskog sedla se proteže od kvržice turskog sedla (*tuberculum sellae*) unazad do poledine turskog sedla (*dorsum sellae*). Na dijafragmi se nalazi otvor kroz koji prolazi peteljka (*infundibulum*) hipofize, a hipofiza se nalazi ispod dijafragme, u jami turskog sedla (*fossa hypophysialis*)
- Spoljašnji izgled** (Slika 6-1., 6-2.)
Ventralna strana diencefalona je jedina slobodna strana i odgovara hipotalamusu. Idući od naprijed prema pozada, na njoj se vide: preoptički region (*area preoptica*), optička raskrsnica (*chiasma opticum*), optičke trake (*tractus optici*), pepeljasto ispupčenje (*tuber cinereum*), peteljka hipofize (*infundibulum*) koja se naniže nastavlja nervnim lobusom (*pars nervosa s. lobus nervosus*) zadnjeg režnja hipofize-neurohipofize (*lobus posterior s. neurohypophysis*) i bradavičasta ispupčenja (*corpora mammillaria*). Ventralna strana diencefalona predstavlja prednji



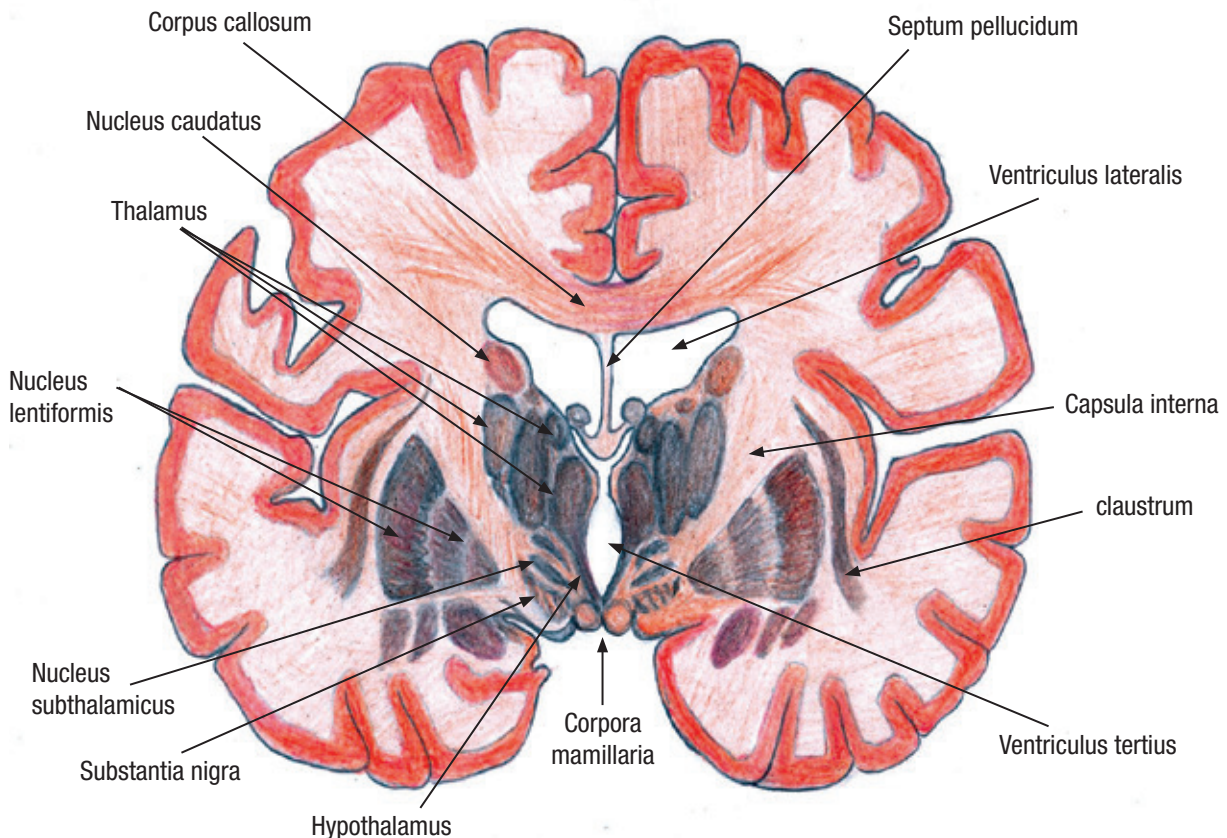
Slika 6-1. Spoljašnji izgled diencefalona, medijalna strana desne hemisfere

dio *optičkokruralnog deltoida*, kojeg ograničava naprijed optička raskrsnica (*chiasma opticum*) i optičke trake (*tractus optici*), a pozada moždani kraci (*crura cerebri*) mezencefalona.

Dorzalna strana diencefalona se vidi tek po ukljanjanju krova bočne komore telencefalona, žuljevitog tijela (*corpus callosum*) i moždanog svoda ili forniksa (*fornix*) koji je pokrivaju. Na njoj se vide: krovni list treće komore (*lamina tectoria ventriculi tertii*), *epithalamus* koji oivčava bočno i pozada krovni list i gornja, slobodna strana *thalamus*-a.

Bočna strana diencefalona in situ se ne može vidjeti jer je srasla sa telencefalonom preko unutrašnje moždane čahure (*capsula interna*).

Diencefalon je podijeljen na sljedeće dijelove: talamus (*thalamus*), epitalamus (*epithalamus*), metatalamus (*metathalamus*), suptalamus (*subthalamus*) i hipotalamus (*hypothalamus*). U središtu diencefalona nalazi se treća moždana komora (*ventriculus tertius*), koja dijeli diencefalon na dvije simetrične polovine, desnu i lijevu.



Slika 6-2. Spoljašnji izgled diencefalona, frontalni presjek mozga

TALAMUS (THALAMUS)

prof. dr Zdenka
Krivokuća

TALAMUS
(THALAMUS) -
MORFOLOGIJA

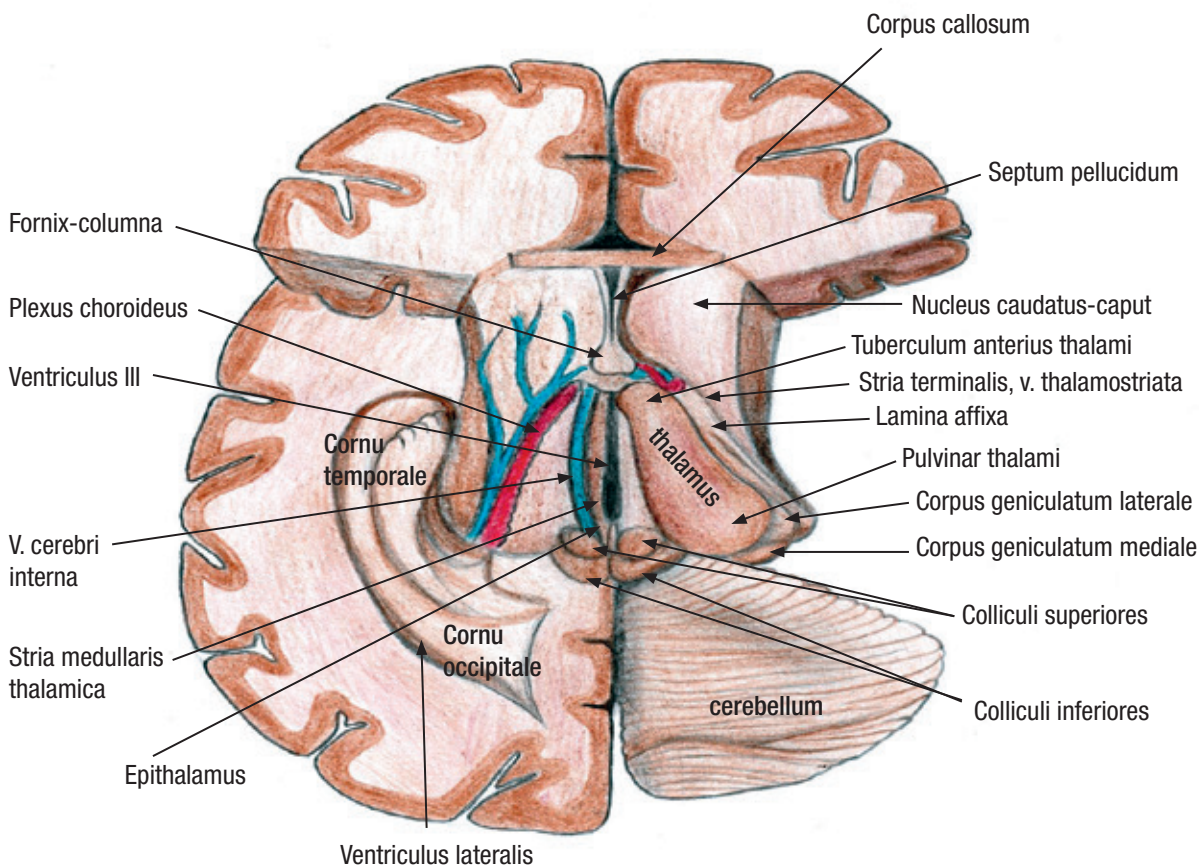
(Slika 6-1., 6-2., 6-3.) je najveća formacija diencefalona. Desni i lijevi talamus je ovoidnog oblika i svojim unutrašnjim stranama čine bočne zidove treće moždane komore, a svojim gornjim stranama grade pod centralnog dijela bočne moždane komore. Zadnji dio talamusa je širi i naziva se *pulvinar*.

Talamus ima dva kraja ili pola (prednji i zadnji pol) i četiri strane (gornja, lateralna, medijalna i donja strana).

Prednji pol je označen kao prednja kvržica talamusa (*tuberculum anterius thalami*) i sa zadnje strane ograničava interventrikularni otvor.

Zadnji pol je pulvinar talamusa.

Donja strana talamusa naliježe prednjim dijelom: medijalno na *hypothalamus*, lateralno na *subthalamus*, a zadnjim dijelom na tegmentum mezencefalona. Iza pulvinara nalazi se *metathalamus*, a između zadnjih dijelova desnog i lijevog talamusa nalazi se *epithalamus*. Lateralno od talamusa, u svom gornjem, manjem, dijelu nalazi se *nc. caudatus*, a cijelim ostalim dijelom su snopovi zadnjeg kraka unutrašnje kapsule (*capsula interna*) velikog mozga. Zadnji krak unutrašnje kapsule od talamusa odvajaju tanki list bijele mase (*lamina medullaris externa s. lateralis*) i tanki sloj sive mase (*nc. ricularis thalami*). Iznad talamusa nalazi se centralni dio bočne moždane komore. Gornju stranu talamusa i njegov zadnji pol obuhvata repato jedro (*nucleus caudatus*), svojim konkavitom okrenutim naniže. Dok su gornja i medijalna strana talamusa slobodne, gornja strana gle-



Slika 6-3. Thalamus

da u šupljinu bočne moždane komore, a medijalna strana gleda u šupljinu treće moždane komore, dotle lateralna i donja strana talamusa se ne mogu odvojiti od telencefalona. Granicu između medijalne i gornje strane talamusa čini *stria medullaris thalamica*. Na lateralnoj ivici gornje strane talamusa se nalazi bijela traka *stria terminalis* sa *v. terminalis* (*v. thalamostriata*). Stria terminalis označava granicu između talamusa i glave repatog tijela, odnosno između diencefalona i telencefalona.

Medijalne strane desnog i lijevog talamusa spojene su međusobno pomoću *adhaesio interthalamica*.

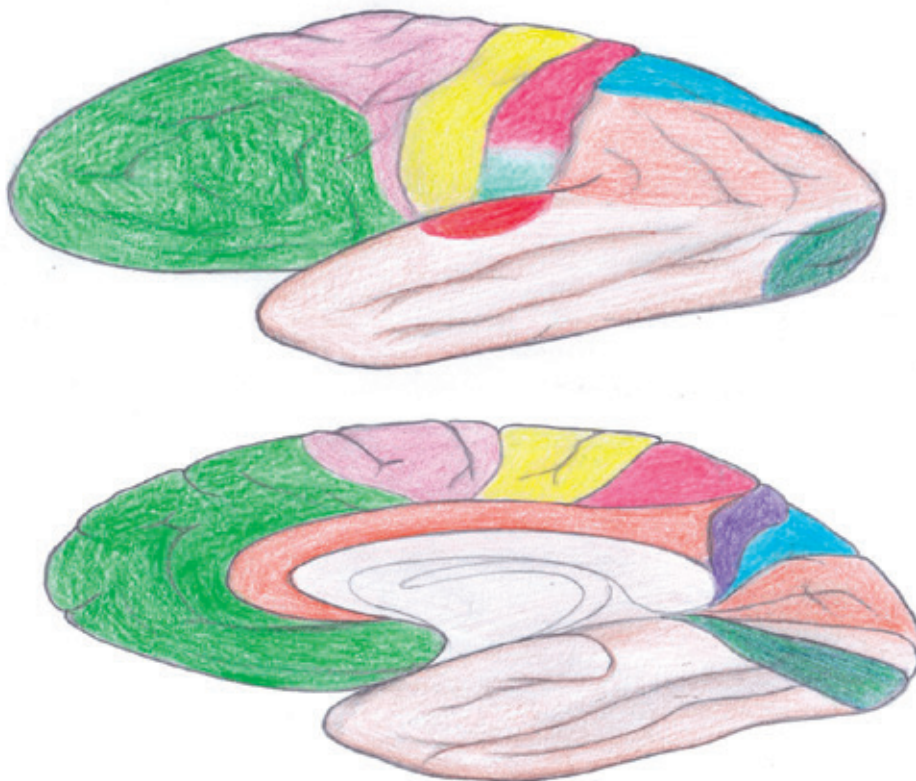
Talamus je povezan sa korom velikog mozga pomoću talamokortikalnih i kortikotalamičnih puteva, koji formiraju *pedunculi thalami anterior, superior, posterior i inferior*, i povezuju talamus sa čeonim, tjemrenim, potiljačnim i sljepočnim režnjem velikog mozga.

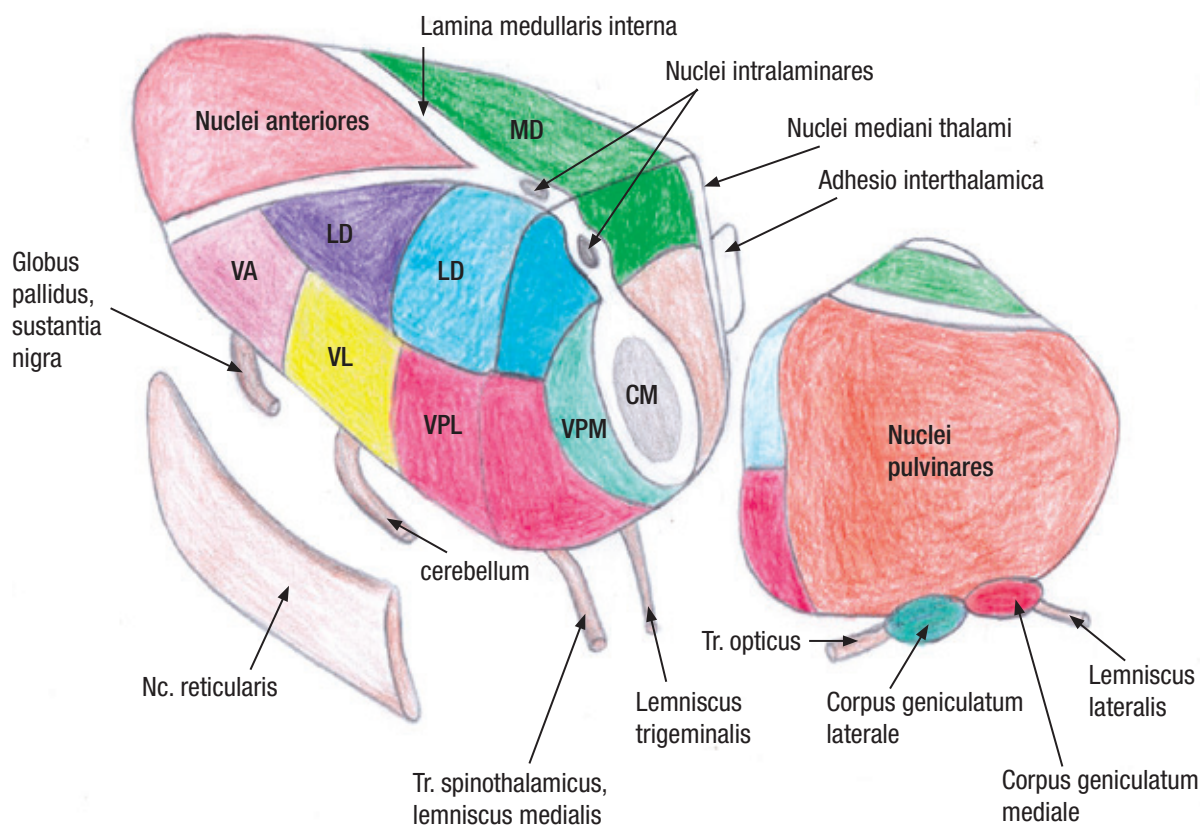
Kako talamus predstavlja najviši relej na putu aferentnih vlakana ka korteksu, njegove lezije imaju za posljedicu poremećaj senzitivnih funkcija na suprotnoj strani tijela, posebno poremećaj diskriminacionog i dubokog senzibiliteta, što je često praćeno spontanom pojavom bola, koji je difuzan, intenzivan i uporan.

GRAĐA TALAMUSA

Siva masa talamusa

podijeljena je slojevima bijele mase (*lamina medullaris interna s. medialis et lamina medullaris externa s. lateralis*) na jedra. Ova jedra podijeljena su na grupe, koje su povezane recipročno sa određenim dijelovima centralnog nervnog sistema i imaju određenu funkciju (Slika 6-4.).





Slika 6-4. Jedra talamusa i njihova kortikalna prezentacija su prikazana istom bojom.

Jedra talamusa se dijele prema: topografsko-morfološkim karakteristikama i prema funkcionalnim karakteristikama.

Morfološka podjela jedara talamusa

Prema topografsko-morfološkim karakteristikama, jedra talamusa se dijele na:

- prednja grupa jedara (ncc. anteriores thalami)
- medijalna grupa jedara (ncc. mediani thalami, ncc. mediales thalami)
- lateralna grupa jedara (ventrolateralna i dorzolateralna grupa)
- intralaminarna jedra (ncc. intralaminares thalami)
- retikularno jedro (nc. reticularis thalami).

Prednja grupa jedara (*nucleus anteroventralis*, *nc. anterodorsalis* i *nc. anteromedialis*) predstavlja centar, koji povezuje aktivnost hipokampusa i hipotalamusa sa limbičkim korteksom. Na taj način jedra talamusa su uključena u limbički sistem i predstavljaju dio Papez-ovog kruga, što omogućava upamćivanje novih, skorašnjih događaja (recent memory tarce) i procjenu svrsishodnosti stereotipnih odgovora u odnosu na stvaranje novih, eksplorativnih odgovora.

Aferentna vlakna najvećim dijelom dolaze iz mamilarnih tijela i pripadaju mamilotalamičkom snopu (*fasciculus mamillothalamicus*), dok eferentna vlakna preko kapsule interne odlaze u cingularnu vijugu telencefalona (Tabela 6-1.).

Medijalna grupa jedara (*nc.medialis dorsalis i nuclei mediani thalami*) prima aferentna vlakna iz vegetativnih jedara hipotalamusa, iz amigdaloidnog kompleksa, iz prefrontalnog i orbitofrontalnog korteksa, a zatim se eferentna vlakna vraćaju iz jedara talamusa u iste dijelove mozga (dvosmjerni sistem povratne sprege, koji omogućava integraciju somatskih i vegetativnih funkcija, afektivnu integraciju svjesne ličnosti, kao i pamćenje). Putem veza sa hipotalamusom, medijalna grupa jedara talamusa uključena je u sistem za regulaciju endokrinih aktivnosti (Tabela 6-1).

Lateralna grupa jedara (ventrolateralna jedra: *nc.ventralis anterior, nc.ventralis lateralis, nc.ventralis posteromedialis, nc.ventralis posterolateralis, nuclei ventrales posteriores*; dorsolateralna jedra: *nc.dorsalis anterior, nc.dorsalis posterior i nuclei pulvinaris*) igra ulogu releja, preko koga retikularna formacija mezencefalona, cerebelum i bazalne ganglije utiču na aktivnost motornog i premotornog korteksa (Tabela 6-1.).

Kliničke implikacije: kod Parkinsonove bolesti stimulacija ovih jedara potencira tremor i rigidnost dok njihova ablacija smanjuje tremor, ili dovodi do njegovog potpunog prestanka. Neka od jedara ove grupe su asocijativno kognitivna, dok druga asocijativna jedra predstavljaju važnu kariku u limbičkom sistemu.

Posebnu grupu jedara talamusa predstavljaju **intralaminarna jedra** (*nc.centromedianus, nc.parafascicularis, nc.paracentralis, nuclei reticulares intralaminares*) koja dobijaju aferentna vlakna iz motornog i premotornog korteksa, bazalnih ganglija, vestibularnih jedara, locus-a ceruleus-a i retikularne formacije moždanog stabla. Iz ovih jedara odlaze eferentna vlakna u neokorteks i subkortikalne sive mase velikog mozga. Ova jedra igraju ulogu u okviru ascendentnog retikularnog aktivirajućeg sistema, odnosno u regulaciji smjene budnog stanja i spavanja (Tabela 6-1).

U sivoj supstanci talamusa postoji i **više retikularnih jedara**, koja igraju ulogu u usmjeravanju pažnje na određene čulne informacije. To je sloj sive mase talamusa koji prekriva spoljašnju stranu talamusa i od ostale sive mase talamusa je odvojen spoljašnom medularnom laminom (*lamina medullaris externa s. lateralis*). Najveće od njih, *nucleus reticulatus thalami*, dobija aferentne neurone iz svih jedara talamusa i brojnih regiona kore velikog mozga. Njegova eferentna vlakna inhibiraju neurone talamusa (to je jedino jedro talamusa koje djeluje inhibitorno) (tabela 6-1.).

Funkcionalna podjela jedara talamusa

Prema funkcionalnim karakteristikama, jedra talamusa se dijele na specifična i nespecifična.

Specifična jedra talamusa su povezana sa precizno definisanim funkcionalnim područjima kore velikog mozga. Označavaju se i kortikalno zavisnim jedrima jer atrofiraju u slučaju oštećenja korteksa sa kojim su povezana. Dije se na: relejna i asocijativna.

Specifična relejna jedra mogu biti: limbička (prednja jedra talamusa), motorna (*nc.ventralis anterior, nc.ventralis lateralis*) i senzitivna (*nc.ventralis posteromedialis, nc.ventralis posterolateralis*).

Specifična asocijativna jedra su dorzalna jedra talamusa i *nc.medialis dorsalis*.

Nespecifična jedra talamusa su: intralaminarna jedra, retikularno jedro i jedra medijalne grupe. Aferentne veze ovih jedara dolaze iz retikularne formacije moždanog stabla, a eferentne veze se šalju prema širokim, nedovoljno određenim i funkcionalnim dijelovima kore mozga. Tako utiču na nespecifični, ukupni nivo moždane aktivnosti, naročito na stanje svijesti i motivacije. Ova jedra su povezana sa specifičnim jedrima talamusa, a imaju i mnogostruke međusobne veze.

Bijela masa talamusa

Bijela masa talamusa predstavljena je tankim bijelim slojevima koji se nalaze kako u njegovoj unutrašnjosti tako i u njegovim površnim dijelovima.

Unutrašnji i spoljašnji sloj bijele mase (*lamina medullaris interna s. medialis et lamina medullaris externa s. lateralis*) dijele sivu masu talamusa na jedra.

Pojasni sloj (*stratum zonale*) oblaže gornju i unutrašnju stranu talamusa.

Forelovo H1 polje (*campus dorsalis, H1*) predstavlja sloj bijele mase na ventralnoj strani talamusa.

Bijelu masu talamusa čine i njegovi putevi: projekcioni, asocijativni i komisuralni.

Projekcioni putevi talamusa: povezuju sivu masu talamusa sa drugim dijelovima CNS-a. Aferentni putevi talamusa su: *tractus opticus, fasciculus mammilothalamicus, lemniscus medialis, fribrae spinothalamicus, fasciculus thalamicus*. Najvažniji eferentni put talamusa je optička radijacija (*radiatio optica*).

Dvosmjerna (aferentna i eferentna) vlakna su sadržana u talamusnoj radiaciji (*radiatio thalami*).

Talamusna radijacija (*radiatio thalami*) predstavlja skup dvosmjernih vlakana: talamokortikalnih i kortikotalamičkih vlakana, koji povezuju jedra talamusa i koru mozga. Ova vlakna se dijele na: prednja, gornja, zadnja i donja.

Prednja radijacija talamusa (*radiatio anterior thalami*) povezuje prednja i mediodorzalno jedro talamusa sa korom frontalnog režnja i prolaze kroz prednji krak kapsule interne.

Gornja radijacija talamusa (*radiatio centralis thalami*) povezuje ventralna jedra talamusa sa frontoparijetalnim korteksom i prolaze kroz zadnji krak kapsule interne. Ovim vlaknima pripadaju i senzitivni putevi koji nakon prekidanja u talamusu idu u odgovarajuće senzitivne centre korteksa.

Zadnja radijacija talamusa (*radiatio posterior thalami*) povezuju pulvinar i korteks okcipitalnog režnja mozga i prolaze kroz zadnji krak kapsule interne (retrolentiformni dio).

Donja radijacija talamusa (*radiatio inferior thalami*) povezuje medijalnu grupu jedara talamusa i temporalni režanj. Prolaze kroz Forelovo H2 polje.

Asocijativni putevi talamusa povezuju sive mase unutar talamusa i označavaju se kao intratalamusna vlakna (*fibrae interthalamicae*). Posebna grupa ovih vlakana povezuju jedra središnje linije i retikularno jedro i označava se kao periventrikularno vlakno (*fibrae periventriculares*).

Komisuralni putevi talamusa povezuju međusobno jedra u kontralateralnim talamusima. Tu spadaju: epitalamusna ili zadnja komisura (*commissura epithalamica s. posterior*) koja povezuje pulvinare talamusa i komisuralna vlakna između retikularnih jedara talamusa.

KLINIČKE IMPLIKACIJE Poremećaje funkcije talamusa, ili „talamički sindrom“ prate poremećaji senzibiliteta, motorike, vegetativni poremećaji i emocionalni i afektivni fenomeni. Često je, međutim, ovaj poremećaj monosimptomatski, što otežava postavljanje dijagnoze.

Tabela 6-1. Jedra talamusa

Jedra	Glavna aferentna vlakna iz	Glavna eferentna vlakna u	Funkcija
Prednja grupa			
1. nuclei anteriores (dorsalis, ventralis, medialis)	corpus mamillare	gyrus cinguli	relejno-limbičko
Lateralna grupa			
Ventrolateralna			
1. nc.ventralis anterior	globus pallidus	premotorna kora (područje 6)	relejno-motorno
2. nc.ventralis lateralis s. intermedius	globus pallidus nc. dentatus cerebelli	motorna i premotorna kora	relejno-motorno
3. nc. ventralis posterolateralis	lemniscus medialis gyrus postcentralis tr. spinothalamicus	gyrus postcentralis	relejno-senzitivno
4. nc. ventralis posteromedialis s.arcuatus	senzorna vlakna n. trigemini	gyrus postcentralis	relejno-senzitivno
Dorzolateralna			
1. nc. dorsalis anterior	gyrus cinguli	gyrus cinguli	asocijativno-limbičko
2. nc. dorsalis posterior	parijetalni lobus	parijetalni lobus	asocijativno
3. pulvinar	temporalna, parijetalna okcipitalna kora i primarna vizuelna	temporalna, parijetalna, okcipitalna kora	asocijativno-senzitivno
Medijalna grupa			
1. nc. medialis dorsalis	corpus amigdaloides	prefrontalna kora	asocijativno-limbičko
2. nuclei mediani thalami	nc. reticulatus thalami hipotalamus	amigdaloid gyrus cinguli	integrativno-limbičko
Zadnja grupa			
1. nuclei posteriores	tr. spinothalamicus tr. trigeminothalamicus	insula	relejno-senzitivno
Nuclei intralaminare	nc. reticulatus th., globus pallidus kora, tr.spinothalamicus	corpus striatum	integrativno
Nucleus reticulatus	difuzno iz cijele kore	4/5 u jedra talamusa 1/5 u retikulamu formaciju srednjeg mozga	modulatorno-inhibitivno

Poremećaj senzibiliteta ogleda se u pojavi hiperestezije i u pretjeranim reakcijama na bolne nadražaje. Intenzivan i dugotrajan bol javlja se već na slabe nadražaje, a može da se javi i spontano, bez vidljivih spoljnih nadražaja. Bol je praćen snažnom emocionalnom reakcijom i afektivnim fenomenima. U okviru talamičkog sindroma oštećenja su zadnja jedra talamusa (pr. kod prekida protoka kroz talamogenikulatnu granu *a. cerebri posterior*). Medijalna jedra talamusa su obično očuvana. Pretpostavlja se da su emocionalne reakcije i afektivni fenomeni, koji prate talamički sindrom, posljedica facilitacije u očuvanim medijalnim jedrima talamusa.

Poremećaji motorike javljaju se u vidu nevoljnih pokreta, hemipareze ili hemiplegije.

Vegetativni poremećaji dovode do pojave vazodilatacije i cijanoze.

HIPOTALAMUS (HYPOTHALAMUS)

prof. dr Goran
Spasojević

UVOD

Hipotalamus (hypothalamus) je mali dio međumozga (*diencefalom*), čija je ventralna strana vidljiva na neispreparisanom mozgu. Hipotalamus leži na bazi lobanje u predjelu turskog sedla (*sella turcica*). Nalazi se ventromedijalno od talamusa, unutra od suptalamusa i uglavnom odgovara donjem zidu treće komore (*ventriculus tertius*), te mu odatle i naziv. Hipotalamus je vitalno važan centralni region koji objedinjuje dejstva autonomnog nervnog sistema (ANS), neuroendokrinog i limbičkog sistema. On kontroliše specifično izražavanje gladi, žeđi i seksualnih funkcija; reguliše vitalne funkcije disanja, cirkulacije, elektrolitskog balansa i tjelesne temperature kao i ulogu u odgovoru na stres. Ima intenzivne veze sa dvije limbičke strukture prednjeg mozga- amigdala i hipokampus. U rostralnim dijelovima hipotalamusa nalaze se centri parasimpatikusa (trofotropne zone), a u kaudalnim dijelovima hipotalamusa nalaze se centri simpatikusa (ergotropne zone). Hipotalamus se može smatrati glavnim izlaznim (eferentim) putem limbičkog sistema. Međutim, i pored funkcionalne važnosti hipotalamusa njegove dimenzije u čovjeka su veoma male i težak je samo oko 4g.

MORFOLOGIJA HIPOTALAMUSA

Na donjoj strani diencefalona hipotalamus se vidi kao oblast omeđena bočno spoljašnjom ivicom tractus opticus, a napred optičkom raskrscnicom (*chiasma opticum*). Na ventralnoj (donjoj), spolja vidljivoj strani hipotalamusa se uočavaju sljedeće strukture: *chiasma opticum-TA*, *tuber cinereum-TA* (*eminentia mediana*), *infundibulum-TA* (na kojem je hipofiza) i parno bradavičasto tijelo (*corpus mammillare-TA*). Unazad se granica hipotalamusa konvencionalno povlači zadnjom ivicom bradavičastih tijela (*corpora mammillaria*). Na frontalnom presjeku hipotalamus se upolje pruža do unutrašnje čaure (*capsula interna*). Rostralno se siva masa hipotalamusa (*area preoptica-TA*) nastavlja u septalni region i prednju rupičastu supstancu (*substantia perforata anterior*) telencefalona, a kao konvencionalna morfološka granica se napred uzima prednja spojnica (*commissura anterior-TA*). Od poda treće komore hipotalamus se bočno pruža naviše sve do *sulcus hypothalamicus-TA* (*sulcus subthalamicus*) koji označava njegovu vidljivu granicu prema talamusu.

Većina autora djeli hipotalamus na tri osnovna dijela: prednji dio, *area hypothalamica anterior-TA*, srednji dio, *area hypothalamica intermedia-TA* (*tuber*

cinereum i infundibulum), i zadnji dio, *area hypothalamica posterior -TA* (*corpora mamillaria*). Prednji dio se naziva i supraoptički region, srednji se još naziva i tuberoinfundibularni region (odgovara eminenciji medijani eksperimentalnih životinja), dok se zadnji dio naziva i mamilarni region.

Chiasma opticum -TA leži u *sulcus chiasmaticus*, na gornjoj strani tijela sfenoidalne kosti, ispred jame za hipofizu. Hijazma se unazad i lateralno nastavlja desnim i lijevim traktusom optikusom, koji završava u *corpus geniculatum* laterale metalamusa.

Tuber cinereum-TA, koji se nalazi iza optičke hijazme i leži na duralnom krovu hipofizne jame, ima oblik sivkastog ispupčenja čiji se donji dio sužava u lijevak (*infundibulum-TA*). Gornji dio *infundibuluma* nosi naziv *eminentia mediana*. Od *infundibuluma*, odnosno eminencije medijane, polazi naniže peteljka hipofize koja prolazi kroz otvor na *diaphragma sellae* i završava se u zadnjem režnju hipofize. Unutrašnja površina hipotalamusa okrenuta je ka šupljini treće moždane komore i gradi njen pod i donji dio njenog bočnog (desnog i lijevog) zida.

Hipofiza ili glandula pituitaria- TA (hypophysis) leži u *fossa hypophysialis* turskog sedla, a pokriva je duralna tvorevina, zvana *diaphragma sellae*. Ona je endokrina žlijezda koja nije anatomski dio hipotalamusa ali zbog bliskih anatomskih i funkcionalnih odnosa moramo je ovdje pomenuti. Dijelovi hipofize su *adenohypophysis*, ili *lobus anterior*, i *neurohypophysis* (*lobus posterior*). Adenohipofiza se sastoji od *pars tuberalis*, *pars intermedia* i *pars distalis*. Adenohipofiza sadrži dvije vrste ćelija (prema histološkoj podjeli), to su hromatofobne i hromatofilne. Hromatofilne se dijele na acidofilne (somatotropne i mamotropne) i bazofilne (tirotropne, gonadotropne i luteotropne), a u *pars intermedia* se stvara melatonin. Neurohipofiza se sastoji od *infundibuluma* i *pars nervosa*. U neurohipofizu dolaze brojna nervna vlakna iz ćelija određenih jedara hipotalamusa koja oslobađaju oksitocin i vazopresin koji preko kapilarne mreže odlaze iz neurohipofize u krvotok.

Corpora mamillaria leže iza tubera cinereuma kao dva ovalna ispupčenja na ventralnoj strani diencephalona. U njima se nalaze smještene jedra koja su uključena u Papezov krug koji povezuje limbičku koru sa jedrima talamusa i hipotalamusa.

GRADA HIPOTALAMUSA

Jedna od podjela hipotalamusa je podjela na tri uzdužne zone (*zonae hypothalamicae- TA*): zona *periventricularis*, zona *medialis* i zona *lateralis*. Međutim, pošto se uzdužne *periventricularna* i *medijalna* zona međusobno ne mogu dobro ograničiti ova podjela nije najpogodnija za potrebe prakse. Zato se *medijalna* i *periventricularna* zona mogu zajedno opisivati kao *medijalni hipotalamus*, koji je bogat sivom masom (jedrima), dok *lateralni hipotalamus* sadrži više puteva (bjele mase). Granica između ova dva djela je skriveni dio stuba forniksa (*pars tecta columnae fornicis*) koji prolazi kroz hipotalamus.

Lateralni hipotalamus je smješten spolja od *columnae fornicis* pa do *capsulae interne*, kaudalno je do *tegmentum mesencephali*, a rostralno se proteže do *nucleus preopticus lateralis*. Lateralni hipotalamus sadrži i centar gladi. Kroz lateralni hipotalamus uzdužno prolazi *fasciculus prosencephali medialis- TA* (*medial forebrain bundle - MFB; fasciculus telencephali medialis*), veoma važan dvosmjerni snop

koji sadrži brojne manje puteve i koji odaje brojne kolaterale za hipotalamus. Smatra se da lateralni hipotalams predstavlja eferentni centar autonomnog nervnog sistema čija vlakna dolaze do preganglijskih neurona parasimpatičkih i simpatičkih ćelijskih grupa u sivoj masi moždanog stabla. Lateralni hipotalamus ima značajne veze sa prelimbičkim i intralimbičkim korteksom (area 25 i 32 po Brodmanu), sa centralnim amigdaloidnim jedrima, sa *nucleus raphe mesencephali*, *locus caeruleusom* i drugim brojim centrima mozga.

Medijalni hipotalamus sadrži brojna jedra koja se mogu podijeliti na tri osnovne grupe, saglasno podjeli hipotalamusa na tri regiona. Ove tri grupe jedara su prednja grupa, srednja grupa i zadnja grupa jedara hipotalamusa.

Siva masa
hipotalamusa

Sivu masu hipotalamusa čine jedra koja su opisana po oblastima hipotalamusa.

Prednja oblast jedara hipotalamusa (*Area hypothalamica anterior-TA*)

Brojna jedra ove oblasti dijele se na dvije grupe, jedra preoptičke oblasti i jedra supraoptičke oblasti.

Preoptička oblast je poseban region koji se razlikuje i od septalnog regiona i od hipotalamusa, ali se može smatrati najrostralnijim djelom hipotalamusa. Nalazi se ispred hijazme, ispod *commissurae anterior* i iza *laminae terminalis*. Preoptička jedra (*nucleus preopticus periventricularis*, *nucleus preopticus medialis et lateralis* i druga) učestvuju u kontroli termoregulacije, žeđi, sekrecije gonadotropnih hormona, seksualnog i materinskog nagona. Jedra ovog regiona su odgovorna za povećano lučenje LH u toku ovulacije, za regulaciju gonadotropnih hormona i time i za menstrualni ciklus. U vezi sa ovim je i njihov izražen polni dimorfizam. Tako kod čovjeka u preoptičkoj oblasti postoji *seksualno dimorfno jedro* (*nucleus dimorphus sexualis-TA*) koje je kod muškaraca 2,5 puta veće i sadrži 2,2 puta više neurona nego u žena.

Supraoptička jedra su *nucleus supraopticus-TA*, *nucleus suprachiasmaticus-TA*, *nucleus paraventricularis-TA*, *nucleus hypothalamicus anterior*.

Nucleus suprachiasmaticus-TA kod čovjeka učestvuje u stvaranju, kontroli i izražavanju cirkadijanih ritmova (unutrašnji budilnik mozga). Ovaj „biološki sat“ određuje ritam spavanja i budnog stanja, vrijeme i potrebu za uzimanjem hrane i tečnosti, kao i ritam sekrecije hormona. U njemu se završava *tractus retinohypothalamicus-TA* koji ima važnu ulogu u izmjenama cirkadijanog ritma. Strukture ovog jedra su smještene dorzalno od optičke hijazme sa obe strane srednje linije.

Nucleus supraopticus-TA čovjeka je izdužena masa gusto zbijenih velikih neurosekretornih ćelija. Smještena su iznad spoja optičke hijazme i optičkog trakta. Pojedini neuroni *nc. supraopticus*a (i *nc. paraventricularis*a) sintetisu samo antidiuretikički hormon (arginin- vazopresin) ili samo oksitocin, ali nikada oba zajedno. Iz ćelija pomenutih jedara polaze *tractus supraopticohypophysialis-PNA* i *tractus paraventriculohypophysialis-PNA*. Nekad se ova dva puta zajednički nazivaju *tractus hypothalamohypophysialis-TA*.

Nucleus paraventricularis-TA se makroskopski uočava kao ispupčenje ependima treće moždane komore, koje se pruža od *sulcus hypothalamicus*a, preko unutrašnje strane *columnae fornix*is do *nc. suprachiasmatis*. U odnosu na veličinu neurona, razlikuju se krupnoćelijski i sitnoćelijski dio ovog jedra. Aksoni neurona krupnoćelijskog djela PVN se završavaju u zadnjem režnju hipofizi-

ze, a aksoni neurona iz njegovog sitnoćelijskog djela u slojevima eminentiae medianae i autonomnim centrima donjeg djela moždanog stabla i u kičmenoj moždini. Ovo jedro luči antidiuretički hormon (arginin- vazopresin; ADH) i oksitocin.

Nucleus anterior hypothalami-TA je jedro supraoptičke grupe koje je sa okolnim područjima hipotalamusa uključeno u regulisanje rada srca, disanja, temperature tijela, kao i u integraciju afektivnog agresivnog ponašanja.

Srednja grupa jedara hipotalamusa (*Area hypothalamica intermedia-TA*)

U ovoj grupi, koja se još naziva i tubero- infundibularni predio, ističe se grupa jedara koju čine: *nc. infundibularis s. arcuatus-TA*, *nc. ventromedialis hypothalami-TA* i *nc. dorsomedialis hypothalami-TA*.

Nucleus infundibularis s. arcuatus-TA je smješteno u blizini ulaza u recessus infundibularis na podu treće moždane komore. Kod eksperimentalnih životinja on se naziva *nucleus arcuatus* i *eminentia mediana*, koja odgovara infundibulumu kod čovjeka. Ovo jedro luči neurohormone koji regulišu rad adenohipofize odnosno sintezu i oslobađanje njenih hormona. Pored peptinergičkih elemenata stvaraju i dopamin koji inhibira oslobađanje prolaktina iz peptinergičkih elemenata.

Nucleus ventromedialis hypothalami-TA se nalazi u medijalnom polju tuber cinereuma i odvojen je od *nc. infundibularis*. Ventromedijalno jedro učestvuje u regulisanje uzimanja hrane ("centar sitosti"), jer njegovo oštećenje dovodi do pojačane gladi, a stimulacija do prestanka uzimanja hrane. Smatra se da se ovo jedro preko dorzalnih eferentnih vlakana projektuje u intermediolateralne stubove torakalnog dijela kičmene moždine te učestvuje u inervaciju gušterače i srži nadbubrega.

Nucleus dorsomedialis hypothalami-TA grade grupe neurona koje se nalaze u bočnom zidu treće moždane komore čija je funkcija značajna u kontroli uzimanja hrane jer je povezano sa centrom gladi u lateralnom hipotalamusu i centrom sitosti koji se nalazi u *nucleus ventromedialis thalami*.

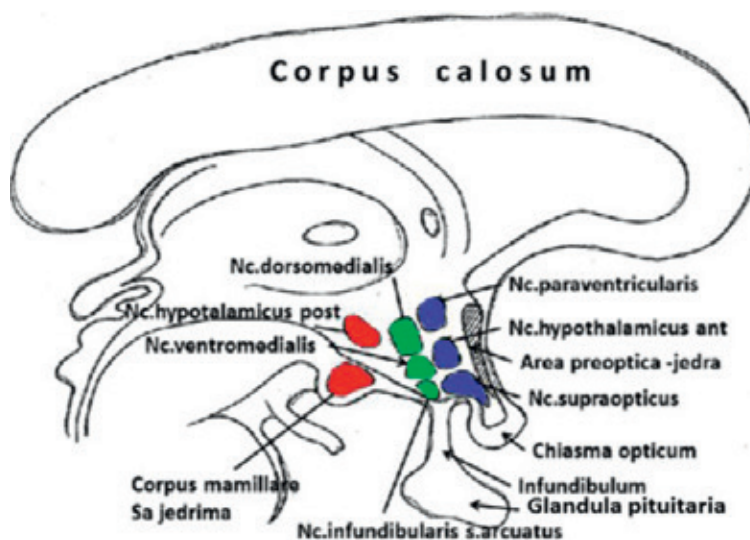
Zadnja grupa jedara hipotalamusa (*Area hypothalamica posterior s. mammillaris-TA*)

Nalazi se u području *corpus mammillariae*. *Corpus mammillare-TA* je parna mala bradavičasta kvržica (obje se nazivaju *corpora mammillaria*) na donjoj površini zadnjeg djela hipotalamusa koji sadrži sledeća jedra: *nuclei premamillares (ventralis et dorsalis)*, *nucleus mammillaris (medialis et lateralis)* i *nucleus hypothalamicus posterior-TA*.

Nuclei premamillares (ventralis et dorsalis) učestvuju u regulaciji ofanzivnog i defanzivnog ponašanja. Ova jedra imaju vezu sa medijalnim amigdalooidnim kompleksom kao i sa *nc. dorsomedialis thalami*.

Nuclei mammillares (medialis et lateralis) su jedra koja čine značajnu kariku u limbičkom Papezovom krugu. Ova jedra primaju informacije iz hipokampusa i šalju ih ka prednjim jedrima talamusa – *nuclei anteriores thalami-Ta*. Značajne su i njihove veze sa dorzalnim tegmentalnim jedrom, kao i retikularnim jedrom u tegmentumu ponsa.

Nucleus posterior hypothalami-TA je zadnje hipotalamičko jedro koje ima ulogu u regulacija temperature tijela kao i ulogu u nastajanju emocionalnog stresa.



Slika 6-5. Prikaz jedara hipotalamusa (shema) na mediosagitalnom presjeku diencephalona

Bijela masa
hipotalamusa

Anatomski gledano bijelu masu hipotalamusa čine brojne intrahipotalamičke veze kao i aferentni i eferentni putevi sa drugim dijelovima nervnog sistema. Hipotalamus svojim vezama sa limbičkim sistemom, hipofizom i moždanom stablom predstavlja oblast kontrole brojnih vitalnih i visceralnih funkcija. Iako se često pominju centri u hipotalamusu (što ćemo i mi učiniti iz praktičnih razloga), odgovori na glad, žeđ, na potrebe za regulacijom temperature, pokretljivost crijeva, seksualne i mnoge druge aktivnosti se mogu dobiti i draženjem drugih odgovarajućih djelova moždanog stabla. Naime, hipotalamus na izvjestan način kao i motorni kontrolni sistemi (koji sadrže gornje motoneurone), ima projekcije direktno na (preganglijske) autonomne motorne neurone i djelom na grupe neurona koji organizuju obrasce određenih reakcija.

Mreža međusobno povezanih oblasti moždanog stabla koje djeluju zajedno sa hipotalamusom ima četiri izražene komponente. To su: 1. nuclei tractus solitarii (učestvuju u mnogim visceralnim refleksnim lukovima), 2. parabrahijalna jedra (učestvuju u široj obradi visceralnih informacija koja je u osnovi osjećanja tipa „dobro sam- nisam dobro“), 3. ventrolateralna retikularna formacija (kardiovaskularne i respiratorne funkcije, gutanje, mokrenje, defekacija i sl.) i, 4. periakveduktna siva masa (endogeni antinociceptivni sistem i odgovori na ugrožavajuće stimulse).

U samom hipotalamusu najmedijalnije su brojne *fibrae periventriculares*- PNA, koje obezbjeđuju **intrahipotalamičke veze**. Njima su bliska i talamohipotalamička vlakna iz jedara srednje linije talamusa.

Aferentni putevi povezuju hipotalamus sa talamusom (u koji stižu senzitivni impulsi sa periferije i impulsi iz kore velikog mozga), što omogućava integraciju somatskih i visceralnih funkcija, uz učešće svijesti; sa limbičkim sistemom (hippocampus, amigdaloidni kompleks, septalna jedra, piriformna kora); sa olfaktivnim centrima i centrima tegmentuma moždanog stabla. Iz amigdala dva puta nose vlakna do hipotalamusa. Jedan veliki put je *stria terminalis*, a drugi je *ventralni amigdalofugalni put*. Već pomenuta retinohipotalamička vlakna namenjena su pre svega inervaciji nucleus suprachiasmaticusa čovjeka.

Eferentni putevi odlaze iz hipotalamusa u amigdaloidni kompleks, septalnu areju, retikularnu supstancu mezencefalona i moždanog stabla, kičmenu moždinu i posebno važno u endokrinologiji, za zadnji režanj (*lobus posterior*) hipofize.

Veze hipotalamusa i hipofize

Hipotalamus je povezan sa hipofizom putem neurosekretornog i neurovaskularnog sistema (opisani sa hipofizom).

Dva su eferentna puta mamilarnih jedara. Glavni, *fasciculus mamillothalamicus- TA* grade vlakna uglavnom iz medijalnih mamilarnih jedara i namjenjen je prednjoj grupi jedara talamusa, a drugi, *fasciculus mamilotegmentalis- TA* za *nucleus tegmentalis dorsalis* mezencefalona. Mamilarna jedra su važan dio Papezovog kruga. Mamilarna jedra su sa jedne strane povezana sa prednjim jedrima talamusa, a sa druge strane, preko *postkomisuralnog forniksa*, primaju aferentna vlakna iz hipokampusa (*hipokampohipotalamička vlakna*).

Fasciculus longitudinalis dorsalis - Schütz je put koji se klasično opisuje kao silazni put porijeklom iz *nuclei tuberales*, prolazi medijalno iznad mamilarnog jedra, pa kroz srednju liniju tegmentuma moždanog stabla i završava se u parasimpatičkim jedrima moždanih živaca (III, VII, IX i X kranijalnog živca).

U puteve hipotalamusa spada i *fasciculus prosencephali medialis- TA* (*medial forebrain bundle -MFB; fasciculus telencephalicus medialis*), veoma važan dvosmjerni neoštro ograničeni snop vlakana koji prolazi između struktura kroz lateralni hipotalamus. Ovaj snop odaje brojna kolateralna vlakna za hipotalamus iz olfaktivnih struktura, septalnog regiona i iz limbičkih areja mezencefalona, a prima i eferentna vlakna iz hipotalamusa (za ove i druge regione). Tako naprimjer informacije o bolu, kao i sve druge senzorne informacije, stižu u hipotalamus iz mezencefalona preko kolateralnog tractus reticulothalamicusa.

Hipotalamus je povezan sa epitalamusom (*habenulae*) preko *stria medullaris*.

HIPOFIZA (HYPOPHYSIS S. GLANDULA PITUITARIA)

Hipofiza je endokrini žlijezda koja je smještena na gornjoj strani tijela klinaste kosti u području jame turskog sedla (*fossa hypophysialis*) i povezana sa hipotalamusom preko peteljke (*infundibulum*). Gornja strana hipofize je odozgo pokrivena sa duplikaturom dure (*diaphragma selae*) na kojoj je otvor za *infundibulum*. Težina hipofize je oko 0,6 grama. U sastav hipofize ulaze dva dijela, prednji dio adenohipofiza (*adenohypophysis*) i zadnji dio neurohipofiza (*neurohypophysis*). Adenohipofiza i neurohipofiza se razlikuju po histološkoj građi, funkciji i porijeklu.

Adenohipofiza (*adenohypophysis s. lobus anterior*)

Adenohipofiza je prednji veći dio hipofize koja ima ulogu u kontroli sekrecije ostalih endokrinih žlijezda. Na adenohipofizi se opisuju tri dijela: tuberalni dio, srednji dio i distalni dio.

Tuberalni dio (*pars tuberalis*) obuhvata proksimalni dio *infundibuluma*, distalni dio (*pars distalis*) je najveći prednjedonji dio hipofize a srednji dio (*pars intermedia*) je postavljen uz prednji dio neurohipofize. U adenohipofizi se nalaze brojne epitelne ćelije koje formiraju folikule kao i bogata sinusoidna kapilarna mreža koja je značajna u transportu hormona. Epitelne ćelije adenohipofize stvaraju veći broj hormona, to su: somatotropni hormon rasta (STH), tireotropni hormon (TSH), luteotropni hormon ili prolaktin (LTH), adrenokortikotro-

pni hormon (ACTH), melanostimulirajući hormon (MSH), luteinizirajući hormon (LH), hormon stimulacije intestinalnih ćelija (ISCH) i folikulostimulirajući hormon (FSH).

Neurohipofiza (*neurohypophysis s. lobus posterior*)

Neurohipofiza je zadnji i manji dio hipofize koji se sastoji od peteljke (infundibulum) i *pars nervosa (lobus nervosus)*. U neurohipofizi se nalaze ćelije pituiciti, nervna vlakna i bogata kapilarna mreža dok neurona u njoj nema. Hipotalamus preko neurosekretornog sistema vrši produkciji hormona zadnjeg režnja hipofize, oksitocina i antidiuretskog hormona koji se stvaraju u hipotalamusu a zatim transportuju u neurohipofizu .

- Hipotalamus je povezan sa hipofizom (*glandula pituitaria*) putem neurosekretornog i neurovaskularnog sistema. Hipotalamus preko neurosekretornog sistema vrši produkciji hormona zadnjeg režnja hipofize, oksitocina i antidiuretskog hormona. Kontrolu sekretorne aktivnosti prednjeg režnja hipofize vrše neuroni u predjelu eminentiae medianae i tuber cinereum, koji luče oslobađajuće (rilizing) i inhibirajuće (inhibiting) hormone.

Neurosekretorni sistem kontrole grade određene grupe neurona hipotalamusa (neuroendokrini hipotalamus) koje učestvuju u stvaranju hormona zadnjeg režnja hipofize, oksitocina i antidiuretskog hormona (ADH), i njihovi aksoni (*tractus supraopticohypophysialis-TA*) se završavaju u infundibulumu i zadnjem režnju (*lobus posterior*) hipofize. Njihova neurosekretorna zrnca se prazne na aksonskim terminalima (neurosekretorni sistem hipotalamusa) u hipofizi. U veze spadaju hipotalamo- infundibularni sistem koji počinje od parvocelularnih jedara tuberoinfundibularnog područja, kao tuberoinfundibularni dopaminergički put za inhibiciju lučenja prolaktina.

Neurovaskularni sistem kontrole sekretorne aktivnosti prednjeg režnja hipofize čine neuroni u predjelu *eminentiae medianae* i *tuber cinereum*, koji vrše sekreciju oslobađajućih (releasing) i inhibirajućih (inhibiting) hormona. Pomenuti hormoni stimulišu, odnosno inhibiraju, sekreciju određenih hormona adenohipofize- gonadotropnih, prolaktina, tiotropnih, kortikotropnog i hormona rasta. Poseban način prenošenja hormona hipotalamusa u hipofizu omogućava **portalni hipofizarni krvotok**. Naime, ovi hormoni se prenose portalnim sistemom sudova . Ovi sudovi povezuju sinusoidne pleksuse eminentiae medianae i infundibuluma sa sudovnim pleksusima adenohipofize. Naime, grane a. hypophysialis anterior se rasipaju u kapilare, koji se u hipotalamusu spajaju u portalne vene, a koje se pružaju preko infundibuluma i ponovo rasipaju u kapilare prednjeg režnja hipofize. Iz prednjeg režnja hipofize vene odlaze u *sinus cavernosus*.

SAŽETAK O FUNKCIJI HIPOTALAMUSA

Osnovne funkcije hipotalamusa su brojne: reguliše tjelesnu temperaturu, krvni pritisak, respiraciju, pilomotornu funkciju; djeluje na ispoljavanje raspoloženja i emocionalnog stanja ličnosti, ima ulogu u kontrakcijama organa za varenje i mokraćne bešike, ima dominantan uticaj na apetit i unošenje hrane i tečnosti u organizam, usklađuje uzajamni odnos visceralnih i olfaktivnih impulsa i reguliše hormone prednjeg režnja hipofize. Dakle, veze hipotalamusa i hipofize omogućavaju rad sistema koji reguliše seksualnu funkciju, reprodukciju i seksualno ponašanje (tzv. osovina: gonadotropni rilizing hormoni hipo-

talamusa- gonadotropini hipofize -hormoni polnih žlijezda). Neuroendokrini funkcija hipotalamusa ima za cilj prilagođavanje endokrine sekrecije nekad i vrlo znatnim promjenama, koje se javljaju u unutrašnjoj i spoljašnjoj sredini i označavaju se kao stres. Tu je veoma važan lanac reakcija na stres koje vrši tzv. osovina hipotalamus- hipofiza- nadbubreg (hipotalamo- hipofizno- adrenalna osovina).

Glad, ukus, sitost i nivo šećera u krvi deluju na **centar za glad** u lateralnom *hipotalamusu*. Amigdaloidni kompleks odgovara na miris hrane impulsima prema *nucleus ventromedialis* hipotalamusa. Tako kontroliše centar za sitost čija inhibicija dovodi do oslobađanja centra za glad. Leptin, hormon masnog tkiva djeluje na jedra hipotalamusa u dva smjera: smanjuje aktivnost puteva koji podstiču glad, a povećava aktivnost puteva koji izazivaju sitost, dok na pojačanu potrošnju energije djeluje uticanjem na simpatikus i termogenezu. **Centar za žeđ**, odnosno hemoreceptori za žeđ, su u lateralnom hipotalamusu ispred centra za glad. Povećan osmotski pritisak djeluje nadražujući ove hemoreceptore pa se povećava uzimanje tečnosti.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Hipotalamički sindrom

U toku različitih oboljenja hipotalamusa javljaju se metabolički, endokrini, neurološki i psihički poremećaji.

- Endokrini poremećaji mogu da se ispolje kao prerani pubertet (pubertas praecox) ili hipogonadizam, kao dijabetes insipidus, gojaznost (obesitas), maskulinizacija, Adisonova bolest i dr.
- Oštećenje preoptičkog predjela manifestovaće se poremećajima ANS, aritmijom srca i edemom pluća. Hipertermija diencefalnog porekla je takođe rezultat oštećenja prednjeg hipotalamusa i preoptičke regije. (koji predstavljaju centar za otpuštanje toplote), a praćena je znojenjem, slabošću, bljedilom, gađenjem i poremećajem svijesti, kao posljedicama ekstremne vazodilatacije i toplotnog iscrpljenja. Oštećenjem kaudalnog dijela hipotalamusa intenzivira se proces čuvanja toplote, što je praćeno hipertermijom, koja može da pređe u toplotni udar.
- Zajedno sa organizacijom pojedinih oblika ponašanja u hipotalamusu se strukturiraju i mehanizmi motivacije povezani sa emocijama. Averzivne reakcije (reakcije odbijanja) nastaju stimulacijom ventromedijalnog jedra i periventrikularnih dijelova hipotalamusa. Apetitivni tip reagovanja je posljedica stimulacije lateralnog dijela hipotalamusa.
- Oštećenje lateralnog dijela hipotalamusa ima za posljedicu gubitak osjećaja gladi i žeđi, što dovodi do smanjenja tjelesne težine. Međutim u regulaciji ishrane kora velikog mozga ima najznačajniju ulogu. Svjesnim odlučivanjem o ishrani, kora velikog mozga reguliše aktivnost hipotalamusa vezanu za ishranu, kao i ponašanje u ishrani. U poremećaje ponašanja vezane za ishranu, spadaju anoreksija i bulimia (hiperfagija).
- Lezije kaudolateralnog dijela hipotalamusa, koji je naniže u vezi sa retikularnom formacijom moždanog stabla mogu pratiti poremećaji sna i budnosti. Poremećaji sna su hipersomnija (pospanost i produžen i dubok normalan san), insomnija (kratak i površan san) i narkolepsija (periodi neodoljive potrebe za snom u toku dana).

Ustvari, oštećenja hipotalamusa se klinički manifestuju vrlo širokom, a često i bizarnom kombinacijom znakova i simptoma koji ukazuju na poremećaje endokrinog sistema, metabolizma kao i na poremećaje unutrašnjih organa i ponašanja. Ovako složena klinička slika kod oštećenja hipotalamusa često je posljedica prekida pojedinih puteva koji kontrolišu izvršenje ovih funkcija.

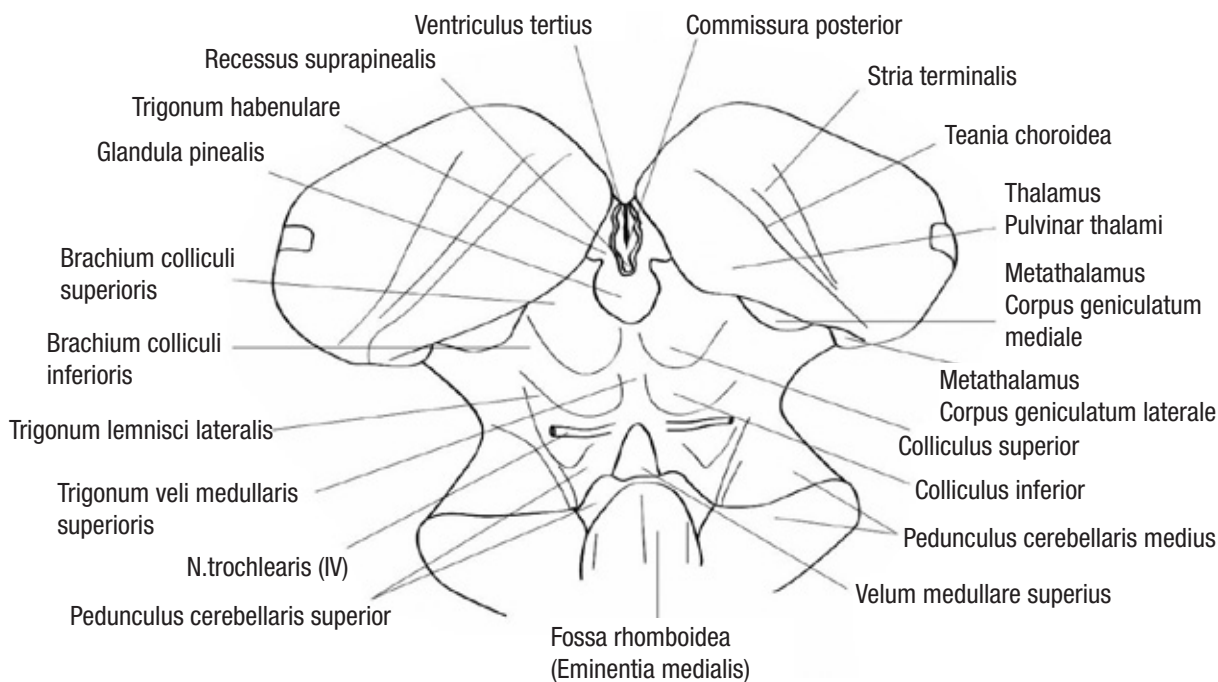
Tabela 6-2. Jedra medijalnog hipotalamusa

<i>Oblast hipotalamusa</i>	<i>Naziv jedara</i>	<i>Funkcija jedara</i>
<i>I. Area hypothalamica anterior</i>		
A.Preoptička grupa jedara (Area preoptica)	<i>Nc. preopticus medialis</i>	uloga u kontroli termoregulacije, žeđi, sekrecije gonadotropnih hormona, seksualnog i materinskog nagona.nije jasno definisana uloga
	<i>Nc. preopticus lateralis</i>	značajna u regulaciji lokomotorne aktivnosti tijela
	<i>Nc.preopticus periventricularis</i>	nema podataka
B.Supraoptička grupa jedara	<i>Nc. suprachiasmaticus</i>	učestvuje u stvaranju, kontroli i izražavanju cirkadijanih ritmova (unutrašnji budilnik mozga)
	<i>Nc. supraopticus</i>	sinteza i oslobađanje oksitocina i vazopresina
	<i>Nc. paraventricularis anterior</i>	luči antidiuretički hormon (arginin-vazopresin) i oksitocin, i druge aktivne materije u regulaciji uzimana tečnosti i hrane , kontroli kardiovaskularnog sistema ,kontrola bola ...
	<i>Nc. anterior hypothalamic</i>	učestvuje u regulaciji disanja, temperature, rada srca, afektivnog agresivnog ponašanja
<i>II. Area hypothalamica intermedia s. tuberalis</i>	<i>Nc. dorsomedialis hypothalami</i>	uloga u kontroli uzimanja hrane
	<i>Nc. ventromedialis hypothalami</i>	centar sitosti, uloga u inervaciji pankreasa i medule nadbubrega, kontrola agresivnosti
	<i>Nc. infundibularis s. arcuatus</i>	proizvodnja neurohormona koji regulisu sintezu i oslobađanje hormona adenohipofize.
<i>III. Area hypothalamica posteriors. mammillaria</i>	<i>Nuclei premamillares</i>	regulacija ofanzivnog i defanzivnog ponašanja
	<i>Nuclei mammillares (lateralis et medialis)</i>	Limbička uloga (ulaze u sastav Papezovog kruga)
	<i>Nc. posterior hypothalami</i>	regulacija temperature tijela i uloga u nastajanju emocionalnog stresa

EPITALAMUS (EPITHALAMUS)

prof. dr Vesna Gajanin

Sastavni dijelovi epitalamusa su: *trigonum habenulae*, *habenula*, *commissura habenularum*, *glandula pinealis*, *commissura posterior* i *striae medullares* (Slika 6-6).



Slika 6-6. Epithalamus: *trigonum habenulae*, *commissura posterior*, *glandula pinealis*

Topografija

Epithalamus predstavlja najmanji dio diencefalona, koji se nalazi između zadnjeg dijela desnog i lijevog talamusa i gradi zadnji dio krova i gornji dio zadnjeg zida treće moždane komore (*recessus suprapinealis* et *recessus pinealis*). *Trigonum habenulae* predstavlja trouglasto udubljenje, koje je priljubljeno uz medijalni dio *pulvinar-a thalami*. Od unutrašnjeg ugla habenule polazi tanka, okrugla vrpca, zvana habenula. U sastavu habenula opisuju se nakupine sive mase koje su označene kao habenularna jedra: manje medijalno i lateralno koje je veće u odnosu na medijalno jedro. Habenule su parne formacije i međusobno se spajaju formirajući *commissura*-u *habenularum*. Ova komisura spojena je sa *glandula pinealis*, koja leži iza nje. Ispod *commissurae habenularum* nalazi se *commissura posterior* koja spaja zadnje dijelove oba talamusa.

Funkcija

Sive mase koje se nalaze u habenulama čine habenularna jedra. Ova jedra dobijaju aferentna vlakna iz *tuberculum-a olfactorium-a*, i iz preoptičke i septalne regije, kao i iz jedara hipotalamusa i *globus pallidus-a* (Tabela 6-3). Habenula sa svojim aferentnim i eferentnim neuronskim vezama gradi sinapsu kojom se mirisni podražaji prenose na salivatorna i motorna jedra moždanog stabla. Tako se pretpostavlja da mirisni podražaji utiču na želju za uzimanjem hrane. Habenularna jedra sadržavaju peptidergičke neurone.

Iz jedara habenule (*nuclei habenulares laterales et mediales*) izlazi *fasciculus retroflexus* (Meynerti) ili *tractus habenulopeduncularis* koji završava u interpedunkularnom jedru. Na taj način se ostvaruje veza sa retikularnom formacijom tementuma. Ovi elementi predstavljaju komponente limbičkog sistema.

Za ponavljanje

Tabela 6-3. Dovodna i odvodna vlakna habenularnih jedara

Dovodna vlakna	Habenularna jedra	Odvodna vlakna
Iz septalne regije preko <i>stria medullaris thalami</i> <i>Nc. raphe mesencephali</i>	Medijalno	<i>Fasciculus retroflexus</i> – <i>nucleus interpeduncularis</i>
Iz <i>globus pallidus</i> preko <i>stria medullaris thalami</i> , <i>Substantia innominata</i> <i>Nc. raphe mesencephali</i> <i>Regio hypothalamica lateralis</i>	Lateralno	<i>Fasciculus retroflexus</i> Pojedini dijelovi mezencefalona

Opisuje se da iz jedara habenule odlaze eferentna vlakna u talamus i retikularnu formaciju mezencefalona, odakle impuls odlazi u vegetativne centre moždanog stabla, koji kontrolišu salivaciju, gastičnu i intestinalnu sekreciju i motilitet. Preko *fasciculus retroflexus* olfaktorni i limbički podražaji mogu preko relejnih ćelija u mezencefalonu uticati na visceralne funkcije. To je posebno važno za osjećanje mirisa pri hranjenju, jer izaziva sekreciju pljuvačke u cefaličkoj fazi (pri samom pogledu na hranu) ili pak mučninu kad je riječ o odvratnim mirisima.

Na taj način jedra habenule predstavljaju centar za olfaktivnu, vegetativnu i somatsku integraciju i korelaciju.

Zadnja komisura (*commissura posterior*) sadrži bijela vlakna (ukrštena i neukrštena) koja potiču iz okolnih jedara (*ncc. interstitiales fasciculi longitudinalis medialis*, *ncc. commissurae posterioris*, *nc. Darkschewitch*, *nc. inerstitalis Cajal*). Vlakna ovih jedara formiraju *fasciculus longitudinalis medialis*. Ispod i naprijed u odnosu na zadnju spojnicu nalazi se nakupina ependimnih ćelija (*tanycytes*) koje formiraju *organum subcommissurale*. Smatra se da supkomisuralni organ ima ulogu prenošenja materija od neurona do cerebrospinalne tečnosti i obrnuto. *Organum subcommissurale* zajedno sa *organum subfornicale* spada u grupu cirkumventrikularnih organa.

Šišarčica, s. epifiza (*glandula pinealis*) po obliku podsjeća na šišarku bora (*pinus* – lat. bor) i leži ispred *area pretektalis*, između gornjih kolikulusa mezencefalona. Epifiza je funkcionalno povezana sa vratnim simpatičkim stablom, preko koga prima informacije iz retine i hipotalamusa. Široka je 8 mm i pripojena je svojom bazom za *commissura habenularum*. Epifiza (*corpus pineale*) predstavlja endokrinu žlijezdu, čija sekretorna aktivnost utiče na rad ostalih endokrinih žlijezda. U pogledu endokrinog djelovanja, epifiza je funkcionalni antagonist hipofize. Ona sadrži biogene amine, serotonin i melanotonin, kao i enzime koji su potrebni za njihovu sintezu. Aktivnost ovih biogenih amina zavisi od djelovanja svjetlosti (inhibitorni efekat) i tame (stimulativni efekat). Ćelije, koje grade parenhim epifize, imaju osobine i neurona i endokrinih ćelija (paraneuroni), i u njima je konstatovano prisustvo više hormona i neurotransmitera. Osim sero-

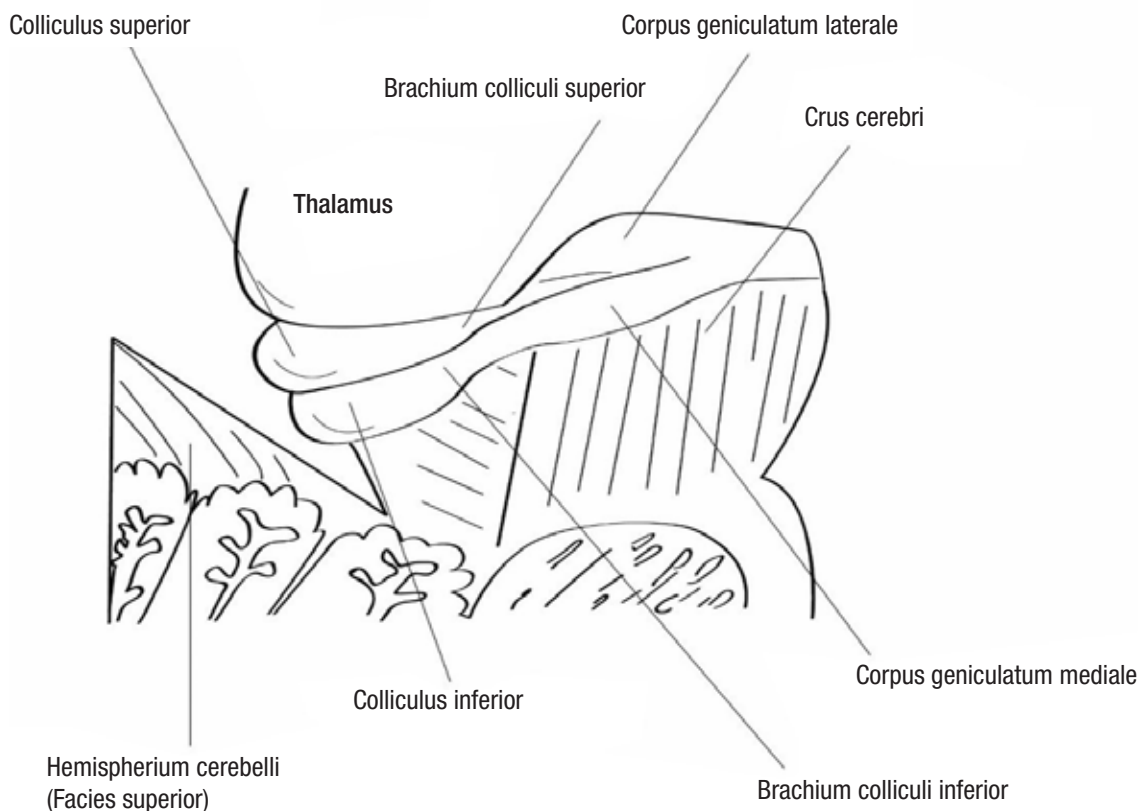
tonina i melanina, konstatovani su i somatostatin, rilizing hormon tireotropnog i luteinizirajućeg hormona, acetilholin, noradrenalin, oksitocin i dr. Specifični sekretorni produkt epifize je melatonin. Ovaj hormon igra određenu ulogu u aktiviranju određenih fizioloških procesa i ponašanja vezanih za cirkadijani ritam, kao i za smjene godišnjih doba. Melatonin djeluje supresivno na sekreciju gonadotropina. Epifiza kod čovjeka vjerovatno koči sazrijevanje polnih žlijezda prije puberteta, odnosno ima antigonotropno dejstvo.

Kliničke implikacije. Tumori epifize u djece mogu da ubrzaju pojavu puberteta (*pubertas precox*), ili da je odlože. Pinealomi označavaju tumore u razdoblju ranog djetinjstva, a nerijetko imaju ozbiljnu prognozu. Zbog oštećenja okolnih struktura (*commissura posterior, area praetectalis, colliculus superior*) dolazi najprije do pareze vertikalnog pogleda, budući da se u *commissura posterior* ukrštaju vlakna mezencefalona za regulaciju pogleda prema gore i dolje (Parinaudov sindrom), a pritisak na područje *area praetectalis* može dovesti do gubitka pupilarnog refleksa.

METATALAMUS (METATHALAMUS)

Prof. dr Vesna Gajanin

Metotalamus čine dva koljenasta tijela, spoljašnje (*corpus geniculatum laterale*) i unutrašnje (*corpus geniculatum mediale*) (Slika 6-7).



Slika 6-7. Metahalamus: *Corpus geniculatum laterale et corpus geniculatum mediale*

Topografija

Koljenasta tijela su smještena na ventralnoj površini talamusa ispod pulvinara, te se mogu opisivati i kao strukture koje pripadaju ventralnoj teritoriji i specifičnim jedrima talamusa. *Corpus geniculatum laterale* povezan je sa *colliculus-om superius-om* mezencefalona pomoću njegovog kraka (*brachium colliculi superioris*). *Corpus geniculatum mediale* nalazi se medijalno od *corpus-a geniculatum-a laterale* i povezan je sa *colliculus-om inferior-om* mezencefalona pomoću *brachium colliculi inferioris*.

Funkcija

Corpora geniculata metotalamusa sadrže sive mase koje predstavljaju relejna jezdra optičkog i akustičkog puta. Jedro, koje se nalazi u *corpus-u geniculatum-u laterale (nucleus geniculatus lateralis)*, predstavlja relejni optički supkortikalni centar. Jedro lateralnog koljenastog tijela je slojevito i građeno od dva sloja magnocelularnih ćelija, a četiri sloja parvocelularnih ćelija. Ukrštena aferentna vlakna iz suprotnog oka završavaju u neuronima 1, 4. i 6. sloja, a neukrštena u neuronima 2, 3. i 5. sloja. U ovom jedru se nalazi neuron III optičkog puta. U njemu se završavaju vlakna *tractus-a opticus-a*, a iz njega polaze eferentna vlakna koja preko *tractus geniculocalcarinus-a* odlaze prema primarnom vizualnom korteksu (kortikalni optički centar – *area striata*) u okcipitalnom režnju velikog mozga.

Jedro, koje se nalazi u *corpus-u geniculatum-u mediale (nucleus geniculatus medialis)*, predstavlja relejni akustički supkortikalni centar. Jedro medijalnog koljenastog tijela podijeljeno je na ventralni parvocelularni i dorzomedijalni magnocelularni dio. U ovo jedro dolaze vlakna iz unutrašnjeg uha (neuron III akustičkog puta), a iz njega odlaze vlakna koja grade *radiatio acustica* i završavaju u primarnom auditivnom polju (kortikalni akustički centar) u temporalnom režnju velikog mozga.

Kliničke implikacije

Bez obzira na prezentaciju kohlearnih vlakana obostrano, lezije u području jezdra medijalnog koljenastog tijela ne izazivaju gluvoću.

SUBTALAMUS (SUBTHALAMUS)

prof. dr Vesna Gajanin

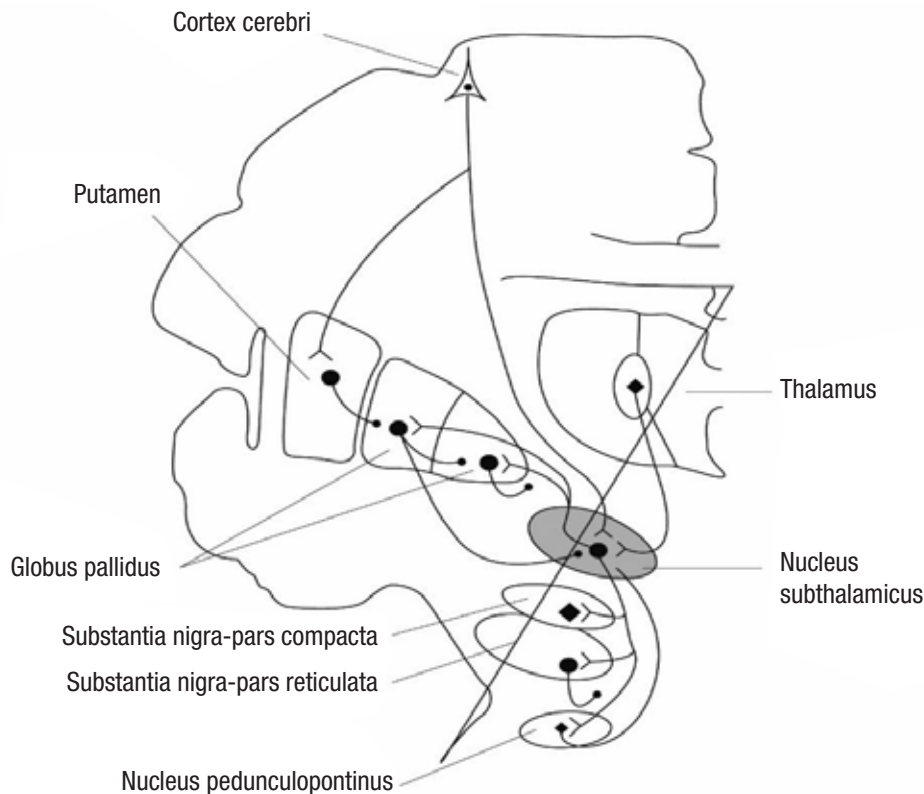
U subtalamus prelaze sive mase iz mezencefalona (*nucleus ruber, substantia nigra*), dok sopstvene mase subtalamusa predstavljaju *nucleus subthalamicus* i *zona incerta*. U sive mase subtalamusa spadaju još i *ncc. campi perizonalis (medialis et ventralis)*.

Topografija

Subtalamus se nalazi u ventralnoj oblasti diencefalona između hipotalamusa i *capsulae internae*. Zbog svog topografskog smještaja u literaturi je označen kao ventralni talamus. Morfologiju subtalamusa moguće je detaljno proučiti na frontalnim presjecima mozga u nivou prednje ivice mamilarnih tijela. Smješten je ventralno od talamusa, lateralno od hipotalamusa, a dorzalno od *crus cerebri* mezencefalona. Iza subtalamusa nalazi se *tegmentum mesencephali* (subtalamus zapravo predstavlja rostralni produžetak tegmentuma mezencefalona).

U donjem dijelu subtalamusa je smješten *nucleus subthalamicus (s. corpus Luyisi)*. Nalazi se dorzolateralno od supstancije nigre, a lateralno od crvenog

jedra (*nc. ruber*). Od talamusa je odvojen preko *zona incerta* koja predstavlja produžetak retikularne formacije mezencefalona (Slika 6-8).



Slika 6-8. Frontalni presjek mozga (*nc. subthalamicus*)

Funkcija

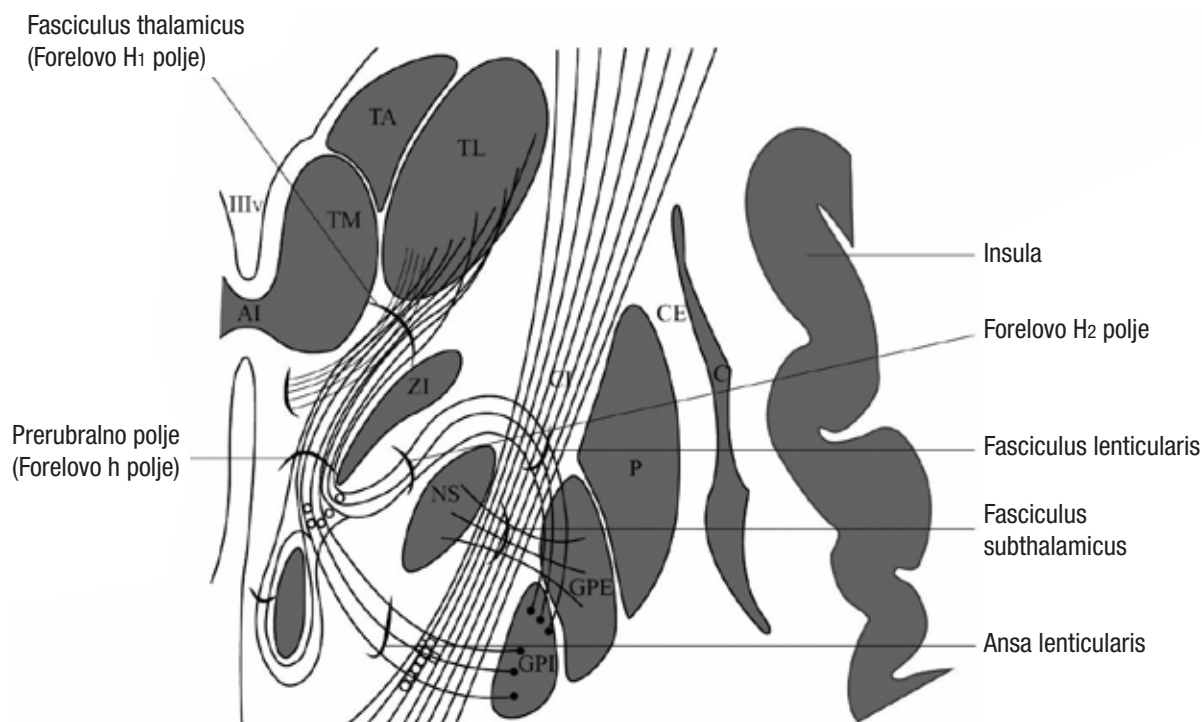
Nucleus subthalamicus (*s. corpus Luyis*) je veliko motorno jedro, koje integriše motorne kortikalne centre (djeluje inhibitorno na *globus pallidus*). Naime, većinu aferentnih vlakana *nucleus subthalamicus* prima iz *globus pallidus*, od kojih se većina ponovo vraća u *globus pallidus*. Ovaj krug je veoma bitan pomoćni ekstrapiramidni krug bazalnih ganglija. Dva subtalamička jedra su međusobno povezana preko supramamilarne komisure.

Ncc. campi perizonalis: medijalno jedro predstavlja Forelovo H polje, dorzalno čini Forelovo H1 polje, a ventralno jedro predstavlja Forelovo H2 (Slika 6-9).

Putevi iz malog mozga (*nc. dentatus*) djelimično se prekidaju u subtalamusu i grade prerubralno Forelovo H polje. Eferentna vlakna iz *globus pallidus*-a formiraju *ansa et fasciculus lenticularis*. *Fasciculus lenticularis* u području subtalamusa formira sloj bijele mase označene kao Forelovo H2 polje. *Fasciculus lenticularis et ansa lenticularis* grade *fasciculus thalamicus*, koji je označen kao Forelovo H1 polje.

Zona incerta se, zajedno sa *nc. campi medialis et dorsalis*, obostrano lateralno produžava u retikularnu formaciju talamusa (*ncc. retculares thalami*). Navedena

jedra su veza između globus palidusa i retikularne formacije mezencefalona. *Zona incerta* je uključena u regulaciju uzimanja tečnosti i predstavlja centar za korelaciju optičkih i vestibularnih impulsa.



Slika 6-9. Subthalamus – Forelova polja

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Lezije u subtalamičkom regionu («suptalamički sindrom») obično prate oštećenja *corpus-a* Luyis-i i dovode do poremećaja regulacije pokreta na strani suprotno od lezije. Simptomi ovog poremećaja su hemihoreja, hemibalizam (nagli, snažni, nevoljni pokreti ruke ili polovine tijela) i hipotonija. Subtalamički sindrom praćen je i psihičkim poremećajima (psihomotorni nemir, uzbuđenje, uznemirenost).

Poglavlje 7

VELIKI MOZAK (<i>TELENCEPHALON S. CEREBRUM</i>)	129
UVOD	129
<i>prof. dr Zdenka Krivokuća</i>	
Gornjespoljašnja strana hemisfere (<i>facies superolateralis s. convexa</i>).....	132
<i>prof. dr Zdenka Krivokuća</i>	
Na gornjespoljašnjoj strani frontalnog režnja.....	132
KLINIČKE IMPLIKACIJE	137
Sindrom frontalnog režnja.....	138
Na gornjespoljašnjoj strani parijetalnog režnja	140
Kliničke implikacije. Sindrom parijetalnog režnja	141
Na gornjespoljašnjoj strani temporalnog režnja.....	142
KLINIČKE IMPLIKACIJE	143
Na gornjespoljašnjoj strani okcipitalnog režnja	143
Kliničke implikacije	144
Reil-ovo ostrvo ili <i>insula</i>	145
Kliničke implikacije insule.....	145
Unutrašnja strana hemisfere (<i>facies medialis hemispherii</i>)	145
<i>prof. dr Vesna Gajanin</i>	
KLINIČKE IMPLIKACIJE	148
Donja strana hemisfere (<i>facies inferior hemispherii</i>).....	148
<i>prof. dr Vesna Gajanin</i>	
GRAĐA	150
Građa moždane kore	150
<i>prof. dr Zlatan Stojanović</i>	
KLINIČKE IMPLIKACIJE	151
Supkortikalne sive mase	152
<i>prof. dr Tatjana Bućma</i>	
Bijela masa velikog mozga.....	159
<i>prof. dr Tatjana Bućma</i>	
Limbički sistem.....	166
<i>prof. dr Zlatan Stojanović</i>	
KLINIČKE IMPLIKACIJE	171

Poglavlje 7

VELIKI MOZAK (*TELENCEPHALON S. CEREBRUM*)

UVOD

prof. dr Zdenka
Krivokuća

Veliki mozak (*telencephalon s. cerebrum*) predstavlja najrazvijeniji dio mozga, kako u morfološkom, tako i u funkcionalnom smislu. On u vidu plašta (*pallium*) pokriva ostale dijelove mozga.

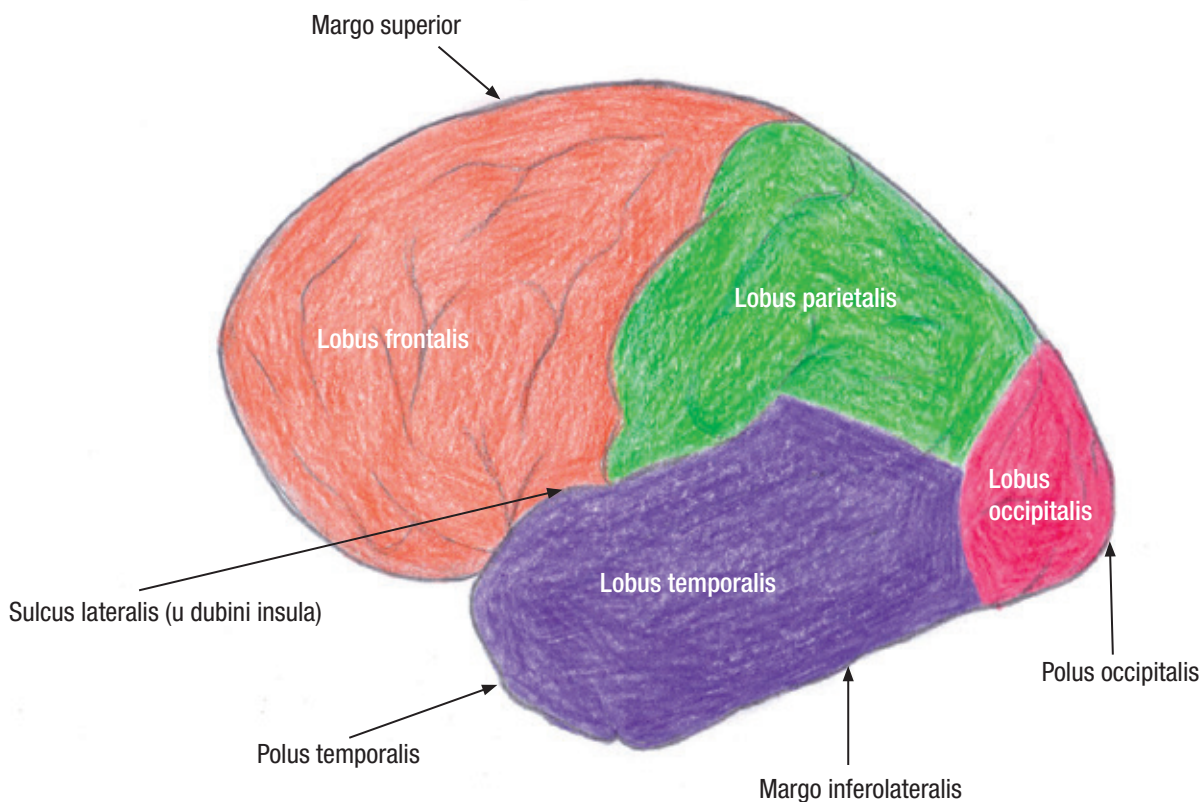
Cerebralni korteks sa izvjesnim supkortikalnim strukturama predstavlja najviši nivo za kognitivne (saznajne) funkcije (percepcija, pamćenje i mišljenje) i za voljne radnje. Ove funkcije obezbjeđuju složene veze korteksa sa moždanim stablom, kičmenom moždinom, malim mozgom, kao i veze između dva suprotna korteksa. Prema klasičnom učenju, određena područja cerebralnog korteksa opisivana su kao nosioci određenih funkcija. Prema savremenim shvatanjima, međutim, integralna i simultana aktivnost većeg broja kortikalnih i subkortikalnih struktura neohodna je za normalnu psihičku aktivnost i za voljne radnje. Informacije iz spoljašnje i unutrašnje sredine (površni i duboki senzibilitet i čulne draži) stižu u kontralateralni korteks. Proces percepcije, tj. opažanja, zavisi od spajanja sa slikama sjećanja (pamćenja) i interpretacije istog. Percepcija uključuje tijesnu integrativnu i simultanu aktivnost više kortikalnih regiona. Pamćenje se bazira na skladištenju, čuvanju i reprodukciji upamćenih slika sjećanja ili engrama. U tome učestvuju široka područja cerebralnog korteksa obe hemisfere, kao i neke supkortikalne strukture mozga.

Područja korteksa za voljne pokrete nalaze se u motornim poljima čeonog režnja. Impulsi za jednostavne voljne pokrete, svojstvene ranom djetinjstvu, polaze iz primarnog motornog polja u precentralnoj vijugi (*gyrus precentralis*). U planiranju i kontroli komplikovanih, naučenih voljnih pokreta učestvuju sekundarno motorno polje, prefrontalni korteks i mali mozak (*cerebellum*).

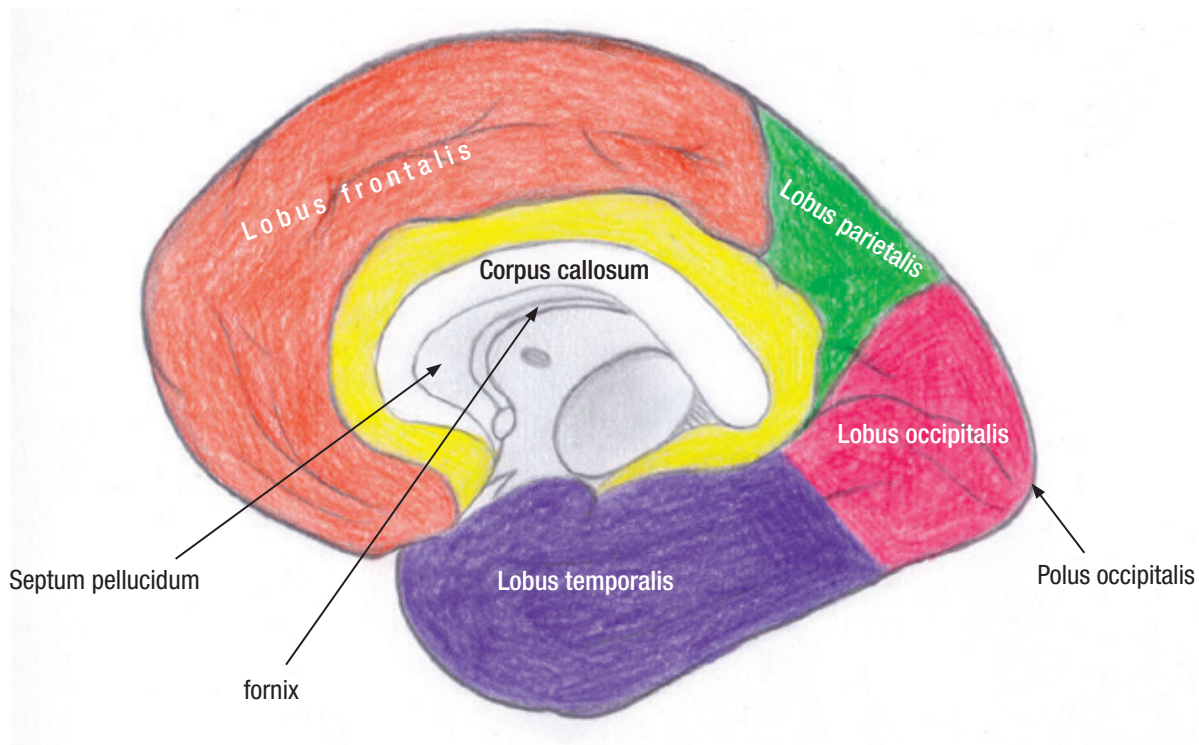
Razvoj velikog mozga: veliki mozak nastaje od prednje vezikule (*vesicula telencephalica*). Najprije se razvijaju dva divertikuluma povezana u sredini neparnim dijelom (*telencephalon impar*). Od neparnog dijela razvija se prednji dio treće moždane komore, a od divertikuluma se razvijaju bočne moždane komore i primordijalno nervno tkivo hemisfera mozga. Tokom rasta hemisfere se uvećavaju i dobivaju ovalnu konturu. Zadnji pol hemisfera se pomjera kaudoventralno i spolja, savija se prema orbitama i tako se formira temporalni pol. Intenzivan rast hemisfera natkriljuju diencefalon i mezencefalon. U toku razvoja bočna komora je loptastog oblika, a sa ekspanzijom hemisfera postaje prvo elipsoida, pa na kraju razvoja dobiva oblik savijenog cilindra konveksnog naviše. Od pete nedelje razvoja na podu bočne komore pojavljuje se uzdužni žlijeb od koga će nastati olfaktorni bulbus. Najbrži razvoj se nastavlja na podu i spoljašnjem zidu hemisfera, gdje se formira začetak strijatalnog tijela, kapsule

interne. Zapremina mozga na rođenju iznosi 25% zapremine mozga odraslih. Najveći porast se dešava tokom prve godine života i na kraju prve godine zapremina iznosi 75% zapremine odraslih. Porast se dešava zbog rasta tijela nervnih ćelija, obima i dimenzija njihovih dendritskih granjanja, aksona u njihovih kolateralala, kao i rasta glijalnih ćelija i krvnih sudova, ali glavni uzrok rasta je razvoj mijelinskih omotača. Prvo mijelinizuju veliki senzorni sistemi: vizuelni, akustički i somatski, a kasnije i motorni. Tokom druge i narednih godina, rast se nastavlja znatno sporije i mozak dostiže adultne dimenzije do sedamnaeste ili osamnaeste godine života. Taj porast je izazvan mijelinizacijom raznih grupa nervnih vlakana.

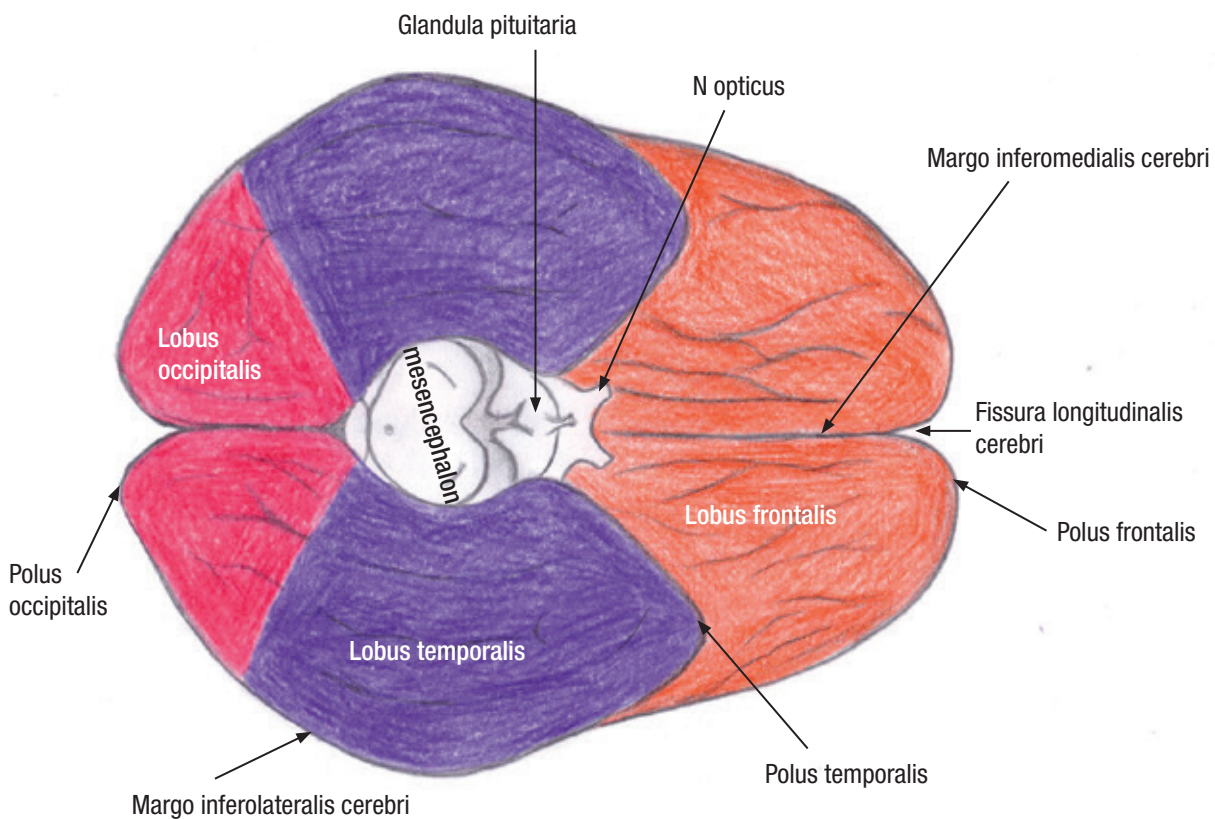
Morfologija velikog mozga: veliki mozak ima oblik polovine ovoida, čiji je prednji kraj uži od zadnjeg, a donja strana zaravnjena. Prosječna težina mozga iznosi 2,5% prosječne tjelesne težine. Prosječna dužina mozga, mjerena između čeonog i potiljačnog režnja, iznosi 16 cm, a širina, između najudaljenijih tačaka sljepočnog režnja, iznosi 14 cm. Visina mozga, od donje strane mozga do najviše tačke tjemenog režnja, iznosi 12 cm. Površina ljudskog mozga iznosi oko 2300 cm². Gornja, konveksna strana velikog mozga odgovara krovu lobanje (*calvaria*), a njegova donja, ravna strana leži na bazi lobanje u predjelu prednje i srednje lobanjske jame, dok donja strana okcipitalnog režnja leži u duralnom šatoru malog mozga. Veliki mozak je duž srednje linije nepotpuno podijeljen dubokom uzdužnom pukotinom (*fissura longitudinalis cerebri*) na dvije hemisfe-



Slika 7-1. Gornjepsoljašnja strana hemisfere (*facies superolateralis s. convexa*)- lijeva hemisfera



Slika 7- 2. Unutrašnja strana (facies medialis) desne hemisfere



Slika 7-3. Donja ili bazalna strana (facies inferior s. basalis) hemisfera mozga

re (*hemispherium cerebri*), desnu i lijevu. Na dnu ove međuhemisferične pukotine nalazi se žuljevito tijelo (*corpus callosum*), koje spaja desnu i lijevu hemisferu. Osim *corpus callosum*-a desnu i lijevu hemisferu spajaju i dvije manje spojnice, *comissura anterior* i *comissura fornicis*. Medijalna strana hemisfere, koja gleda ka interhemisferičnoj pukotini, srasla je sa svojim ventralnim dijelom sa ipsilateralnim dijelom diencefalona. U središtu svake hemisfere nalazi se centralna šupljina, zvana bočna moždana komora (*ventriculus lateralis*) (Slika 7-1, 7-2 i 7-3).

Hemisfera ima tri pola, čeonni pol (*polus frontalis*), potiljačni (*polus occipitalis*) i sljepoočni (*polus temporalis*).

Na hemisferi velikog mozga razlikuju se tri strane: gornjespoljašnja (*facies superolateralis s. convexa*) (Slika 7-1.), unutrašnja (*facies medialis*) (Slika 7-2.) i donja (*facies inferior*) (Slika 7-3.).

Na hemisferi velikog mozga razlikuju se tri ivice: *margo superior* (Slika 7-1.), *margo inferolateralis* i *margo inferomedialis* (Slika 7-3.).

Površina hemisfere je naborana i na njoj se uočavaju moždane vijuge (*gyri cerebri*) koji su međusobno razdvojene pomoću moždanih žljebova (*sulci cerebri*).

GORNJESPOLJAŠNJA
STRANA
HEMISFERE (*FACIES
SUPEROLATERALIS S.
CONVEXA*)

prof. dr Zdenka
Krivokuća

Na gornjespoljašnjoj strani hemisfere (Slika 7-4.) vide se dublje pukotine, koje dijele hemisferu na pet režnjeva (*lobus frontalis, lobus parietalis, lobus occipitalis, lobus temporalis i insula*). Najdublja i najduža pukotina na gornjespoljašnjoj strani hemisfere je *sulcus lateralis cerebri Sylvii*, koja odvaja temporalni od frontalnog i parijetalnog režnja. Ova pukotina počinje na donjoj strani hemisfere, zatim prelazi na gornjespoljašnju stranu i pruža se koso naviše i unazad i dijeli se na tri grane- *ramus anterior, ramus ascendens i ramus posterior*. U donjem dijelu spoljašnje strane hemisfere *sulcus lateralis* je dubok i predstavlja bočnu jamu (*fossa lateralis cerebri*), na čijem dnu se nalazi skriveni režanj hemisfere, ostrvo (*insula*). Insulu pokrivaju dijelovi frontalnog, parijetalnog i temporalnog režnja, koji grade poklopac (*operculum*).

Drugi veliki žlijeb na spoljašnjoj strani hemisfere je *sulcus centralis Rolandi*. Ovaj žlijeb se pruža od sredine gornje ivice hemisfere koso naniže i unaprijed do blizu *sulcus lateralis cerebri* i odvaja frontalni od parijetalnog režnja.

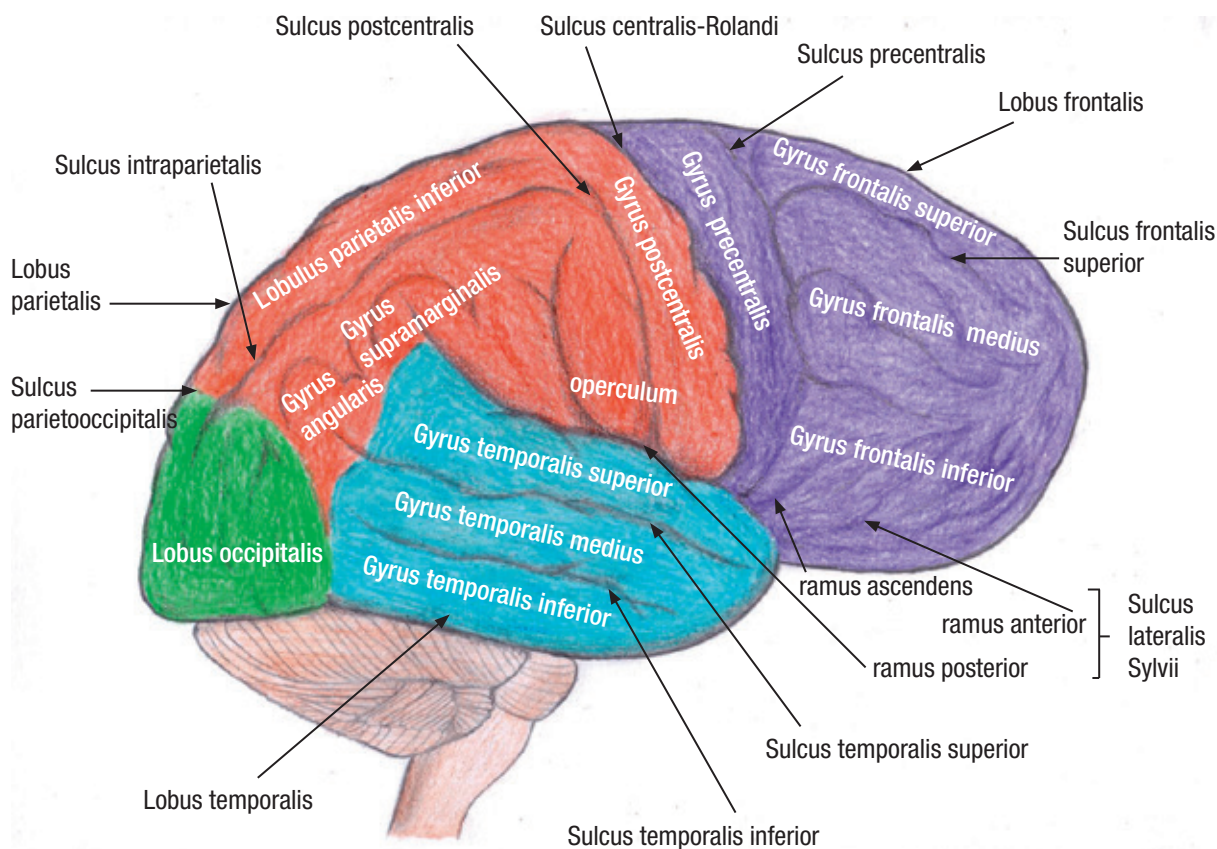
Pored dva navedena dublja žlijeba, na gornjespoljašnjoj strani hemisfere vide se i dva plića žlijeba. To su *sulcus parietooccipitalis*, koji prelazi sa unutrašnje strane na gornjespoljašnju stranu zadnjeg dijela hemisfere i odvaja parijetalni od okcipitalnog režnja, i *sulcus occipitalis transversus*, koji se pruža koso unaprijed, na oko 4 cm ispred okcipitalnog pola hemisfere, i koji zajedno sa prethodnim parijetookcipitalnim žljebom odvaja okcipitalni režanj od parijetalnog i temporalnog.

Na gornjespoljašnjoj
strani frontalnog režnja

vide se tri plića žlijeba (Slika 7-4).

To su:

- *sulcus precentralis*, vertikalni žlijeb, koji se nalazi ispred *sulcus centralis* i paralelan je sa njim
- *sulcus frontalis superior*, horizontalni žlijeb, paralelan sa gornjom ivicom hemisfere

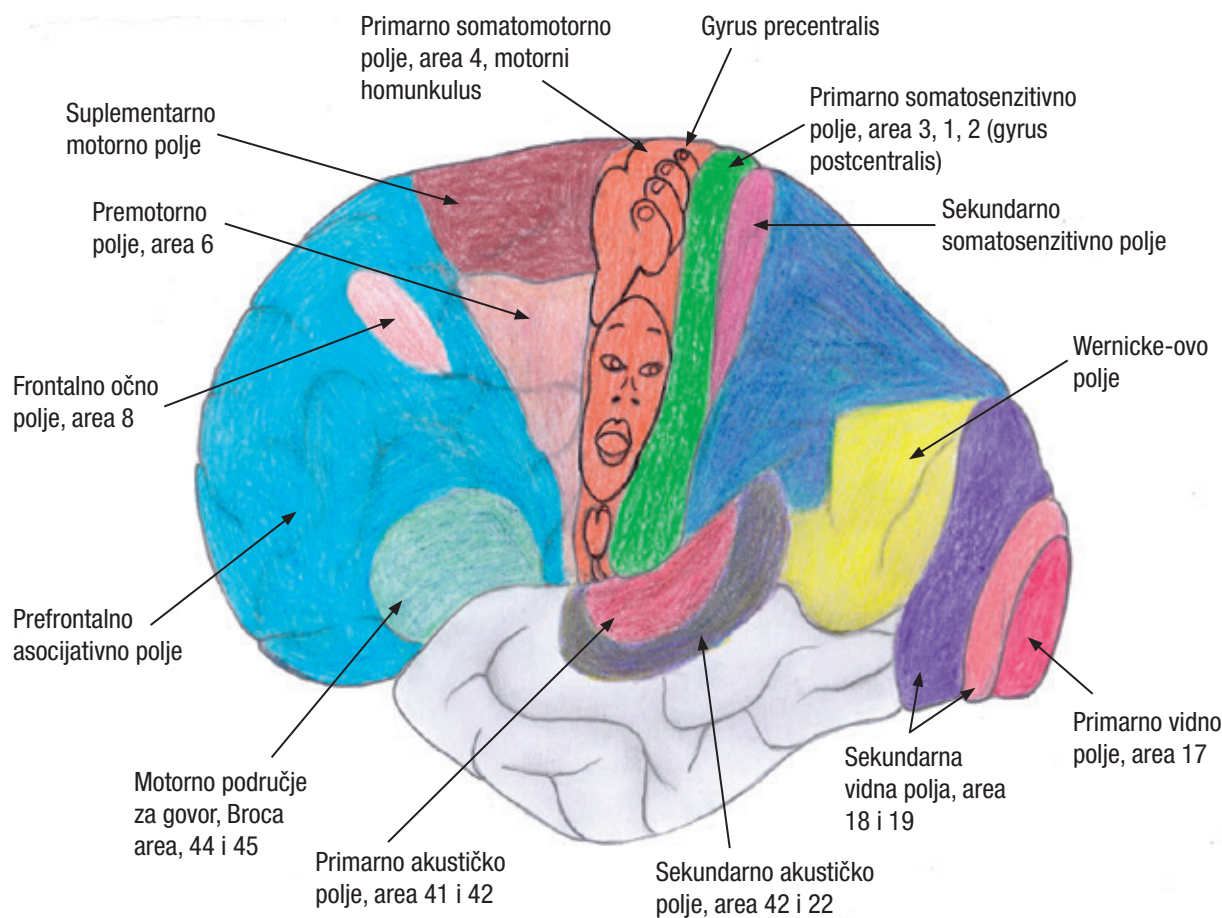


Slika 7-4. Gornjespoljapnja strana hemisfere velikog mozga sa vijugama i žljebovima

- *sulcus frontalis inferior*, koji se nalazi ispod *sulcusa frontalis superiora* i paralelan je sa njim.

Tri navedena žlijeba dijele spoljašnju stranu čeonog režnja na četiri vijuge. To su: *gyrus precentralis*, *gyrus frontalis superior*, *gyrus frontalis medius* i *gyrus frontalis inferior*.

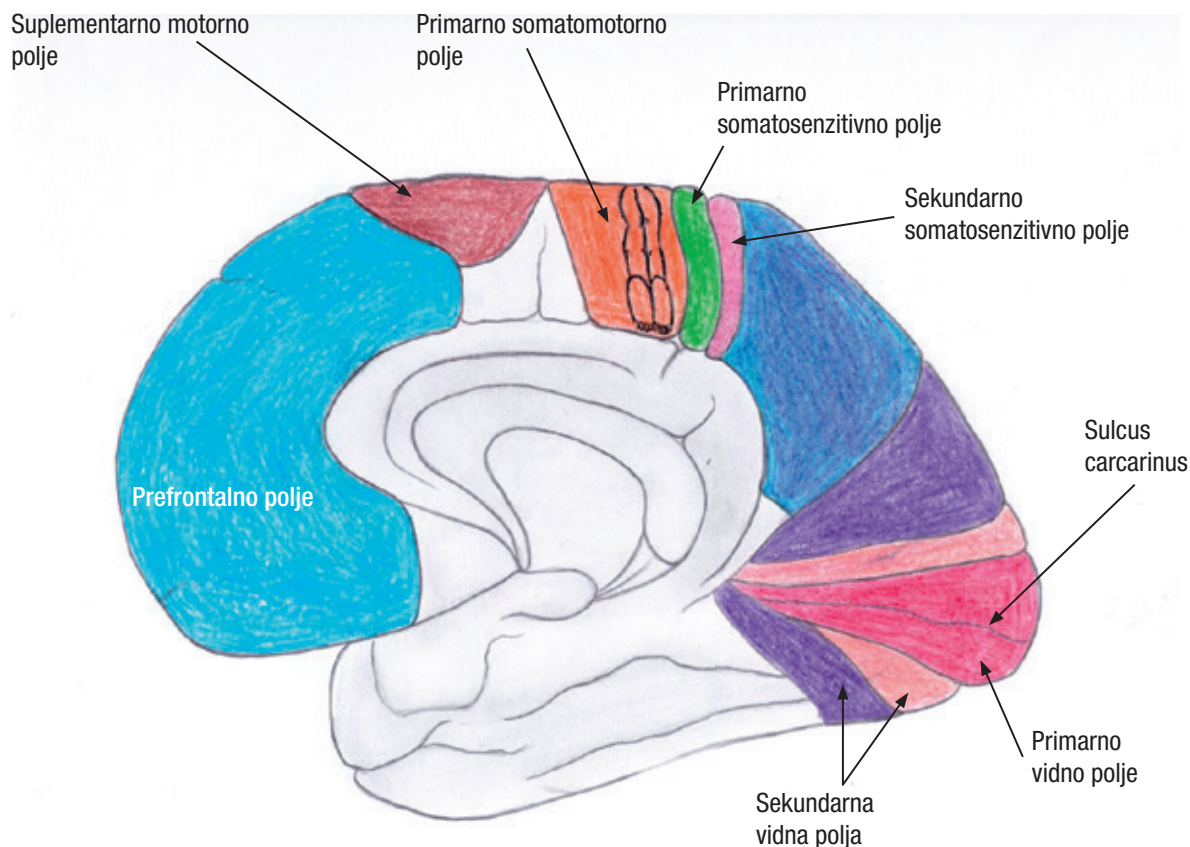
Gyrus precentralis je vertikalna vijuga, koja se nalazi ispred *sulcusa centralisa*, a iza *sulcusa precentralisa*. Ovaj girus pruža se naviše ka gornjoj ivici hemisfere, gdje se na njega nastavlja prednji dio *lobulusa paracentralisa*, na medijalnoj strani hemisfere. U kori *gyrusa precentralisa* nalazi se primarno motorno polje, koje na gornjoj ivici hemisfere prelazi na unutrašnju stranu hemisfere i zahvata prednje dvije trećine *lobulusa paracentralisa*. Presentaciju tjelesne muskulature u primarnom motornom polju predstavlja "motorni homunkulus". Motorna reprezentacija tjelesne muskulature raspoređena je odozdo nagore, pri čemu su mišići glave prezentovani u donjem dijelu *gyrusa precentralisa*, a mišići stopala u kori *lobulusa paracentralisa*. Najveća područja u motornom polju pripadaju mišićima šake i mišićima lica, koji vrše najkomplikovanije pokrete. Iz primarnog motornog polja polaze direktni putevi za muskulaturu trupa i udova (*tractus corticospinalis* s. *pyramidalis*) i za mišiće glave i vrata (*truncus corticonuclearis*) (Slika 7-5., Slika 7-6.).



Slika 7- 5. Motorna i senzorna polja moždane kore, superolateralna strana lijeve hemisfere

U *gyrus precentralis*-u, u **primarnom motornom području** (Slika 7-7., 7-8.) stvara se koncept za voljne pokrete i njihovo izvršavanje. Nenaučeni pokreti, koji su svojstveni ranom djetinjstvu, posljedica su direktnog prenošenja impulsa iz piramidalnih ćelija girusa precentralisa do prednjih, motornih rogova kičmene moždine i dalje putem motornih nerava do mišića. Kontrola, i programiranje finih naučenih pokreta podrazumjeva uključivanje i drugih kortikalnih i subkortikalnih struktura, i malog mozga.

Ispred primarnog motornog polja nalazi se **premotorno polje** (Slika 7-5., 7-7., 7-8.), koje odgovara kaudalnom dijelu gornje čeone vijuge. Premotorno polje šalje svoje aksone u primarno motorno polje, u suplementarno motorno polje, u *nucleus ruber*, retikularnu formaciju i kičmenu moždinu. Premotorno polje reaguje na vizualne svjetlosne stimuluse, odgovorno je za vizuomotornu integraciju i za motorno učenje i koordinaciju pokreta. Centar za uspravan hod nalazi se u zadnjem dijelu *gyrus frontalis superior*-a (u blizini elementarnog motornog centra za mišiće noge), centar za pisanje nalazi se u zadnjem dijelu *gyrus frontalis medius*-a (u susjedstvu elementarnog motornog centra za mišiće šake). Centar za govor nalazi se u zadnjem (operkularnom i triangularnom) dijelu *gyrus frontalis inferior*-a (u blizini elementarnog motornog centra za mišiće glave).

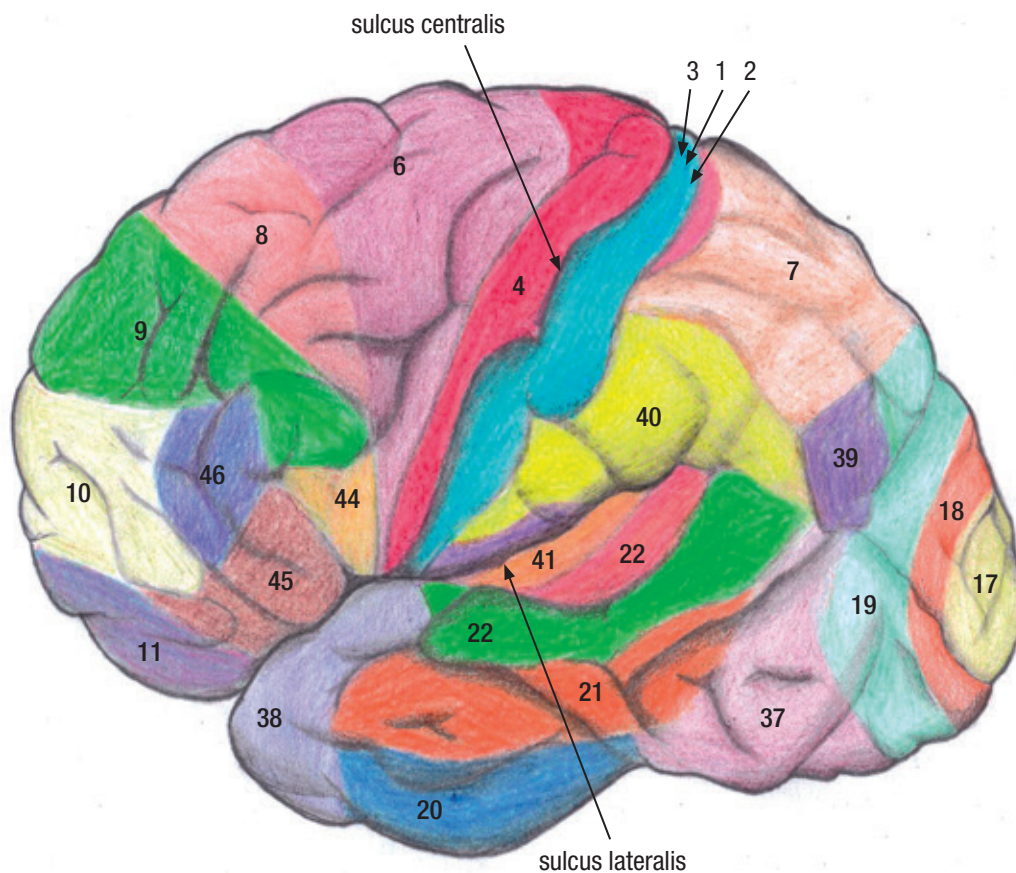


Slika 7-6. Motorna i senzorna polja moždane kore, medijalna strana desne hemisfere

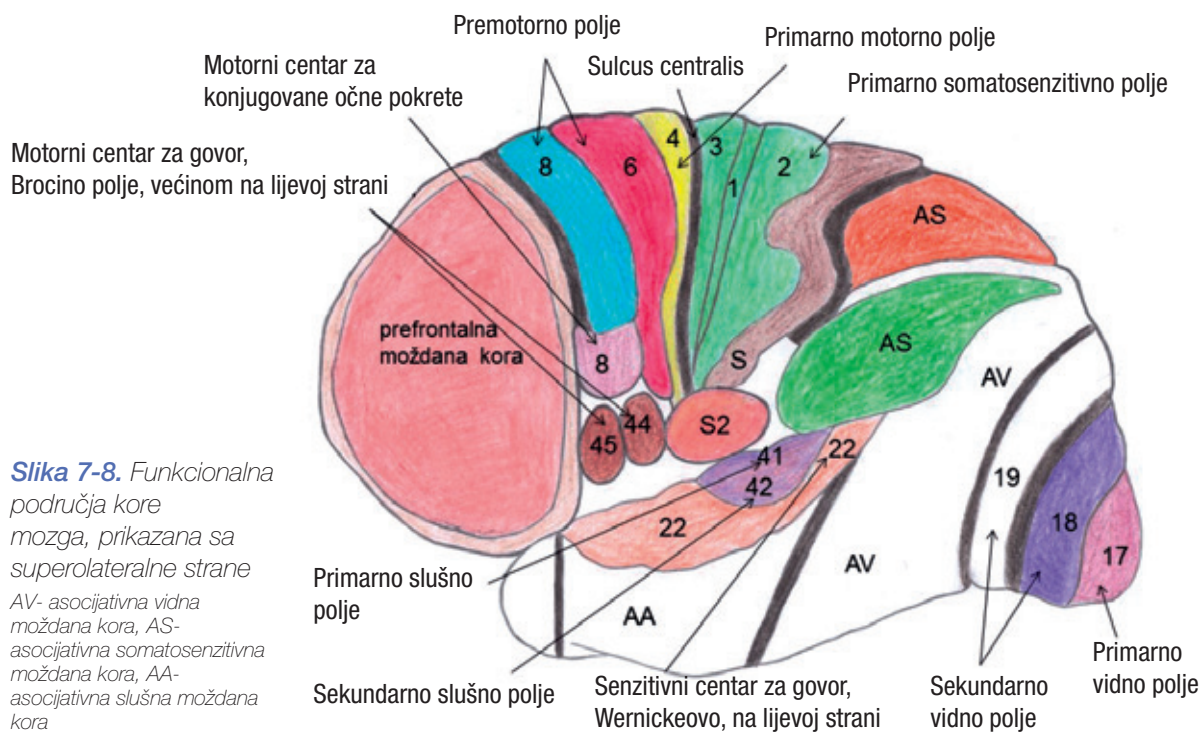
Suplementarno motorno polje (Slika 7-7., 7-6., 7-8.) nalazi se u kaudalnom dijelu medijalne strane *gyrus frontalis superior-a*, ispred *lobulusa paracentralisa*. Iz suplementarnog motornog polja odlaze aksoni u primarno motorno polje i pre-motorno polje iste ili suprotne strane, u somestetsko polje, talamus, klaustrum, nucleus ruber i kičmenu moždinu. Ovo polje je odgovorno za započinjanje pokreta, planiranje komplikovanih pokreta i za bimanuelnu motornu aktivnost, posebno onih pokreta koji se odvijaju u sekvencama.

Prefrontalni korteks (Slika 7-5., 7-6., 7-7., 7-8.) pruža se na gornjospoljašnjoj strani hemisfere od premotornog polja do prednjeg, čeonog pola hemisfere; na medijalnoj strani hemisfere pruža se od suplementarnog motornog polja i *gyrus-a cinguli*, do čeonog pola hemisfere; na donjoj strani hemisfere obuhvata prednji dio baze čeonog režnja. Prefrontalni korteks predstavlja najveću asocijativnu regiju mozga, koja je povezana sa asocijativnim regijama ostalih režnjeva iste strane, kao i sa mnogim subkortikalnim formacijama (talamusom, hipotalamusom, tegmentumom mezencefalona), formacijama limbičkog sistema.

Prefrontalni korteks, koji je izuzetno razvijen kod čovjeka, osposobljen je za funkcije, koje u živom svijetu posjeduje samo mozak čovjeka. Taj dio mozga odgovoran je za apstraktno mišljenje, rasuđivanje, predviđanje, planiranje, socijalno ponašanje, a zbog njegovog udjela u emocionalnim reakcijama funkcionalno je uključen i u limbički sistem.



Slika 7-7. Brodmanova polja, pogled na lijevu hemisferu velikog mozga, superolateralna strana



Slika 7-8. Funkcionalna područja kore mozga, prikazana sa superolateralne strane
 AV- asocijativna vidna moždana kora, AS- asocijativna somatosenzitivna moždana kora, AA- asocijativna slušna moždana kora

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Neokorteks obezbjeđuje najsloženiji nivo analize informacija, koje stižu u mozak, kao i adekvatan odgovor na pristigle informacije, uključivanjem složene refleksne aktivnosti. Tome slijedi analiza rezultata datog odgovora i eventualna modulacija ponašanja, odnosno, ako je rezultat datog odgovora bio pozitivan, sekvenca ponašanja koja je primjenjena u datoj situaciji, postaje dio ponašanja date ličnosti. To znači da takvo ponašanje stupa na scenu kada nastanu iste ili slične okolnosti.

Na nivou neokorteksa odvijaju se: opažanje (*percepcija*), pamćenje i mišljenje, kao segmenti sazajnog (*kognitivnog*) procesa; nagonско-afektivne funkcije (*afektivite, emocije, motivacija*); voljna psihomotorna djelatnost.

Rezultat svih navedenih funkcija je svijest, koja podrazumjeva budno stanje, u kome postoji orijentacija jedinke u odnosu na sopstvenu ličnost i okolni svijet.

Hemisfere velikog mozga, desna i lijeva, su morfološki i strukturno simetrične i funkcionišu sinhrono. Specijalizacija hemisfere postoji na nivou funkcije govora i upotrebe ruke u finijoj manipulativnoj aktivnosti. Specijalizacija hemisfera povezana je sa sposobnošću čovjeka da se bolje služi jednom (*desnom ili lijevom*) rukom. To je genetski predodređeno i 91% ljudi su dešnjaci. Činjenica je, međutim da se specijalizacija hemisfera u pogledu boljeg služenja jednom rukom često ne uočava jasno. U gotovo trećine ljudi nema jasne dominacije desne ruke, a kada i ona postoji na rođenju, vaspitanjem može da se promijeni (*pr. ljevaci nauče da pišu desnom rukom*). Funkcija govora takođe više zavisi od jedne hemisfere. Kod dešnjaka to je lijeva hemisfera. Ta hemisfera, koja je dominantna za govor, često se naziva dominantna hemisfera. Činjenica je, međutim, da obe hemisfere mogu da obavljaju indentičnu funkciju, ali je pri tome efikasnost jedne hemisfere veća. Druga hemisfera nije subdominantna, ona je odgovornija samo za neke druge funkcije, tj. ona je odgovorna za vizuelnoprostorne odnose, što omogućava prepoznavanje lica i predmeta na osnovu njihovog izgleda i oblika. Hemisfere zapravo djeluju komplementarno. To se odnosi i na samu govornu funkciju, koja je rezultat djelovanja lijeve hemisfere, ali govor dobija emocionalnu obojenost i intonaciju aktivnošću desne hemisfere. Kod oštećenja desne hemisfere govor je monoton i bez intonacije. Za hemisferu, koja je odgovorna za govorne funkcije, sve je češće u upotrebi naziv kategorična hemisfera, a za hemisferu koja je odgovorna za vizuelno-prostorne odnose reprezentativna hemisfera.

Oštećenje moždanih struktura odražava se i na psihičke funkcije, a određena područja kore velikog mozga povezuju se sa određenim psihičkim funkcijama i poremećajem tih funkcija. Funkcionalnu ravnotežu moždanih struktura u procesu obrade informacija može da naruši agens, koji strukturalno oštećuje moždano tkivo. Ovu ravnotežu, međutim, mogu i da naruše informacije, koje svojim specifičnim kvalitetima i brojnošću prevazilaze aktualne mogućnosti obrade, odnosno iscrpljuju adaptivne mogućnosti centralnog nervnog sistema.

Nove, mlađe i složenije strukture moduliraju i inhibiraju starije strukture, manje složene formacije. Mlade strukture, upravo zbog složenosti njihove građe i funkcije, i plastičnosti, osjetljivije su na djelovanje štetnih agenasa, a u slučaju oštećenja oslobađaju se starije strukture. Kao izraz oslobađanja starijih sistema nastaje mentalna disfunkcija, koja podrazumijeva smanjenu sposobnost adaptacije, pojavu nezrelih oblika ponašanja, tj. vraćanje na starije, primitivni-

je oblike funkcionisanja i ponašanja (*regresija*), sve do oslobađanja instiktivno-nagonskih mehanizama ponašanja.

Prema savremenim tumačenjima moždanih funkcija, posebno kada je riječ o neokorteksu, funkcije nisu ograničene na centre, nego na funkcionalne cjeline, ili funkcionalne komplekse. Funkcionalne cjeline nisu predstavljene određenim anatomskim formacijama, nego ih predstavljaju grupe neurona, povezani odgovarajućim neurotransmiterima i adekvatnim receptorima u cilju obavljanja određene funkcije.

Sindrom frontalnog režnja

U čeonom režnju velikog mozga nalazi se motorno područje: primarno motorno polje, premotorno polje i suplementarno motorno polje. Lezije u oblasti pojedinih motornih polja povlače za sobom različite poremećaje motorike, koji zavise od uloge, koju određeno motorno polje ima u motornim aktivnostima.

Primarno motorno polje (area 4, po Brodmann-u) (Slika 7-5., 7-6., 7-7., 7-8.), koje se nalazi u girusu precentralisu i prednje dvije trećine lobulusa paracentralisa, daje nalog za izvođenje elementarnih motornih pokreta (*pr. fleksija, ekstenzija*). U slučaju oštećenja ovog polja nastaje flakcidna paraliza miškulature na suprotnoj strani tijela.

Premotorno polje (area 6, po Brodmann-u) (Slika 7-5, 7-7., 7-8.) nalazi se ispred primarnog motornog polja i obuhvata kaudalne (*zadnje*) dijelove *gyrus-a frontalis superior* i rostralne dijelove *lobulusa paracentralisa*. Ovo polje je važno za motorno učenje, modulaciju inteziteta pokreta, integrisanja vizuelnih informacija u planiranju i pripremi pokreta, i ispoljava aktivnost prije vršenja samog pokreta. U ovom polju nalaze se koordinacioni motorni centri, u kojima se vrši koordinacija funkcija onih mišića, koji učestvuju u obavljanju komplikovanih radnji. U kaudalnom dijelu girusa frontalis inferiora nalazi se Brocka-in motorni centar za govor (area 44 i 45, Broca area) (Slika 7-5., 7-7., 7-8.) (*on leži ispred elementarnog motornog centra za mišiće glave i vrata u donjem dijelu gyrus-a precentralisa*). Razaranje ovog centra u dominantnoj hemisferi ima za posljedicu paralizu govorne miškulature (*govorna afazija*). Oštećenje ovog centra ima za posljedicu poremećeno izgovaranje riječi i njihovo povezivanje u tečan govor, javljaju se zastoji u govoru, spor govor, i zamuckivanje. Navedeni poremećaji dovode do potištenosti i psihičkih smetnji, a zbog ispoljenih nesposobnosti može da se javi i depresija. Treba, međutim imati u vidu da se osiromašen govor, koji podsjeća na Brocka-inu afaziju, ponekad javlja i u toku shizofrenije.

Oštećenje premotornog polja dovodi do prolazne pareze mišića, javlja se refleks prinudnog hvatanja, poremećaj motornog učenja i vizuo-motorna apraksija.

U zadnjem dijelu srednje čeone vijuge (*gyrus frontalis medius*) nalazi se frontalno očno polje (dio aree 8, po Brodmann-u), koje ima ulogu u pokretima očiju. (Slika 7-5., 7-7., 7-8.).

Suplementarno motorno polje (Slika 7-5., 7-6.) je područje frontalnog korteksa, u kome se vrši programiranje pojedinih sekvenci naučenih pokreta i koje je odgovorno za otpočinjanje pokreta. Oštećenje suplementarnog motornog polja remeti spontane pokrete distalnih dijelova ekstremiteta (*apraksija*). Bilateralno oštećenje ovog polja dovodi do dugotrajne akinezije, a može da remeti i spontanu motornu aktivnost.

Asocijativna zona čeonog režnja, ili prefrontalni korteks (aree 8, 9, 10, 11, i 12, kao i area 45 i 46, po Brodmann-u) (Slika 7-5., 7-6., 7-7., 7-8.) nalazi se ispred premotornog polja korteksa, pruža se do čeonog pola hemisfere i predstavlja najveće asocijativno područje korteksa. Prefrontalni korteks ima tri dijela: lateralni, medijalni i ventralni, ili orbito-frontalni dio. Lateralni dio nalazi se na lateralnoj strani hemisfere u prednjim (*rostralnim*) dijelovima frontalnih girusa. Medijalni dio nalazi se na medijalnoj strani hemisfere i zahvata prednji dio medijalne strane girusa frontalis superiora, i girusa cinguli. Ventralni, ili orbito-frontalni dio nalazi se na ventralnoj strani hemisfere i zahvata prednji i srednji dio frontalne strane čeonog režnja. U prefrontalnom korteksu nalaze se centri za složene kortikalne funkcije: apstraktno i konkretno mišljenje, rasuđivanje, predviđanje, pamćenje, motivaciju, korištenje ranijih iskustava za buduće akcije. Navedene složene funkcije kore odvijaju se putem neuronskih krugova, koji osim frontalnog režnja, obuhvataju i prostrana područja parijetalnog, temporalnog i okcipitalnog režnja oko i izvan motornih i senzornih centara, kao i supkortikalne sive mase i hipotalamus. Brojne veze prefrontalnog korteksa sa navedenim kortikalnim i supkortikalnim strukturama, somatskim, vizuelnim, auditivnim, dokazuju da prefrontalni korteks predstavlja najviši nivo za integraciju senzitivnih i senzorijskih informacija. Prefrontalni korteks učestvuje u modulaciji emocionalnih reakcija, zbog čega je uključen u limbički sistem. Direktni putevi iz prefrontalnog korteksa u hipotalamus i septalnu areu služe za regulaciju funkcija limbičkog sistema. Veze prefrontalnog korteksa sa hipokampusom i amigdaloidnim kompleksom ukazuju na njegovu ulogu u učenju i pamćenju.

Kod oštećenja prefrontalnog korteksa ukoliko je oštećena orbitalna regija, javlja se "sindrom frontalnog režnja" u kome dominiraju euforija sa hiperkinezijom, rasejanost, misaoni tok koji se ponavlja neprekidno, neprimjereno socijalno ponašanje i dezinhibicija seksualnog nagona. Ukoliko je oštećena lateralna regija prefrontalnog korteksa javlja se "sindrom frontalnog režnja" sa drugačijom simptomatologijom: nastaje poremećaj pažnje, opšta nezainteresovanost, apatija, hipokinezija, nemogućnost prelaska sa jedne aktivnosti na drugu, poremećen je govor, sniženi su nagoni, javljaju se primitivni refleksi (*pućenje usana*) i ne postoji uvid u sopstveno stanje.

Kod oštećenja frontalnog režnja nastupa poremećaj mišljenja. Smanjuje se, ili se potpuno ukida selektivno usmjeravanje pažnje i sposobnost razlikovanja bitnih informacija od nebitnih. Međutim kada je riječ o poremećajima pažnje treba navesti da su neke psihoze shizofrenog tipa praćene poremećajima pažnje, sa nemogućnošću da se iz velikog broja informacija, koje stižu u CNS, izdvoje bitne informacije od nebitnih i tako uspostavi adekvatan odnos sa spoljašnjom sredinom.

U orbitofrontalnom dijelu prefrontalnog korteksa nalazi se olfaktivno polje korteksa. Ono je povezano sa piriformnim korteksom i areom entorinalis. Karakteristika percepcije olfaktivnih draži ogleda se u tome da trajna izloženost nekom mirisu, uključujući i one najneprijatnije, dovodi do smanjenja i eventualnog prestanka registrovanja tog mirisa (*centralni fenomen adaptacije na određeni miris*). Olfaktivni pragovi se povećavaju u starijem životnom dobu i osobe starije od 80 godina često (*u 75% slučajeva*) imaju smanjenu sposobnost

da prepoznaju miris. Poremećaji percepcije mirisa mogu da budu posljedica patoloških procesa u nosnoj šupljini ili u olfaktivnim regijama mozga. Poremećaj percepcije mirisa može da ima oblik potpunog odsustva mirisne funkcije (*anosmia*), smanjene mirisne osjetljivosti (*hyposmia*), ili iskrivljenog osjećaja za miris (*dysosmia*). Nadražajne lezije u predjelu *uncus-a gyri parahippocampalis* mogu da dovedu do neprijatnih olfaktivnih senzacija, a oštećenje orbitofrontalne olfaktivne regije remeti identifikaciju mirisa.

Orbitofrontalni dio prefrontalnog korteksa direktno se projektuje u bazalne ganglije. Kako su te projekcije po svojoj prirodi ekscitatorne, pretpostavlja se da možda imaju određenu ulogu u razvoju nekih psihoza.

Na gornjespoljašnjoj strani parijetalnog režnja

(Slika 7-4.) nalaze se dva žlijeba:

- *sulcus postcentralis*, vertikalni žlijeb koji je iza *sulcusa centralisa Rolandi* i paralelan je sa njim
- *sulcus intraparietalis*, paralelan sa gornjom ivicom hemisfere i pruža se od sredine *sulcusa postcentralisa* unazad do *sulcusa occipitalisa transversusa*.

Ova dva žlijeba dijele spoljašnju stranu parijetalnog režnja na tri vijuge:

- *gyrus postcentralis*, koji predstavlja vertikalnu vijugu, koja se nalazi iza *sulcusa centralisa*, a ispred *sulcusa postcentralisa* i preko gornje ivice hemisfere nastavlja se na zadnji dio lobulusa *paracentralisa* na unutrašnjoj strani hemisfere.
- *Lobulus parietalis superior* je horizontalna vijuga koja se nalazi iznad *sulcusa intraparietalisa*, i preko gornje ivice hemisfere produžava se u *precuneus* na unutrašnjoj strani hemisfere.
- *Lobulus parietalis inferior* nalazi se ispod *sulcusa intraparietalisa* i pruža se od *sulcusa postcentralisa* naprijed do *sulcusa occipitalisa transversusa* pozadi. Prednji dio lobulusa *parietalis inferiora* naziva se *gyrus supramarginalis*, a njegov zadnji dio predstavlja *gyrus angularis*.

U kori parijetalnog režnja nalaze se somatosenzorna, ili somestetska polja, u kojima se vrši analiza svih draži, koje stižu iz različitih dijelova tijela (*kože, kostiju, zglobova, mišića, odnosno dubokih tkiva*), određuje se vrsta draži, njen intenzitet i lokalizacija i registruje se položaj tijela i pokreti pojedinih dijelova tijela. Na taj način parijetalni korteks registruje promjene kako u tkivima i organima tijela, tako i u spoljašnjoj sredini.

Primarno somestetsko, odnosno somatosenzorno polje (area 3,1,2 po Brodmann-u) (Slika 7-5., 7-6., 7-7., 7-8.) nalazi se u *gyrus postcentralisu* i kaudalnom dijelu *lobulusa paracentralisa*. To polje prima elementarne osjete, koji dolaze iz kože, kostiju, tetiva, mišića suprotne strane tijela (*dodir, pritisak, toplo, hladno, vibracije, odnosno osjete, koji nastaju pri pokretima pojedinih dijelova tijela i pri promjeni položaja tijela u prostoru*). Ovo polje prima input iz specifičnih senzornih jedara.

U girusu *postcentralisu* somestetski centri za reprezentaciju pojedinih dijelova tijela, raspoređeni su tako, da predstavljaju *senzitivni homunkulus* sa glavom okrenutom nadole. U ovome polju najveća područja pripadaju licu, jeziku i šaci, odnosno prstima.

Sekundarno somatosenzorno polje (Slika 7-5., 7-6.) nalazi se u kori gornje usne sulcusa cerebri lateralis (*Sylviusov žlijeb*), u predjelu parijetalnog operkulumu, u neposrednom susjedstvu primarnog somatosenzitivnog polja. U sekundarnom somatosenzornom polju vrši se obrada draži, koje su stigle u primarno somatosenzorno polje.

Suplementarno, ili asocijativno somatoenzorno polje (Slika 7-8.) nalazi se u parijetalnom režnju iza gornjeg dijela girusa postcentralisa, tj. iza primarnog somatosenzornog polja. U ovom polju vrši se integracija pristiglih somatosenzornih informacija (*ovo polje se naziva i "psihosenzitivni centar"*).

Somatosenzorna polja povezana su sa motornim zonama kore velikog mozga jednosmjerno ili recipročno, čime je omogućeno planiranje ili izvođenje određenih pokreta na osnovu pristiglih senzornih informacija.

U operkularnom dijelu parijetalnog korteksa pretpostavlja se da je lociran gustativni centar.

U kori parijetalnog režnja, u njegovim asocijativnim poljima (Slika 7-8.) odvija se visok stepen integracija senzornih i motornih informacija, čime su omogućene najsloženije funkcije kore. *Gyrus angularis* dobija informacije iz vizuelnog korteksa iste ili suprotne strane i poslije obrade prosljeđuje ih u *Wernicke-ovu areu*, čime je omogućena funkcija čitanja. *Gyrus angularis* i *gyrus supramarginalis* (area 39 i 40, po Brodmann-u) u odgovorni za proces (*funkciju*) pisanja. *Gyrus angularis* je takođe odgovoran za orijentaciju u prostoru uz pomoć vizuelnog sistema (*određivanje međusobnog odnosa predmeta, procjena odstojanja, pravca kretanja i sl.*). Na tromeđi parijetalnog, okcipitalnog i temporalnog režnja nalazi se jedno od najvažnijih asocijativnih područja koje obuhvata osim *gyrusa supramarginalisa*, *gyrusa angularisa* i *zadnji dio gyrusa temporalisa superiora* (*Wernicke-ovo polje*). U toj oblasti povezuju se impulsi iz senzitivnih, senzorijskih, i motornih kortikalnih polja i ta integracija omogućava gnostičke i simboličke funkcije, koje su karakteristične samo za čovječiji mozak.

Kliničke implikacije.
Sindrom parijetalnog režnja

U sindromu parijetalnog režnja nastaje poremećaj senzibiliteta, motiliteta, ravnoteže, praksije, kao i senzorijskih funkcija, i orijentacije i kretanja u prostoru. Oštećanje *gyrusa postcentralisa* obično ne izaziva potpuni gubitak senzibiliteta. Gubi se fina diskriminacija dodira na suprotnoj strani tijela, manje je oštećen osjet temperature, osjet bola je manje oštećen, što dokazuje da je izvjestan stepen percepcije moguć i u odsustvu kortikalnog senzornog centra. Oštećenje u predjelu primarnog somatosenzornog polja može da dovede i do opšteg gubitka senzibiliteta na suprotnoj strani tijela. Ovaj poremećaj je često prolazan jer oštećenje primarnog somatosenzornog polja je kompenzovano aktivnošću sekundarnog somatosenzornog polja.

Oštećenje sekundarnog somatosenzornog polja dovodi do agnozije, odnosno nemogućnosti prepoznavanja predmeta na osnovu pristiglih impulsa, koji dolazi iz samo jednog čula (*vid, sluh, dodir- vidna agnozija, slušna agnozija, taktilna agnozija*), kao nemogućnost lokalizacije stimulusa.

Oštećenja parijetalnog režnja praćena su poremećajem praksije. Praksija predstavlja sposobnost voljnog izvođenja komplikovanih naučenih pokreta. Ovi pokreti se obavljaju koordiniranom akcijom više kortikalnih i supkortikal-

nih centara, među kojima su posebno važna somatosenzorna polja parijetalnog režnja, odnosno *gyrusa angularisa* lijeve hemisfere, u kome se odvija integracija vidnih, slušnih i somatosenzornih impulsa. Apraksija predstavlja poremećaj u kome ne postoji mogućnost izvođenja određenih kompleksnih naučenih pokreta. Pri tome je inervacija muskulature koja je neophodna za izvođenje pokreta očuvana, a isti pokreti mogu da se vrše spontano bez uticaja volje.

Oštećenje girusa supramarginalisa ima za posljedicu oštećenje govora. Oštećenje govora nosi naziv afazija. Ovo oštećenje ogleda se u otežanom razumijevanju govora, i u govoru se ponavljaju riječi koje nemaju smisla i koje u govornom jeziku ne postoje. Kako donji dio *gyrusa supramarginalisa* pripada Wernicke-ovoj zoni oštećenja tog girusa prate obično Vernickeovu afaziju (*vidi: oštećenje temporalnog režnja*).

Oštećenje *gyrusa angularisa* (*ne samo lijevog korteksa, nego i desnog*), dovodi do gubitka sposobnosti čitanja (*dyslexia*).

Kod oštećenja *gyrusa angularisa*, *gyrusa supramarginalisa*, i *motornog korteksa* nastaje poremećaj pisanja (*agraphia*).

Kod oštećenja *gyrusa parietalisa inferiora* u reprezentativnoj hemisferi, javlja se sindrom unilateralne nepažnje, odnosno nesposobnost registrovanja vidnih, slušnih i somestetskih impulsa iz suprotne polovine tijela, iako je funkcija odgovarajućih čula očuvana. Takve osobe su nesposobne da brinu o polovini svoga tijela. Navedena oštećenja praćena su poremećajima u psihičkoj sferi.

Na gornjespoljašnjoj strani temporalnog režnja

(Slika 7-4.) vide se sljedeći žljebovi:

- *sulcus temporalis superior*, koji se pruža paralelno sa zadnjim krajem *Sylvius*-ove brazde
- *sulcus temporalis inferior*, koji se nalazi ispod *sulcus temporalisa superiora* i paralelan je sa njim

Ovi žljebovi dijele spoljašnju stranu temporalnog režnja na tri vijuge:

- *gyrus temporalis superior*, koji se nalazi iznad *sulcus temporalisa superiora*
- *gyrus temporalis medius*, koji se nalazi između *sulcus temporalisa superiora* i *inferiora*
- *gyrus temporalis inferior*, koji je omeđen sa *sulci temporalis inferior et occipitotemporalis*. U bliskom je odnosu sa *gyrus occipitotemporalis lateralis* (*vidi opis bazalne strane hemisfera*).

Sve tri navedene vijuge su horizontalne i međusobno paralelne.

Na unutrašnjoj strani *gyrusa temporalisa superiora* nalaze se 1-2 manje vijuge, postavljene poprečno na uzdužnu osovinu gornje temporalne vijuge. To su *gyri temporales transversi- Heschl-i*, koje predstavljaju primarno akustičko polje (area 41 i dio aree 42, po Brodmann-u) (Slika 7-5., 7-7., 7-8.). U kori ovog polja postoji tonotopska organizacija. To znači da pojedinim dijelovima kohlee (pojedinim tonovima) odgovara određeni dio primarne akustičke kore. Sekundarno akustičko polje obuhvata dio aree 42 i 22 (Slika 7-5., 7-7., 7-8.). U okolnom korteksu nalazi se *planum temporale*, koje posjeduje samo mozak čovjeka. *Planum temporale* je izraženiji na lijevoj strani što se dovodi u vezu sa dominacijom lijeve strane u govoru.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Sindrom temporalnog režnja.

Oštećenje primarnog auditivnog polja (*akustičnog centra*) u gyrusu temporalisu superioru ima za posljedicu kortikalnu gluvoću, koja podrazumijeva gubitak elementarnog osjeta za zvuk. Oštećenje sekundarnog auditivnog polja, koje okružuje primarno auditivno polje, i predstavlja asocijativni auditivni korteks, posebno oštećenje Vernikeove zone, ima za posljedicu nerazumijevanje govora, uz očuvanu sposobnost za prepoznavanje drugih zvučnih nadražaja (*“gluvoća za riječi”*). Funkcija govora je očuvana motorno, ali zbog nerazumijevanja govora, sam govor nema smisao. Ovaj poremećaj nosi naziv Vernikeova afazija. Treba napomenuti da kod nekih slučajeva shizofrenije i manične psihoze govor poremećen na sličan način kao kod Vernikeove afazije, tj. pacijent govori mnogo i nerazumljivo ali je u tim slučajevima razumijevanje govora očuvano.

U asocijacionoj zoni korteksa na spoju parijetalnog, temporalnog i okcipitalnog režnja, i gyrusa angularisa nalazi se centar za tjelesnu shemu. U ovoj zoni integrišu se vidni, slušni i somatosenzorni impulsi. Poremećaj ovoga centra ima za posljedicu nepostojanje svijesti o polovini tijela (*asomatognozija*), što uključuje nebrigu o polovini tijela, a ako postoji hemipareza ne postoji svijest o postojanju hemipareze i poriče se da ona postoji.

Kao posljedica oštećenja donjeg dijela somatosenzitivnog polja i odgovarajućeg asocijativnog područja (*gornji temporalni i angularni girus*) javlja se nemogućnost da se oblikuju shvatljive misli, koje će se saopštiti, ili se misli mogu oblikovati, ali ne postoji mogućnost da se složni odgovarajući niz riječi, da bi se misao izrazila (*senzorna afazija*).

Prednji dio temporalnog režnja (*“prednji temporalni korteks”*) pripada bazolateralnoj oblasti limbičke kore, koja je uključena u opisani bazolateralni limbički krug.

Oštećenja temporalnih limbičkih struktura ima za posljedicu, emocionalnu hiperreaktivnost, hiperseksualnost, izrazitu govorljivost sa poremećajima govora (*dyslexia, dysphasia*), narušavanje mehanizama pažnje (*prebacivanje pažnje sa objekta na objekat*), poremećaj kratkotrajnog pamćenja, što govori za istovremena oštećenja hipokampusa i amigdala.

Amigdaloidni kompleks predstavlja veliku grupu jedara, koja se nalaze u temporalnom režnju, uz medijalni zid atrijuma bočne moždane komore. U amigdaloidni kompleks pristižu informacije iz orbitofrontalnog i temporalnog korteksa, iz talamusa, hipotalamusa, locus-a coeruleus-a i substantia-e nigra-e, a iz amigdala odlaze eferentna vlakna do istih destinacija. Stimulacija amigdala ima za posljedicu ispoljavanje bijesa i agresivnog ponašanja. Smatra se da amigdaloidni kompleks sudjeluje u modulaciji impulsa, koji dolaze iz neokorteksa, a zatim tako modificovane impulse šalje u hipotalamus, u cilju regulacije vegetativnih funkcija. Amigdaloidni kompleks modulira emocionalne reakcije koje prate odvijanje vegetativnih funkcija.

Na gornjespoljašnjoj strani okcipitalnog režnja

(Slika 7-4.) nalaze se dva žlijeba:

- *Sulcus occipitalis transversus*, koji se pruža od gornje ivice hemisfere naniže i unaprijed, iza *sulcus parietooccipitalis*.
- *Sulcus occipitalis lateralis*, koji se pruža horizontalno duž sredine spoljašnje strane okcipitalnog režnja.

Opisani žljebovi, kao i nekoliko nestalnih žljebova na spoljašnjoj strani, dijele spoljašnju stranu okcipitalnog režnja na više stalnih i varijabilnih vijuga.

Stalne vijuge su:

- *gyrus occipitalis superior*, horizontalna vijuga koja leži iznad *sulcus occipitalis lateralis*
- *gyrus occipitalis inferior*, horizontalna vijuga, koja leži ispod *sulcus occipitalis lateralis*
- *arcus parietooccipitalis*, lučna vijuga, koja leži oko zadnjeg kraja *sulcus parietooccipitalis*.

U korteksu opisanih potiljačnih vijuga nalaze se sekundarna vizualna polja (Slika 7-5., 7-6., 7-7., 7-8.), a) parastrijatno (area 18, po Brodmann-u), koje obuhvata, areu striatu, koja predstavlja primarno vidno polje (area 17, po Brodmann-u) i nalazi se na unutrašnjoj strani okcipitalnog režnja, b) peristrijatno (area 19, po Brodmann-u), koje se nalazi oko parastrijatnog sekundarnog vizualnog polja. Sekundarna vidna polja povezana su asocijativnim i komisuralnim vlaknima međusobno, sa strijatnom areom, sa subkortikalnim vizualnim centrima, i parijetalnim, frontalnim, i okcipitalnim korteksom. Funkcija sekundarnih vidnih polja je veoma složena. U tim poljima vrši se procjena veličine posmatranog objekta, njegovog oblika i boje, položaja objekta u prostoru vidnog polja i njihovih međusobnih odnosa. Dio korteksa okcipitalnog režnja predstavlja asocijativno vizualno područje, u kome se obavlja integracija vizualnih i drugih senzornih informacija, koje omogućavaju složene funkcije mozga (*čitanje, pisanje, orijentacija u prostoru pomoću vidnog sistema, prepoznavanje sadržaja vidnog polja-predmete lica*).

Kliničke implikacije

Sindrom okcipitalnog režnja

Oštećenja okcipitalnog režnja prate hemianopsija, kortikalno sljepilo, vidne halucinacije, vizuelna agnozija (*neprepoznavanje poznatih predmeta iz okoline*), nemogućnost određivanja rastojanja između predmeta u okruženju. Poremećene su i psihičke funkcije. Nastaje poremećaj pamćenja, jer zbog iskrivljenosti vizuelnog doživljaja ne postoji mogućnost fiksacije upamćivanja. Javlja se verbalna agnozija (*neprepoznavanje slova i reči*). Kod oštećenja pojedinih područja asocijativnog vidnog polja korteksa nastaju poremećaji čitanja (*alexia*), koji obično prate oštećenja gyrusa angularisa dominantne hemisfere.

Kod unilateralnog oštećenja gyrusa occipitotemporalisa lateralis poremećeno je prepoznavanje predmeta (*vizuelna agnozija*), a kod bilateralnog oštećenja tog gyrusa nastaje prosopagnosia (*neprepoznavanje lica, čak i lica članova porodice*), a pri tome mogu da prepoznaju osobe po njihovim glasovima. Navedeni poremećaji funkcija asocijativnih vidnih polja su posljedica veza sa brojnim područjima korteksa, i entorinalnom areom. Sposobnost orijentacije u prostoru na osnovu vidnih utisaka omogućena je funkcijom vidne kore, ali i aktivnošću gyrusa angularisa parijetalnog režnja. Kod oštećenja ovih područja gubi se sposobnost orijentacije u prostoru, poremećena je percepcija pokreta lica i predmeta, javljaju se deformacije oblika, i veličine i boje posmatranog predmeta ili lica. Navedeni poremećaji su najčešće posljedica angiospastičnih kriza i posljedične ishemije. Kod starijih osoba usljed oštećenja vidnih polja korteksa mogu da se jave vidne halucinacije.

Primarno vidno polje, area striata (area 17, po Brodmann-u) nalazi se na unutrašnjoj strani okcipitalnog režnja i njega čine zidovi *fissura-e calcarina-e, cuneus i gyrus lingualis*. Lezija primarnog vidnog polja dovodi do homonimne hemianopsije (*sljepilo nazalnog dijela retine iste strane sa sljepilom temporalnog dijela retine suprotne strane*), ili do kortikalnog sljepila, sa potpunim gubitkom vida. Kortikalno sljepilo nastaje kod opsežnih povreda okcipitalnog režnja i često je praćeno poremećajem pamćenja i konfuznošću.

Reil-ovo ostrvo ili *insula* leži na dnu *sulcusa lateralis cerebri* (skriveni režanj hemisfere). Insulu pokriva poklopac (*operkulum*), koji grade dijelovi frontalnog, parijetalnog i temporalnog režnja. Insula ima oblik piramidalnog ispupčenja, čiji je vrh upravljen naprijed i naniže, prema *substantia perforata anterior*. Medijalni dio vrha insule naziva se *limen insule*, ili *gyrus ambyens*. U području *limen insulae*, prelazi područje insule u njušni dio mozga (*rhinencephalon*). Insula je sa svih strana omeđena sa kružnom brazdom insule (*sulcus circularis insulae*) osim prema *limen insulae*. Preko kružne brazde insule, insularni korteks prelazi u moždanu koru operkula. Površina insule izdijeljena je na *sulci et gyri breves* i *sulcus et gyrus longus*. Kora insule pripada bazolateralnoj oblasti limbičke kore.

Za vrijeme ontogeneze, područje insule je u istoj ravni kao i čeoni, tjemeni i sljepoočni režanj. U vrijeme rođenja insula nestaje u dubini lateralnog žlijeba. Stari anatomi su vidjeli tu analogiju sa škrigama ribe (*operkulum*), pa od tada razlikujemo *operculum frontale (rostrale)*, *operculum parietale* i *operculum temporale*.

Kliničke implikacije
insule

Funkcija režnja insule još uvijek je nedovoljno poznata. Ipak, novije elektrofiološke studije upućuju da se u jednom dijelu insule radi o *viscerosenzibilnom korteksu*. Na unutrašnjoj strani *operculum temporale* leže izvana, nedostupne pogledu, Heschlove poprečne vijuge, što čini veliki dio slušnog korteksa. Pri neurohirurškim zahvatima na sljepoočnom režnju (kao npr. pri liječenju *skleroze Amonova roga*) treba biti veoma oprezan jer u dubini *sulcus lateralis* prolazi *a. cerebri media*, između insule i operkula, i njezine grane se zrakasto nastavljaju po *facies superolateralis cerebri*.

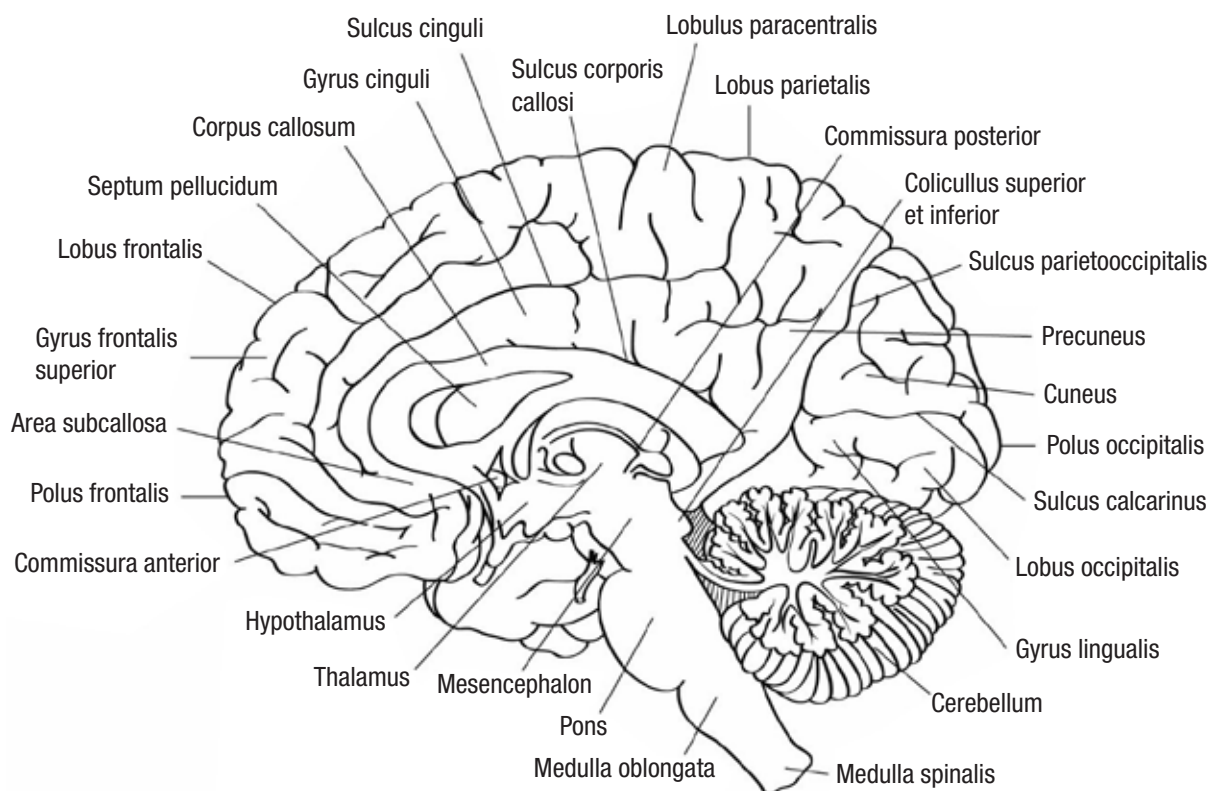
UNUTRAŠNJA
STRANA HEMISFERE
(FACIES MEDIALIS
HEMISPHERII)
prof. dr Vesna Gajanin

Spoljašnja morfologija

Unutrašnja strana hemisfere (*facies medialis hemispherii*) leži u sagitalnoj ravni. Unutrašnju stranu desne i lijeve hemisfere razdvaja *fissura sagitalis cerebri* i srapasta pregrada velikog mozga (*falx cerebri*) dure mater. Unutrašnje strane desne i lijeve hemisfere spojene su međusobno u svom centroversalnom dijelu, a spajaju ih moždane spojnice (*comissurae*) i diencefalom. Oko ovih centralnih dijelova na unutrašnjoj strani hemisfere nalazi se dubok, potkovičast žlijeb, čiji je konkavitet okrenut naniže. Ovaj žlijeb, koji se pruža gornjom ivicom unutrašnje strane hemisfere, nosi naziv *sulcus cinguli* i on dijeli unutrašnju stranu hemisfere na dva pojasa vijuga, periferni i središnji. Periferni pojas vijuga nosi naziv lobarni pojas, jer ga grade dijelovi frontalnog, parijetalnog, i okcipitalnog režnja. Središnji pojas nosi naziv limbički režanj jer njegov najveći dio pripada limbičkom sistemu. Na unutrašnjoj strani hemisfere u predjelu perifernog pojasa vijuga vide se produžeci žljebova koji sa spoljašnje strane hemisfere prelaze na njenu unutrašnju. Idući sprijeda unazad, to su: *sulcus centralis, sulcus parie-*

tooccipitalis i *sulcus calcarinus*. Prednji dio *sulcus calcarinus*-a stvara izbočenje na zadnjem rogu bočne moždane komore (*calcar avis*).

U perifernom, lobarnom pojasu vijuga na unutrašnjoj strani hemisfere nalaze se, idući sprijeda unazad, sljedeće vijuge: medijalna strana *gyrus*-a *frontalis*-a *superior*-a, *lobulus paracentralis*, (oko produžetka *sulcus*-a *centralis*-a), *precuneus* (medijalna strana *lobulus*-a *parietalis*-a *superiora*), te *cuneus* i *gyrus lingualis*, koji pripadaju unutrašnjoj strani okcipitalnog režnja (Slika 7-9).



Slika 7-9. Mediosagitalni presjek (unutrašnja strana hemisfere)

Središnji pojas vijuga na unutrašnjoj strani hemisfere, limbički režanj, podijeljen je na spoljašnji pojas, koji nosi naziv *gyrus limbicus*, i unutrašnji dio, koji nosi naziv *gyrus intralimbicus*. Navedene vijuge razdvaja *sulcus corporis callosi*, koji se unazad i naniže nastavlja u *sulcus hippocampi*. *Gyrus limbicus* čine, idući od sprijeda unazad, sljedeće manje vijuge: *area subcallosa* (koja leži ispod prednjeg dijela žuljevitog tijela), *gyrus cinguli*, koji se idući unazad sužava u *isthmus gyri cinguli* (koji leži iza zadnjeg dijela žuljevitog tijela) i *gyrus parahippocampalis*. Parahipokampalna vijuga čini zadnje-donji dio girusa limbikusa. Ona se nastavlja na *isthmus gyri cinguli*, savija ispod i iza zadnjeg dijela žuljevitog tijela, a zatim pruža naprijed i završava se u vidu kuke (*uncus gyri parahippocampalis*). Dio parahipokampalne vijuge, koji *sulcus hippocampi* izbočuje u donji, temporalni rog bočne moždane komore, nosi naziv *hippocampus* ili Amonov rog (*Cornu Amonis*).

U području hipokampalne vijuge razlikuju se sljedeći dijelovi: *subiculum* (leži u dubini *sulcus-a hippocampi*), *pars entorhinalis* (leži u prednjem dijelu parahipokampalne vijuge) i *uncus gyri parahippocampalis*, koji predstavlja prednje-unutrašnji dio parahipokampalne vijuge.

Gyrus intralimbicus, koji predstavlja unutrašnji dio limbičkog režnja, predstavlja uzani dio korteksa koji leži između *sulcus-a corporis callosi* i samog korpusa kalozuma. U sastavu *gyrus-a intralimbicus-a* nalaze se sljedeće manje vijuge: *gyrus paraterminalis*, koji leži ispred prednjeg dijela (rostruma) žuljevitog tijela (*corpus callosum*), *induseum griseum* koji obuhvata odozgo *truncus corpus callosum* i zalazi na donju stranu njegovog zadnjeg dijela (*splenium-a corporis callosi*), gdje se dijeli na *gyrus fasciolaris* i *gyrus dentatus*, čiji završni dio nosi naziv *tractus s. limbis* Giacomini.

Funkcija

Gyrus cinguli predstavlja najveću vijugu na unutrašnjoj strani hemisfere. Stimulacija njegovog prednjeg dijela uzrokuje promjene u funkcionisanju kardiovaskularnog sistema, dovodi do midrijaze i odgovorna je za averzivnu komponentu nocioptivnih senzacija. Kaudalni dio girusa *cinguli* povezan je sa asocijativnim korteksom parijetalnog režnja i pretpostavlja se da je odgovoran za emotivni aspekt taktilnih i vizualnih senzacija.

Hipokampus, *subiculum* i *gyrus dentatus* čine zajedno *formatio hippocampi*. U hipokampus dolaze aferentna vlakna iz girusa *cinguli*, entorinalne aree i septalnih jedara. Eferentna vlakna iz hipokampalne formacije grade *fimbria-e hippocampi*, od koje nastaju *crura fornicis*. Vlakna *crura fornicis* se spajaju, gradeći *corpus fornicis*, koji se pruža unaprijed, prvo ispod, a zatim ispred korpusa kalozuma i potom se dijeli na dvije kolumne, desnu i lijevu. Vlakna kolumni forniksa završavaju u prednjoj regiji hipotalamusa, *corpora mammilaria*, u septalnoj arei, i intralaminarnim jedrima talamusa.

Formatio hippocampi igra važnu ulogu u prenošenju kortikalnih impulsa u hipotalamus, u upamćivanju svježih događaja i u nastanku emocija, kao dio Papezovog kruga. *Formatio hippocampi*, koja fiziološki pripada limbičkom sistemu, vrši integrativnu kontrolu pažnje i spremnost na reagovanje, kao i kontrolu nekih visceralnih i seksualnih reagovanja. Uključen je, takođe, u proces uspostavljanja tragova sjećanja (*engrami*). Lezije hipokampusa i struktura koje su sa njim povezane dovode do teških poremećaja pamćenja, kakvi se nalaze kod Korsakovljevog sindroma. Hipokampus je uključen u procese kratkotrajnog pamćenja, i u procese dugotrajnog pamćenja. U tim procesima angažovani su neuronski krugovi – temporalni korteks, amigdala, talamus, bazalne ganglije, asocijativne zone neokorteksa. Kod oštećenja navedenih struktura javlja se poremećaj učenja i pamćenja (*amnezija*).

Za ponavljanje

Tabela 7-1. Strukture koje se mogu uočiti na unutrašnjoj strani hemisfera velikog mozga

Frontalni režanj kore velikog mozga	Tjemeni režanj kore velikog mozga	Potiljačni režanj kore velikog mozga
<i>Gyrus frontalis superior</i>	<i>Lobulus paracentralis</i>	<i>Cuneus</i>
<i>Lobulus paracentralis</i>	<i>Precuneus</i>	<i>Dio gyrus lingualis-a</i>
<i>Gyrus paraterminalis</i>	<i>Dio gyrus cinguli</i>	<i>Isthmus gyri cinguli</i>
<i>Gyrus subcallosus</i>		<i>Gyrus fasciolaris</i>

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Važno je napomenuti da unilateralna oštećenja pomenutih regiona ne dovode do poremećaja mnestičkih funkcija, već samo njihove obostrane lezije. Po izvjesnim tumačenjima, neuronski mehanizmi putem kojih se odvijaju procesi učenja i pamćenja djelimično su uključeni u razvoj psihotičnih fenomena (halucinacije, sumanute ideje). Izgleda da hipokampus zajedno sa amigdaloidnim kompleksom ima ulogu u određivanju značajnosti stimulusa, sekvencioniranju informacija i uvođenju informacija u depoe upamćenog. Kod oštećenja hipokampusa nastaju poremećaji i smetnje upamćivanja novih sadržaja i anterogradna amnezija. Povrede hipokampusa ometaju procese upamćivanja, dok su ranije memorisani materijali sačuvani. Izgleda da hipokampus igra značajnu ulogu u sekvencioniranju informacija i uvođenju u procese dugog pamćenja. Oštećenja hipokampusa dovode do promjena emocionalne reaktivnosti. Obostrano oštećenje hipokampusa mijenja odnose prema okružujućem svijetu. Emocionalne reakcije su znatno ublažene, opšta reaktivnost ne modulira ili potpuno izostaje. Stimulacija hipokampusa može da izazove izolovane agresivne reakcije. Izgleda da se na nivou hipokampusa moduliraju osnovna stanja afektiviteta, strukturirana na nivou moždanog stabla. U hipokampusu se informacija obrađuje kognitivnim procesima, ali dobija i afektivne kvalitete, odnosno motivaciono i emocionalno značenje. Analiza informacija predstavlja podlogu za uključivanje određenog oblika ponašanja.

DONJA STRANA
HEMISFERE
(FACIES INFERIOR
HEMISPHERII)

prof. dr Vesna Gajanin

Spoljašnja morfologija

Donja strana hemisfere (*facies inferior s. basalis*) leži na bazi lobanje. Njen frontalni i temporalni režanj leže na bazi prednje i srednje lobanjske jame, dok njen okcipitalni režanj leži na šatoru malog mozga. Donje strane desne i lijeve hemisfere razdvaja naprijed i pozadi *fissura longitudinalis cerebri*, a između njihovih srednjih dijelova nalaze se diencefalon i mezencefalon. Donju stranu hemisfere čine donje strane frontalnog, temporalnog, i okcipitalnog režnja. Donja strana frontalnog režnja odvojena je od donje strane temporalnog režnja dubokom bočnom moždanom jamom (*fossa cerebri lateralis s. valecula cerebri*), koja se na spoljašnjoj strani hemisfere nastavlja u *sulcus lateralis cerebri Sylvii*. Donje strane temporalnog i okcipitalnog režnja nejasno razdvaja otisak gornje ivice piramide temporalne kosti.

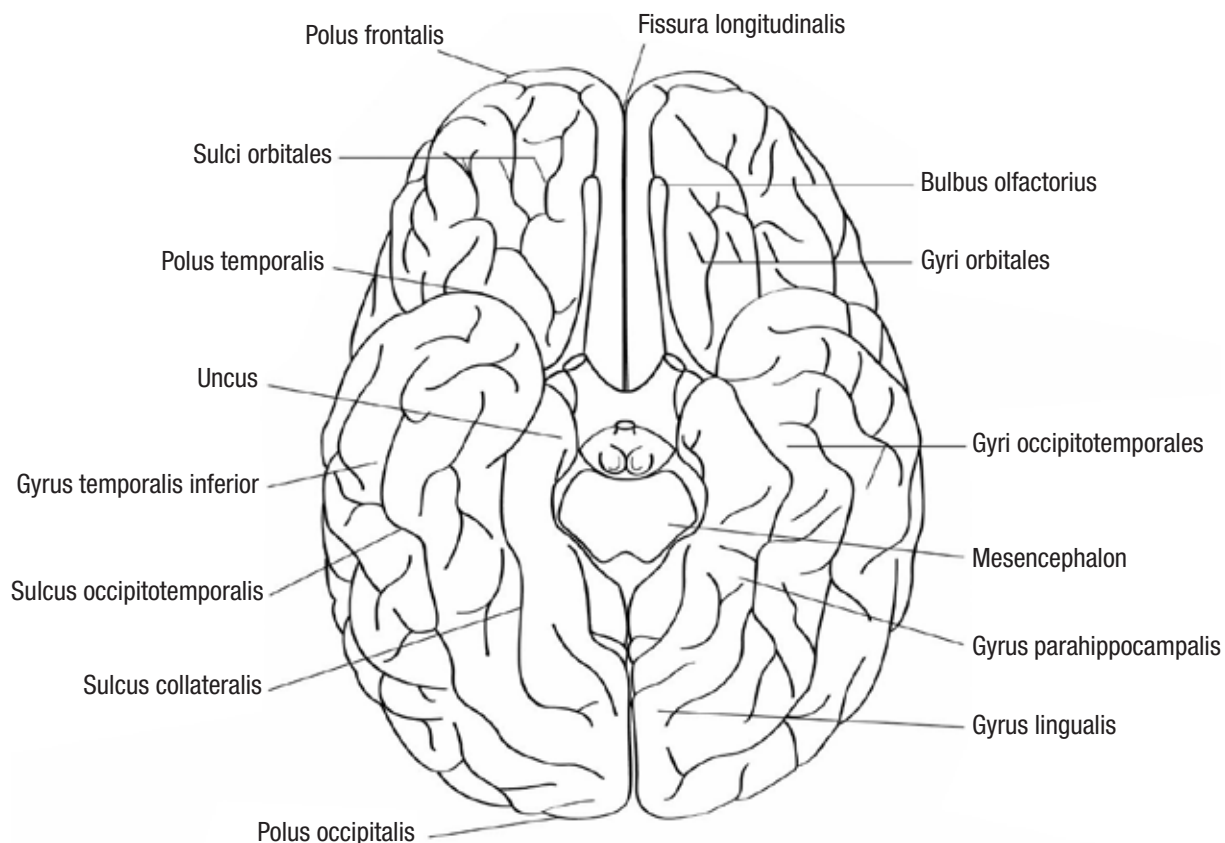
Na donjoj strani frontalnog režnja nalazi se sagitalni žlijeb – *sulcus olfactorius*, u kome leže dijelovi mirisnog mozga – *rhinencephalon-a* (*bulbus, tractus, trigonum et tuberculum olfactorium*). Unutra od *sulcus-a olfactorius-a* se nalazi *gyrus rectus*. Lateralno od *sulcus-a olfactorius-a* se nalaze *gyri orbitales* (*anterior, posterior, medialis et lateralis*), koje međusobno razdvajaju *sulci orbitales* (Sli-

ka 7-10). Osim orbitalnih sulkusa, na donjoj strani frontalnog režnja se mogu uočiti i *sulcus frontorbitalis* et *sulcus frontomarginalis*. Frontoorbitalni žlijeb je sagitalni žlijeb i paralelno se pruža sa spoljašnom ivicom čeonog režnja, dok je *sulcus frontomarginalis* poprečni žlijeb i usmjeren je prema frontalnom polu hemisfere.

Duž donje strane temporalnog i okcipitalnog režnja pružaju se dva sagitalna žlijeba, spoljašnji (*sulcus occipitotemporalis*) i unutrašnji (*sulcus collateralis*). Ovi žlijebovi razdvajaju tri sagitalne vijuge. Idući od spolja ka unutra, to su:

- *gyrus temporalis inferior*, koji prelazi sa spoljašnje na donju stranu hemisfere
- *gyrus occipitotemporalis lateralis*, koji leži unutra od prethodne vijuge i pruža se paralelno sa njom duž okcipitalnog i temporalnog režnja
- *gyrus occipitotemporalis medialis*, koji se nalazi unutra od prethodne vijuge.

Na donjoj strani okcipitalnog režnja vidi se i dio *gyrus-a parahippocampalis-a* i *gyrus-a lingualis-a*. *Gyrus occipitotemporalis lateralis* se u literaturi još opisuju pod nazivom *gyrus fusiformis* i treba naglasiti da se u kori ove vijuge nalazi polje za formiranje oblika posmatranog predmeta.



Slika 7-10. Donja strana hemisfera velikog mozga

Za ponavljanje

Tabela 7-2 Strukture koje se mogu uočiti na donjoj strani hemisfera velikog mozga

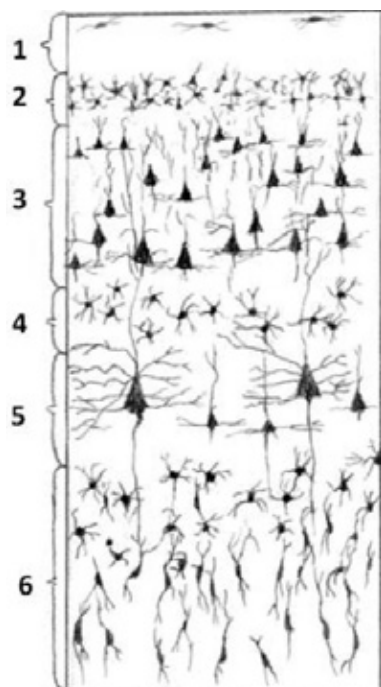
Frontalni režanj kore velikog mozga	Temporalni režanj kore velikog mozga	Potiljačni režanj kore velikog mozga
<i>Sulcus olfactorius</i>	<i>Gyrus temporalis inferior</i>	<i>Gyrus occipitotemporalis lateralis</i>
<i>Bulbus olfactorius, gyrus rectus, gyri et sulci orbitales</i>	<i>Gyrus occipitotemporalis lateralis et medialis</i>	<i>Gyrus lingualis</i>
<i>Dio gyrus frontalis inferior</i>	<i>Gyrus dentatus et gyrus parahippocampalis</i>	<i>Dio gyrus parahippocampalis</i>

GRADA

GRADA MOŽDANE KORE

prof. dr Zlatan
Stojanović

Koru velikog mozga (*cortex cerebri*) gradi po procjenama, npr. Azevedo i autora, 16 milijardi neurona, koji su raspoređeni po slojevima (laminama) paralelno sa površinom mozga. Pelvig i autori navode ukupan broj neurona u kori velikog mozga čak između 21 i 26 milijardi neurona. Najveći dio kore izgrađen je od šest lamina i predstavlja filogenetski mlađi, noviji dio kore, zvani neokorteks. Slojevi neokorteksa su:



Slika 7-11. Slojevi neocortex-a:
1. lamina molecularis s. zonalis; 2. lamina granularis externa; 3. lamina pyramidalis externa; 4. lamina granularis interna; 5. lamina pyramidalis interna; 6 lamina multiformis

- lamina I, ili *lamina molecularis s. zonalis*, koja sadrži malo neurona, a mnoštvo vlakana,
- lamina II, ili *lamina granularis externa*, sadrži mnoštvo malih (granularnih – stelatnih) neurona; u ovoj lamini završavaju se vlakna nespecifičnih jedara talamusa,
- lamina III, ili *lamina pyramidalis externa*, sadrži male i srednje piramidalne ćelije, čiji aksoni grade komisuralne i asocijativne puteve,
- lamina IV, ili *lamina granularis interna*, koja sadrži mnogobrojne zvjezdaste (stelatne) ćelije i piramidalne ćelije; ova lamina je najrazvijenija u senzornim područjima kore jer u njoj završavaju specifična talamokortikalna vlakna,
- lamina V, ili *lamina pyramidalis interna* sadrži velike piramidalne neurone, čiji aksoni formiraju nishodne/motorne puteve, koji završavaju u bazalnim regijama, moždanom stablu i kičmenoj moždini,
- lamina VI, ili *lamina multiformis*, koja sadrži brojne ćelije različitog oblika (zvjezdaste, piramidalne, fuziformne), od kojih polaze kortikotalamička vlakna kao i vlakna za supkortikalne sive mase (*claustrum*) (Slika 7-11).

Oblasti neokorteksa sa svih šest jasno vidljivih slojeva označavaju se kao homotopična kora (*isocortex homogeneticus*). Oblasti neokorteksa, u kojima se pojedini slojevi međusobno ne razlikuju, stopljeni su ili nedostaju, nazivaju se heterotopična kora (*isocortex heterogeneticus*).

Dio kore koji ima drugačiju građu od neokorteksa naziva se alokortex (*drugačiji korteks*). Filogenetski najstariji dio kore je drevna kora (*paleokorteks*), kome pripada primarni olfaktivni korteks, u čijoj oblasti je kora zakržljala, tanka i svedena na mali broj slojeva. *Archicortex* (*stara kora*) je filogenetski mlađa od paleokorteksa (izgrađena je od tri sloja neurona i pokriva hipokampus, *gyrus dentatus* i *indusium griseum* – dijelove limbičkog sistema).

Na osnovu izgleda ćelija u laminama pojedinih dijelova moždane kore izvršena je njena podjela na citoarhitektonska polja. Njemački anatom Korbinian

Brodmann, koristeći Nissl-ovu metodu histološkog bojenja, publikovao je citoarhitektonska kortikalna polja mozga čovjeka 1909. godine. Po Brodmann-u, moždana kora čovjeka je podijeljena na 52 polja, koja se obilježavaju brojevima 1 do 52. Funkcionalne zone kore samo se djelimično poklapaju sa Brodmann-ovim citoarhitektonskim poljima.

Primjenom određenih metoda histološkog bojenja, uočena je i vertikalna morfološka organizacija neurona kore velikog mozga. Neurofiziološka ispitivanja su takođe pokazala postojanje elementarnih funkcionalnih jedinica koje se pružaju debljinom kore, a koje se nazivaju stubovi kore ili kortikalne kolumne. Te kolumne su široke između 200 i 300 mikrometara, i dokazane su uglavnom u vizuelnoj i somatosenzitivnoj kori. Svaka kolumna ima svoje aferentne veze, interneuronske veze unutar kolumne, i eferentne veze. Aferentne veze najčešće potiču iz jedara talamusa, a eferentne veze su pretežno aksoni piramidalnih ćelija kore.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Smanjenje broja neurona kore velikog mozga je pratilac redovnog fiziološkog procesa starenja (senescencije). Smanjenje broja neurona moždane kore manifestuje se smanjenjem debljine korteksa, što se označava kao *kortikalna atrofi-ja*. Zahvaćenost veće površine moždane kore atrofijom klinički se manifestuje smanjenjem kognitivnih funkcija tj. poremećajem pamćenja i gubitkom intelektualnih sposobnosti, a što se često javlja u sklopu poremećaja koji se označavaju kao demencije. Demencije mogu biti različitog uzroka npr. vaskularne kortikalne demencije koje su rezultat smanjene opskrbe krvlju neurona kore velikog mozga; demencije takođe mogu biti posljedica tzv. prionskih bolesti kao što je npr. Creutzfeldt–Jakobova bolest ili im uzrok nije još u potpunosti rasvijetljen, npr. Alzheimer-ova bolest.

Najvažnije: Koru velikog mozga (*cortex cerebri*) gradi po pojedinim procjenama 16 milijardi neurona. Neuroni kore raspoređeni su po slojevima (laminama) paralelno sa površinom mozga. Najveći dio kore izgrađen je od šest lamina i predstavlja filogenetski mlađi, noviji dio kore, zvani neokorteks. Slojevi neokorteksa su: *lamina molecularis s. zonalis*; *lamina granularis externa*; *lamina pyramidalis externa*; *lamina granularis interna*; *lamina pyramidalis interna*; *lamina multiformis*.

Na osnovu izgleda ćelija u laminama pojedinih dijelova moždane kore, izvršena je njena podjela na citoarhitektonska polja. Njemački anatom Korbinian Brodmann, koristeći Nissl-ovu metodu histološkog bojenja, publikovao je citoarhitektonska kortikalna polja mozga čovjeka 1909. godine. Polja se obilježavaju brojevima 1 do 52.

Smanjenje broja neurona kore velikog mozga je pratilac redovnog fiziološkog procesa starenja (senescencije). Smanjenje broja neurona moždane kore manifestuje se smanjenjem debljine korteksa, što se označava kao *kortikalna atrofi-ja*. Zahvaćenost veće površine moždane kore atrofijom klinički se manifestuje smanjenjem kognitivnih funkcija tj. poremećajem pamćenja i gubitkom intelektualnih sposobnosti, a što se često javlja u sklopu poremećaja koji se označavaju kao demencije.

Pitanja za ponavljanje gradiva (građa moždane kore)

1. Po pojedinim procjenama, ukupni broj neurona u kori velikog mozga je _____.
2. Najveći dio kore izgrađen je od šest lamina i predstavlja filogenetski mlađi, noviji dio kore, koji se zove: _____.
3. Slojevi filogenetski mlađeg dijela kore su navedeni, izuzev: 1. *lamina molecularis s. zonalis*; 2. *lamina granularis externa*; 3. *lamina pyramidalis externa*; 4. *lamina granularis interna*; 5. *lamina pyramidalis interna*; 6. *lamina multiformis*, 7. *lamina granularis media s. stellatum*.
4. Dio kore koji ima drugačiju građu od neokorteksa naziva se alokorteks (drugačiji korteks). Navedi primjere alokorteksa: _____.
5. Koje godine je njemački anatom Korbinian Brodmann, koristeći Nissl-ovu metodu histološkog bojenja, publikovao citoarhitektonska kortikalna polja mozga čovjeka? _____

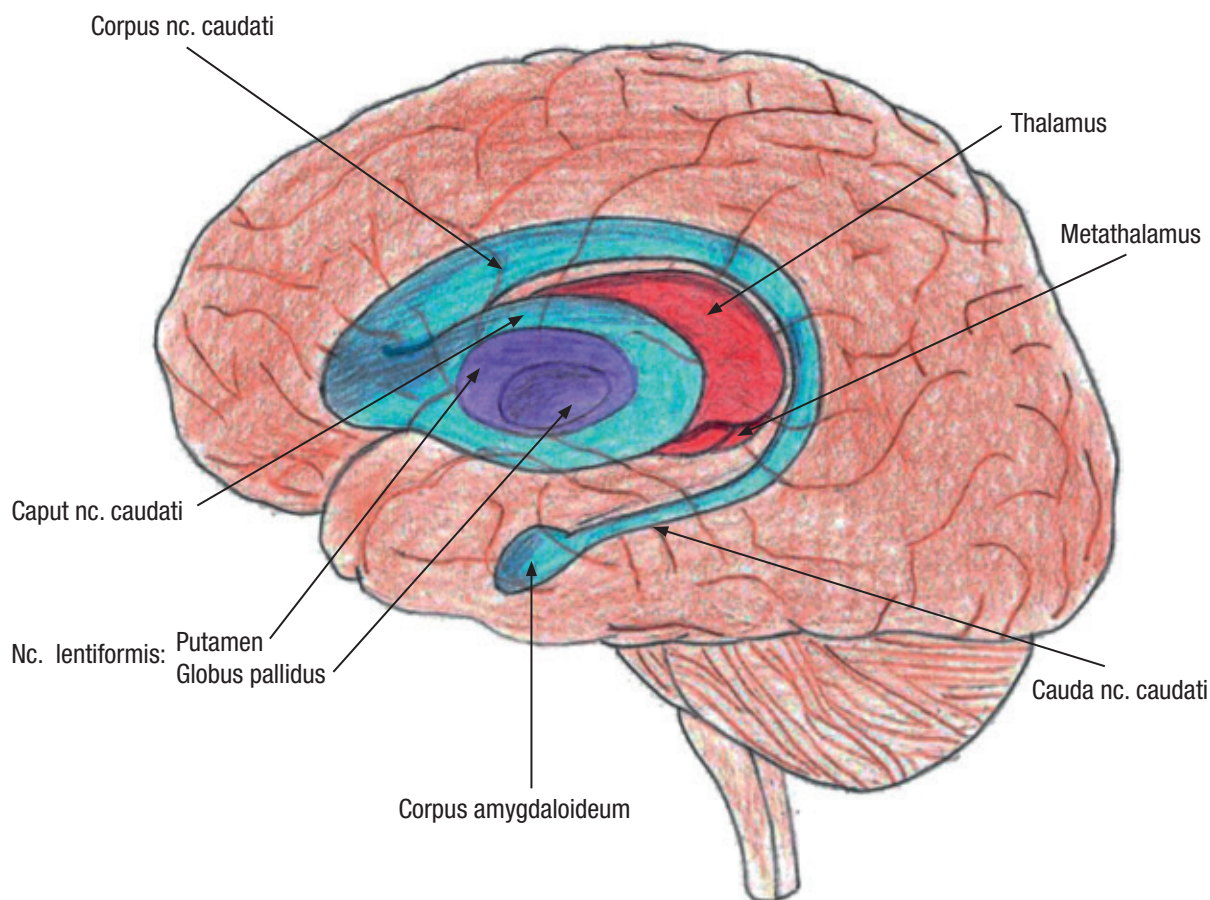
SUPKORTIKALNE SIVE MASE

prof. dr Tatjana Bućma

U središtu hemisfera velikog mozga nalaze se nakupine sivih masa tzv. supkortikalne sive mase. Radi se o jedrima koji su dijelom makroskopski vidljivi, ali postoje i dijelovi koje je makroskopski teško definisati. Funkcionalno, ove strukture su dijelom vezane za motornu funkciju, dok su drugim dijelom funkcionalno vezane za limbički sistem, olfaktivni sistem... Naziv bazalne ganglije se odnosi na onaj dio supkortikalnih sivih masa koje su funkcionalno vezane za motorni sistem, tzv. ekstrapiramidni motorni sistem, pri čemu u bazalne ganglije ubrajamo i strukture koje su topografski van velikog mozga, ali funkcionalno pripadaju ekstrapiramidnom motornom sistemu (*nc. subthalamicus*, *substantia nigra*-u, pojedina jedra *thalamus*-a...). U supkortikalne sive mase ubrajamo prugasto tijelo (*corpus striatum*), bedem (*claustrum*), *nucleus accumbens*, jedra bazalnog telencefalona („*basal forebrain*“) i bademasto tijelo (*corpus amygdaloideum*).

Corpus striatum je dobilo naziv zbog makroskopski uočljive ispruganosti i podjele u slojeve putem bijele mase. Smješteno je u središtu hemisfere velikog mozga, okruženo bijelom masom, dok se medijalno od njega smještaju strukture međumozga. Svojim dijelovima učestvuje i u izgradnji dijelova bočne moždane komore. Čine ga dva dijela, medijalno smješteno repato jedro (*nc. caudatus*) i lateralno sočivasto jedro (*nc. lentiformis*). Između njih se smješta dio bijele mase velikog mozga, unutrašnja čahura (*capsula interna*).

Nc. caudatus ima oblik slova C. Opisujemo mu tri dijela, glavu (*caput nc. caudati*), tijelo (*corpus nc. caudati*) i rep (*cauda nc. caudati*). Prednji dio, glava, smješta se ispod i ispred *thalamus*-a, iznad *substantiae perforatae anterior*. Od vrha glave se pružaju slojevi sive mase ka prednjim dijelovima *n. lentiformis*-a, njegovog spoljašnje dijela, *putamen*-a s kojim ima isto porijeklo, histološku građu, funkciju, veze i oni čine tzv. *neostriatum*. Idući kaudalno i dorzalno, postepeno se između *nc. caudatus*-a i *nc. lentiformis*-a umeću slojevi bijele mase *capsuale internae*, da bi ih u potpunosti razdvojili. Na glavu se nastavlja *corpus nc. caudati*, koji se nastavlja u vidu luka naprije dorzalno i kaudalno obavijajući *thalamus*,

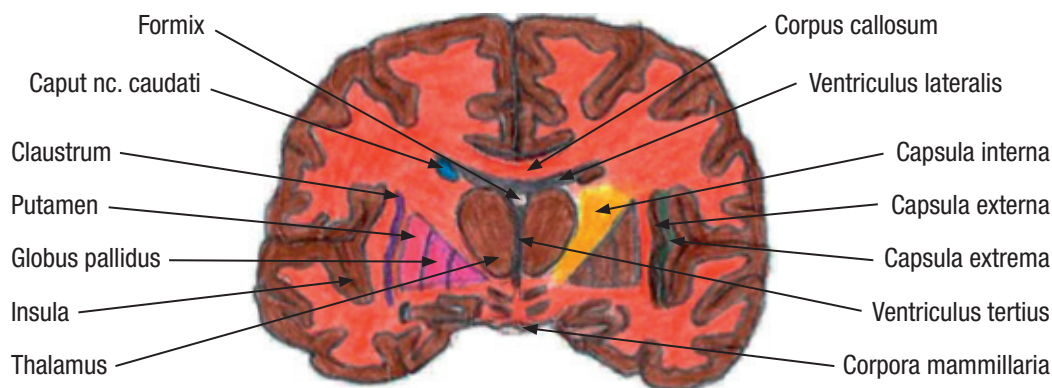


Slika 7-12 Supkortikalne sive mase

na spoju njegove dorzalne i lateralne strane, a potom savija ventralno i kaudalno. Za razliku od glave, tijelo je manjeg promjera, dok je rep značajno istanjen, nastavlja putanju tijela, zavija se ispod *thalamus*-a, ulazi u temporalni režanj i pruža se ventralno, rostralno i lateralno, u odnosu na prethodne dijelove. Vrh repa doseže do *corpus amygdaloideum*-a. *Caput nc. caudati* čini pod i lateralni ugao prednjeg roga bočne moždane komore, tijelo čini pod centralnog dijela bočne moždane komore, dok rep formira dio krova temporalnog roga bočne moždane komore.

Nc. lentiformis, jedro smješteno lateralnije u odnosu na *nc. caudatus*-a, ima oblik kupe sa bazom orijentisanom lateralno i vrhom usmjerenim medijalno ka strukturama međumozga. Sastoji se od dva dijela, lateralno smještenog, nazvanog ljuska (*putamen*) i medijalno smještenog blijedog jedra (*globus pallidus*). *Globus pallidus* je dobio naziv po brojnim mijelinizovanim vlaknima, koji prolaze kroz njega i daju mu blijedu boju. Između *putamen*-a i *globus pallidus*-a se nalazi tanki sloj bijele mase *lamina medullaris externa*. Od *thalamus*-a je *nc. lentiformis* odvojen unutrašnjom čahuricom (*capsula interna*). Upolje od *nc. lentiformis*-a ponovo je sloj bijele mase, spoljašnja čahura (*capsula externa*), koja ga odvaja od bedema (*claustrum*). Embriološki, histološki, po vezama i funkcijama dijelovi *nc. lentiformis*-a se razlikuju. Dok *putamen* sa *nc. caudatus*-om čini *neostriatum*, *globus pallidus* čini filogenetski stariji dio ili *paleostriatum*.

Izolovan *globus pallidus* ima oblik kupe, čiji vrh čini ujedno i sam vrh *nc. lentiformis-a*, a u odnosu je sa koljenom *capsulae internae*. Čine ga dva dijela, medijalni i lateralni, koji su odvojeni tankim slojem bijele mase *lamina medullaris medialis*. Ventralno je u bliskom odnosu sa *substantia innominata-om*, a ventralno i rostralno nalazi se *substantia perforata anterior*.



Slika 7-13. Frontalni presjek mozga-corpus striatum i claustrum

Putamen, lateralni dio, oblika je zarubljene kupe, čija je zarubljena strana preko *lamina medullaris externae* u odnosu sa bazom *globus pallidus-a*. Baza *putamen-a* je ujedno i baza samog *nc. lentiformis-a*. Dorzalno od njega nalazi se *corona radiata*. Njegov rostroventralni dio je vezan sa vrhom glave *nc. caudatus-a* čineći *neostriatum*.

Bazalne ganglije i srodna jedra mogu biti kategorisana kao a) ulazna jedra, b) izlazna jedra i c) intrinzička jedra.

Nc. caudatus i *putamen* (*neostriatum*) su ulazna jedra i dobijaju informacije iz primarnog motornog korteksa (area 4), primarnog senzornog korteksa (area 3, 1, 2), asocijativnog korteksa (area 5), premotornog i suplementarnog korteksa (area 6). *Neostriatum* se smatra ulaznim centrom bazalnih ganglija. Postoje pretpostavke da *putamen* djeluje kao primarni ulazni centar, reagujući bilo na ciljnu lokaciju, kinematiku ekstremiteta ili aktivaciju mišićnog uzorka. Kao ulazno jedro smatra se i *nc. accumbens*. *Neostriatum* dobija vlakna i iz *nc. subthalamicus-a*, *substantiae nigrae* i jedara *thalamus-a*.

Na osnovu činjenice da u navedene strukture ulaze informacije iz različitih dijelova kore velikog mozga, ulazna jedra možemo podijeliti na tri teritorije: senzomotoričku (obuhvata dorzolateralni dio *putamen-a* posteriorno od *commissurae anterior* i dorzolateralni dio *caput nc caudati*), asocijativnu teritoriju (veliki dijelovi *putamen-a* rostralno prema *commissura-i anterior* i veći dio *nc. caudatus-a*) i limbičku teritoriju (preklapa se sa ventralnim striatumom uključujući *nc. accumbens*, dijelove *tubectulum olfactorium-a* i ventralni i medijalne dijelove *putamen-a* i *nc. caudatus-a*).

Izlazna jedra su one strukture koje šalju informacije iz bazalnih ganglija, a čine ga unutrašnji segment *globusa pallidus-a* i *substantia nigra pars reticulata*. Izlazna jedra projektuju se uglavnom u *thalamus* (ventralna jezgra) i nazad u cerebralni korteks (uglavnom frontalni režanj). Unutrašnji segment *globus*

pallidus-a generalno se smatra najvećim izlaznim sistemom bazalnih ganglija. Ovaj segment daje inhibitorni put koji preko *thalamus*-a djeluje na koru mozga. Aksoni neurona ovog jedra formiraju dva snopa, *fasciculus lenticularis* i *ansa lenticularis*. *Fasciculus lenticularis* probija *crura cerebri* i pruža se kroz *subthalamus*, iznad *nc. subthalamicus*-a, dok se *ansa lenticularis*, petlja bijele mase, uvija oko medijalne ivice *crurae cerebri*, prolazi ispod *nc. subthalamicus*-a i skreće naviše. Na svom putu, ovi snopovi se isprepliću i rostralnije se spajaju u *fasciculus thalamicus*-om, koji završava u relejnim motornim jedrima *thalamus*-a.

Projekcije iz izlaznih jedara odlaze u primarni motorni korteks, premotorni korteks, prefrontalni korteks, što podržava ideju da unutrašnji segment *globus pallidus*-a ima domen motoričke i kognitivne funkcije višeg reda, zatim posteriorni parijetalni i temporalni korteks, što daje dodatne dokaze da bazalne ganglije mogu biti uključene u aspekte višeg reda vizuelne obrade, kao i u motoričke i kognitivne funkcije.

Intrinzična jezgra kao spoljašnji segment *globus pallidus*-a i *substantia nigra pars compacta* nalaze se između ulaznih i izlaznih jedara u prenosu informacija. Neuronu spoljašnjeg segmenta *globus pallidus*-a šalju informacije do *nc. subthalamicus*-a. Ima dva efekta, inhibitorni na *nc. subthalamicus* i ekscitatorni na *pars reticulata substantiae nigrae*.

Znači, posljedica degeneracije ili disfunkcije nigrostrijatnog sistema, tremor, bradikinezija, rigor, poremećaj posturalnih refleksa, predstavljaju sindrom parkinsonizma. Jedan od vidova ovog sindroma je Parkinsonova bolest. Ovo je neurodegenerativna bolest, koja je posljedica opsežnih promjena u *pars compacta substantiae nigrae*, koja putem eferentnih vlakana oslobađa dopamin u *neostriatum*. Deficit dopamina dovodi do prevage holinergičkog sistema i razvitka bolesti. Oštećenje struktura striatuma dovodi ne samo do motornih ispada već i do psihijatrijskih simptoma.

Jedno od nasljednih oboljenja bazalnih ganglija je Huntingtonova bolest, rijetko, progresivno oboljenje, karakteristično poremećajima pokreta, kognitivnom disfunkcijom i psihičkim promjenama. Rezultat je oštećenja neurona *striatum*-a zbog mutacije gena, koji kodiraju protein huntingtin.

Generalno se smatra da je **ventralni striatum** onaj dio *striatum*-a koji je povezan sa limbičkim strukturama, kao što su *corpus amygdaloideum*, *hippocampus*, medijalni dio *thalamus*-a, i određene regije prefrontalnog korteksa. Ventralni striatum je snažno inervisan dopaminergičkim vlaknima iz ventralne tegmentalne aree, znane kao mezolimbički dopaminergički sistem, i ima najveću gustinu serotonergičkih ulaza u *striatum*. U skladu sa karakteristikama njegovih ulaza, ventralni striatum je funkcionalno snažno povezan sa emocionalnim i motivacionim aspektima ponašanja.

Termin ventralni striatum uključuje *nc. accumbens* i jasnu vezu između *nc. caudatus*-a i *putamen*-a ventralno (do rostralnog dijela *capsulae internae*), *tuberculum olfactorium* i rostralateralni dio *substantiae perforatae anterior* pored *tr. olfactorius lateralis*-a. Iz perspektive konekcija uključuje i medijalni *nc. caudatus*, rostralno do *commissurae anterior*.

Nc. accumbens nalazi se smješten u bazalnom dijelu septalnog područja. Arhitektonski i funkcionalno podijeljen je na jezgru i ljusku, pri čemu svaka oblast ima različite veze. Dok ljuska prima informacije iz limbičkog sistema, jezgro ima veze sa motornim sistemom. Cerebralna kortikalna vlakna u *nc. accumbens*-

u vode porijeklo iz medijalnog orbitofrontalnog korteksa, prednjeg cingularnog korteksa i medijalne parahipokampalne areae.

Aferentni impulsi iz navedenih struktura i *corpus amygdaloideum*-a su ekscitatorni, pri čemu projekcije iz ventralnog tegmentalnog područja moduliraju ravnotežu ovih aferentnih impulsa. Ulazne projekcije vode porijeklo i iz ventralnog dijela *globus pallidus*-a, medijalnog dijela *substantia nigrae, pars compacta*, te *nc. raphe dorsalis*. Eferentna vlakna *nc. accumbens*-a dosežu medijalni dio *globus pallidus*-a, te dorzomedijalni dio *substantia nigrae, pars reticulata*.

Decenijama se provode istraživanja o funkciji *nc. accumbens*-a sa velikim brojem informacija koje su pokazale da igra ključnu ulogu u odabiru akcije, integrišući kognitivne i afektivne informacije, koje obrađuju dijelovi frontalnog i temporalnog režnja. Različiti regioni jedra igraju uloge u prečišćavanju izbora akcija, unapređenju pristupa prema motivaciono relevantnim stimulusima, suzbijanju neprikladnih radnji kako bi se ciljevi mogli efikasnije postići te kodiranju ishoda koji usmjeravaju pravac narednih akcija.

Corpus amygdaloideum (bademasto tijelo) je siva masa smještena u medijalnom dijelu temporalnog režnja, ispod *uncus gyri parahypocampalis*, jedan cm iza temporalnog pola. Do njega doseže *cauda nc. caudati*, odnosno vrh temporalnog roga bočne moždane komore.

Sastavljena je od više jedara, a naziv je dobio po obliku badema, koje ima jedno od jedara, bazalnom jedru.

Dugo važeći stav je bio da se amigdaloidno tijelo sastoji od primitivnog dijela udruženog sa olfaktivnim sistemom (kortikomedijalni region) i evolucijski novijeg dijela udruženog sa neokorteksom (bazolateralni region). Bazolateralni dio uključuje lateralno, bazalno i akcesorno bazalno jedro, dok kortikomedijalni dio čine kortikalno, medijalno i centralno jedro. Po klasifikaciji postoje tri grupe jedara, bazolateralna koja odgovara prethodno opisanoj grupi, druga kortikalna grupa, koja sadrži centralno jedro i lateralno jedro olfaktivnog trakta, te treća grupa jedara ili centromedijalna grupa, koja sadrži centralno i medijalno jedro. Konačno, postoji grupa jedara koja ne pripada nijednoj opisanoj grupi. To su interkalatne ćelijske mase i amigdalno-hipokampalno područje.

Međutim, u novije vrijeme se smatra da amigdaloidno tijelo nije ni strukturalna, niti funkcionalna jedinica već se sastoji od regiona koji pripadaju drugim regionima i sistemima mozga. Ako uzmemo u obzir ovu šemu, lateralni i bazalni dio amigdaloidnog tijela se može posmatrati kao produžetak kore velikog mozga, prije nego region koji je u odnosu sa korom, dok se centralni i medijalni dio amigdaloidnog tijela mogu smatrati produžetkom ventralnog strijatuma. Odnosno, moguće je grupiranje jedara amigdaloidnog tijela na osnovu veze sa funkcionalnim sistemima na frontotemporalnu grupu koju čine jedra bazolateralnog dijela, autonomnu grupu kojoj pripada centromedijalna grupa jedara i kortikalna jedra, koja formiraju dvije olfaktivne grupe.

Svako od jedara amigdaloidnog tijela ima jedinstvene ulazne i izlazne veze. Lateralno jedro se smatra generalno „čuvarom ulazne kapije“. On je najveće mjesto ulaza senzornih informacija, vizuelnog, auditivnog, somatosenzornog (uključujući i bol), olfaktivnog i gustativnog sistema (olfaktivne i gustativne informacije prenose se i u druga jedra).

Somatosenzitivne informacije dolaze iz primarne somatosenzitivne kore velikog mozga, kao i iz jedara *thalamus-a*, medijalnog dijela *corpus geniculatum mediale* i pontinog parabrahijalnog jedra. Glavne olfaktivne informacije dolaze iz olfaktivnog korteksa i olfaktivnog bulbosa. Iz prednjeg i zadnjeg inzularnog korteksa, kao i *thalamus-a*, dolaze gustativne i visceralne informacije. Auditivne i vizuelne informacije dolaze iz kortikalnih centara, ali i iz supkortikalnih centara *metathalamus-a*.

Brojni su izvori polimodalnih senzornih informacija za amigdaloidno tijelo. Ovo uključuje *hippocampus*, entorinalnu koru, prefrontalni korteks, moždano stablo.

Eferentna vlakna odlaze ka kori velikog mozga, moždanom stablu i hipotalamusu. Recipročne su veze sa olfaktivnim regionima, kao i ka peririnalnoj arei.

Glavni izlazni dio amigdaloidnog tijela je centralno jedro. Glavnina izlaza odlazi ka *hipothalamus-u*, *nc. dorsalis n. vagi*, periakveduktnoj sivoj masi srednjeg mozga, odnosno parabrahijalnom jedru i *nc. tr. solitarii*. Bazolateralni kompleks ima znatne veze sa medijalnim temporalnim regionima zaduženim za memoriju. Nađene su i značajne projekcije ka *nc. accumbens-u*.

Važne su i veze između pojedinih jedara samog amigdaloidnog tijela. Rijetke su veze koje idu direktno između lateralnog i centralnog jedra, uglavnom se radi o povezanosti preko drugih jedara amigdaloidnog tijela, preko bazalnog jedra, ili lateralno i bazalno jedro preko interkalatnih ćelija do centralnog jedra. Takođe, važne su i izlazne veze bazalnog jedra i *striatum-a*.

Amigdaloidni kompleks je povezan sa mnogim bolestima, uglavnom neuropsihijatrijskim. Studije su pokazale njegove efekte na depresiju. Takođe, i njegovu uključenost u posttraumatski stresni poremećaj, jer postoji bilateralno smanjenje hipokampusa i amigdale kod PTSP-a. Amigdala i limbički sistem takođe mogu biti uključeni u hronični bol i imaju vezu sa emocionalnim efektima takvog bola. Oštećenje amigdaloidnog kompleksa se ispoljava kroz poremećaje ponašanja, nedostatka uvida u ponašanje uz ozbiljne poremećaje u emocionalnoj sferi. Dovodi do poremećaja u usmjeravanju nagonске motivacione aktivnosti prema odgovarajućem cilju.

U supkortikalne sive mase ubrajamo i bedem ili *claustrum*. To je tanki sloj sive mase, koja se pruža rostro-kaudalno duž *striatum-a*, smještena između *putamen-a* i kore ostrva ili *insulae*. Dorzoventralno *claustrum* se proteže duž cijele medijalne strane *insulae*, gdje se blago talasa prateći konture *insulae*. Na *claustrum-u* opisujemo bazu, prošireni dio koji se od ventralno ka dorzalno stanjuje, te dvije strane, spoljašnje okrenutu ka *insula-i*, i unutrašnju koja je usmjerena ka *putamen-u*.

Tanki sloj bijele mase ga odvaja od *putamen-a*, spoljašnja čahura, *capusula externa*, dok je takođe tanki sloj bijele mase oblikovan po susjednim struktura-ma i odvaja ga od kore *inzulae*. To je *capsula extrema*.

Veze *claustrum-a* sa korom velikog mozga su recipročne. Smatra se da je recipročno vezan sa svim kortikalnim područjima, mada ne jednako sa svim. Prvenstveno se projektuje ipsilateralno, mada postoji i slabija kontralateralna veza sa korteksom. Obrnuto važi za *cortex-claustrum* projekcije, gušće su za kontralateralna područja od ipsilateralnih regiona. Najveći dio kortikoklaustralnih veza potiče iz oblasti frontalnog korteksa, uključujući orbitofrontalni, prelim-

bički, cingularni i sekundarni motorni korteks, dok regioni senzornog korteksa (somatosenzorni, slušni, vizuelni, itd.) pružaju malo ili nimalo ulaza u *claustrum*. Isto važi i za klaustrokortikalne projekcije, sa najvećim dijelom odlaze ka frontalnom korteksu, posebno području medijalnog prefrontalnog korteksa, uključujući sekundarni motorni korteks, cingularni i prelimbički korteks. Osim svoje povezanosti sa korteksom, *claustrum* prima informacije od brojnih supkortikalnih limbičkih struktura, posebno mediodorzalnog jedra *thalamus-a*, bazolateralnog dijela amigdaloideidnog tijela i *hipokampus-a*.

Uprkos talasima interesovanja za *claustrum* tokom prošlog vijeka, postoji samo nekoliko funkcionalnih informacija i neke kontroverzne hipoteze o njegovim funkcionalnim atributima.

Uzimajući u obzir nedavne anatomske podatke, funkcija *claustrum-a* će najverovatnije biti pod krovom funkcija povezanih sa limbičkim sistemom, kao što su pažnja, pamćenje, anksioznost i budnost, a zatim usmjeravanje takvih limbičkih informacija višestrukim regionima korteksa, da bi se modifikovala percepcija i akcija. Naročito se čini da *claustrum* vrši inhibicionu kontrolu nad korteksom kako bi se ostvarile ove funkcije. Međutim, precizni načini na koje takva inhibicija učestvuje u oblikovanju zadatka neuronske aktivnosti ostaje otvoreno pitanje.

Zapamti: U supkortikalne sive mase ubrajamo prugasto tijelo (*corpus striatum*), bedem (*claustrum*), *nucleus accumbens*, jedra bazalnog telencefalona („*basal forebrain*“) i bademasto tijelo (*corpus amygdaloideum*). *Corpus striatum* čine *nc. caudatus* i *nc. lentiformis*. *Nc. caudatus* ima tri dijela, *caput*, *corpus* i *cauda-u*. *Nc. lentiformis* ima dva dijela – *putamen* i *globus pallidus*. *Nc. caudatus* i *putamen* čine *neostriatum*, dok *globus pallidus* predstavlja *paleostriatum*. Unutrašnji segment *globus pallidus-a* generalno se smatra najvećim izlaznim sistemom bazalnih ganglija. Aksoni neurona ovog jedra formiraju dva snopa, *fasciculus lenticularis* i *ansa lenticularis*. Ventralni striatum uključuje *nc. accumbens* i jasnu vezu između *nc. caudatus-a* i *putamen-a* ventralno (do rostralnog dijela *capsulae internae*), *tuberculum olfactorium* i rostralateralni dio *substantiae perforatae anterior* pored *tr. olfactorius lateralis-a*. Iz perspektive konekcija uključuje i medijalni *nc. caudatus*, rostralno do *commissurae anterior*. *Nc. accumbens* nalazi se smješten u bazalnom dijelu septalnog područja. Arhitektonski i funkcionalno, podijeljeno je na jezgru i ljusku, pri čemu svaka oblast ima različite veze. Dok ljuska prima informacije iz limbičkog sistema, jezgro ima veze sa motornim sistemom. *Corpus amygdaloideum* smješten je u medijalnom dijelu temporalnog režnja, ispod *uncus gyri parahippocampalis*, jedan cm iza temporalnog pola. Sastoji se od tri grupe jedara, bazolateralna, kojoj pripadaju bazalno, lateralno i akcesorno jedro, druga kortikalna grupa, koja sadrži centralno jedro i lateralno jedro olfaktivnog trakta, te treća grupa jedara ili centromedijalna grupa, koja sadrži centralno i medijalno jedro. Postoji i grupa jedara koja ne pripada nijednoj opisanoj grupi. To su interkalatne ćelijske mase i amigdalohipokampalno područje. U supkortikalne sive mase ubrajamo i bedem ili *claustrum*. To je tanki sloj sive mase, koja se pruža rostro-kaudalno duž *striatum-a*, smještena između *putamen-a* i kore ostrva ili *insulae*. Tanki sloj bijele mase ga odvaja od *putamen-a*, spoljašnja čahura, *capsula externa*, dok ga, takođe, tanki sloj bijele mase oblikovan po susjednim strukturama odvaja od kore *inzulae*. To je *capsula extrema*.

Provjera znanja

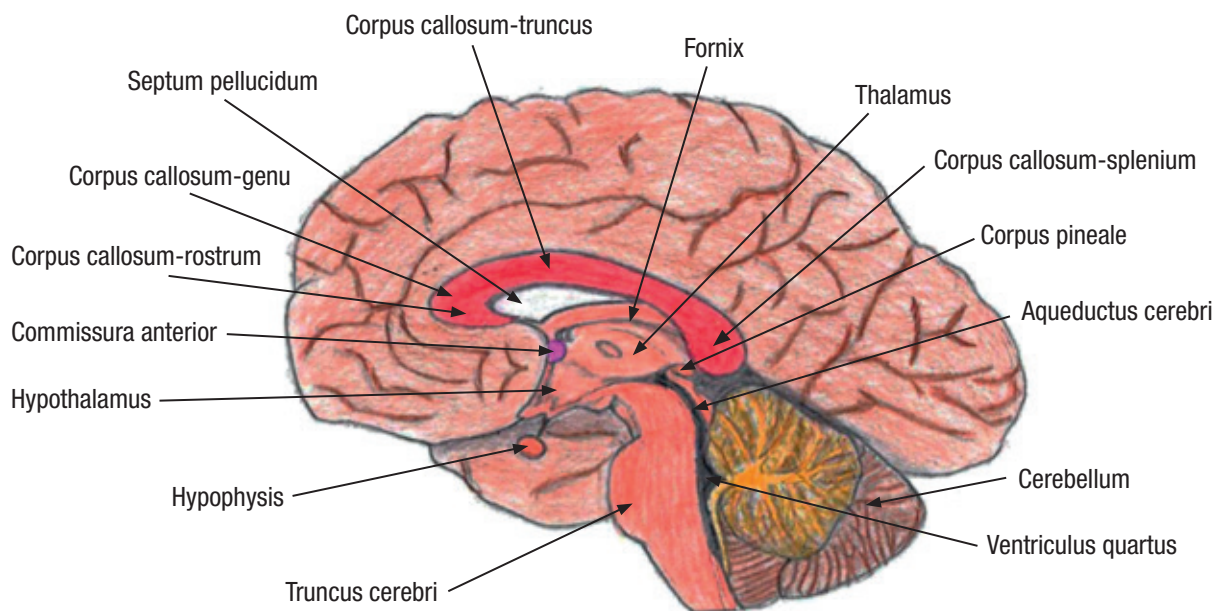
1. *Corpus striatum* čine: a) *nc. caudatus et nc. lentiformis*, b) *nc. caudatus et putamen*, c) *globus pallidus et putamen*, d) *nc. caudatus et globus pallidus*.
2. Ventralni strijaturn čine navedene strukture osim: a) *putamen et caput nc. caudati*, b) *claustrum* c) *tuberculum olfactorium*, d) *nc. accumbens*.
3. *Claustrum* se nalazi između: a) *capsulae internae et capsulae externae*, b) *capsulae externae et capsulae extremae*, c) *capsulae extremae et insulae*.
4. *Corpus amygdaloideum* se nalazi neposredno uz vrh: a) frontalnog roga bočne moždane komore, b) temporalnog roga bočne moždane komore, c) okcipitalnog roga bočne moždane komore.
5. U bazalnom dijelu septalnog područja nalazi se: a) *claustrum*, b) *nc. accumbens*, c) *corpus amygdaloideum*.

BIJELA MASA
VELIKOG MOZGA
prof. dr Tatjana Bućma

U unutrašnjosti hemisfera velikog mozga, ispod kortikalnog sloja, smješta se bijela masa velikog mozga. Čine je komisure velikog mozga, moždane čahure i *centrum semiovale*.

Komisure velikog mozga

Intrahemisferična komunikacija u mozgu odvija se preko moždanih komisura, snopova bijele mase koji povezuju cerebralne hemisfere. Glavne komisure na nivou velikog mozga su: *corpus callosum*, *commisura anterior* i *commisura fornicis* (*commisura hippocampi*).



Slika 7-14. *Corpus callosum*

Corpus callosum predstavlja najveću moždanu komisuru. U obliku je svoda, sa konkavitom orijentisanim ventralno, spaja kontralateralne centre lijeve i desne hemisfere velikog mozga, čineći dno *fissurae longitudinalis cerebri*. Njegovi dijelovi su kljun (*rostrum*), koljeno (*genu*), stablo (*truncus*) i zadebljani stražnji dio (*splenium*). Prosječna dužina mu je od *rostrum*-a do *splenium*-a 7,5 do 8,2 cm.

Rostrum corpori callosi je vezan preko *laminae rostralis* sa *lamina-om terminalis*. Čini dno frontalnog roga bočne moždane komore, koji zajedno sa glavom *nc. caudatus*-a formira oštri bočni ugao. Idući kaudalno nastavlja se *genu*, koje mijenja pravac usmjeravajući *corpus callosum* kaudalno. Gradi prednji zid frontalnog roga bočne moždane komore i zajedno sa kljunom, dijelom svog *truncus*-a rostralno i *fornix*-om kaudalno, čini strukture između kojih je razapeta dvostruka membranozna struktura *septum pellucidum*. Između dva lista *septum pellucidum*-a nalazi se uski prostor *cavum septi pellucidi*. *Truncus corpori callosi* smješta se iznad *fornix*-a, gradi dio krova čeonog roga i centralnog dijela bočne moždane komore. Najmasivniji dio je *splenium*. Nalazi se iznad struktura *epithalamus*-a.

Na gornjoj površini *corpus callosum*-a nalazi se tanak sloj sive mase, *indusium griseum*, koji predstavlja suprakalozalni ostatak formacije *hippokampus*-a.

U središnjoj liniji vlakna *corpus callosum*-a čine kompaktnu strukturu, dok se lateralnije vlakna razilaze i čine *radiatio corpori callosi*. Vlakna *radiatio corpori callosi* podijeljena su u dorzalne ili gornje konekcije, ventralne ili donje, prednje i zadnje konekcije. Vlakna *truncus*-a savijaju naviše ili naniže. Gornji ili dorzalni dio radijacije sastoji se od vlakana koja se pružaju lateralno i ulaze u medijalnu površinu hemisfere i zatim zavijaju naviše. Ova vlakna su ograničena vertikalnim vlaknima *coronae radiatae* na obje strane. Donji ili ventralni dio radijacije se pruža lateralno od *genu* i *truncus*-a i zavija naniže. Ova vlakna prave blizak odnos sa bočnom moždanom komorom i obavijaju je svojim vlaknima. Prednji dio radijacije ili tzv. mala kliješta, *forceps minor* nastaju u *genu* i *rostrum*-u *corpus callosum*-a i zavijaju naprijed u medijalu i bazalni dio čeonog režnja. Zadnji dio radijacije ili tzv. velika kliješta, *forceps major*, pružaju se posteriornije od *splenium*-a i ulaze u medijalnu stranu potiljačnog režnja, učestvujući i u stvaranju *tapetum*-a.

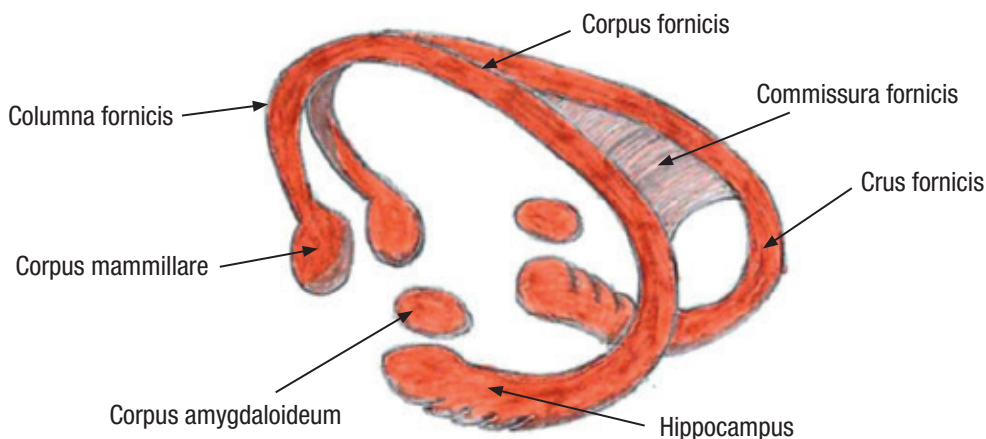
Smatra se da vlakna iz *rostrum*-a povezuju strukture fronto-bazalnog korteksa. Vlakna *forceps minor*-a povezuju prefrontalni korteks i prednji cingularni korteks. Ventralni dio koljena *corpus callosum*-a povezuje ventromedijalnu prefrontalnu oblast, dok dorzalni dio dorzolateralni prefrontalni korteks. Vlakna *truncus corpori callosi* ostvaruju vezu između precentralnog korteksa (premotorog i suplementarnog motornog korteksa), susjedni dio *insulae* i cingularni korteks. Mjesto gdje se *fornix* sustiče sa donjom površinom *corpus callosum*-a je suženi dio i nosi naziv *isthmus*. Komisuralna vlakna *isthmus*-a povezuju korteks *gyrus precentralis*-a i *gyrus postcentralis*-a i primarnu auditivnu areu. Vlakna *splenium*-a dijelimo u tri grupe: gornju, koju čine komisuralna vlakna posteriornog parijetalnog korteksa, posteriornu grupu, koju čine komisuralna vlakna medijalnog okcipitalnog korteksa i donju, komisuralna vlakna za medijalni temporalni korteks.

Vaskularizovan je od tri arterijska sliva: *a. communicans anterior*, *a. pericallosa anterior* i *a. cerebri posterior*.

Među poznatim funkcijama *corpus callosum*-a su interhemisferični prenos informacije, integracija ulaza sa jedne ili obje hemisfere, olakšavanje nekih kortikalnih aktivnosti, kao i inhibicija kortikalnih funkcija. U novije vrijeme je sugerisano da je integritet *corpus callosum*-a kod ljudi krucijalan i pozitivno korelira sa kognitivnim performansama.

Brojna su patološka stanja koja mogu da zahvate *corpus callosum*. Jedno od najčešćih patoloških stanja koje zahvata *corpus callosum* je multipla skleroza. Od kongenitalnih, susreće se agenezija ili hipoplazija, te lipom *corpus callosum*-a. Agenezija je najčešća kongenitalna malformacija. Ishemija nije tako česta zbog bogatog snabdijevanja od tri arterijska sliva, dok je hemoragija uglavnom posljedica ruptur aneurizme prednje komunikantne ili prednje perikalozne arterije. Rijetka toksična bolest koja zahvata *corpus callosum* je Marchiafava-Bignami bolest, koja se javlja kod hroničnog alkoholizma, koja je posljedica akutne demijelinizacije i nekroze. Važno mjesto u patologiji ove strukture zauzimaju i neurotropni virusi, influence, Epstein-Barr virus, papovirus JC i dr., koji dovode do reverzibilnih promjena. Vjeruje se da dovode do intramijeliničnog edema. Moguće su i prolazne hipoglikemijske encefalopatije, kao rijedak uzrok reverzibilnih promjena *splenium*-a. Takođe, uzrok distenzije može biti akutni hidrocefalus. Difuzna aksonalna lezija pri traumama mozga često uključuje parasagitalnu bijelu masu, *corpus callosum* i moždano stablo. Rezultat je podržane akceleracijske-deceleracijske snage koja može dovesti do smicanja aksona i produkovati mikroskopske promjene u mozgu. Od tumorskih promjena, glioblastom se javlja najčešće među astrocitomima, prisutan je u 50–60% i zahvata populaciju između 45. i 70. godine života.

Commissura anterior. Filogenetski *commissura anterior* je najstarija komisura velikog mozga. Nalazi se uz antero-inferiorni dio *globus pallidus*-a, neposredno uz zadnji dio *fasciculus uncinatus*-a, supero-anteriorno od temporalnog roga bočne moždane komore. Ukršta središnju liniju ispred prednjeg dijela stubova *fornix*-a i ispod medijalnog i ventralnog dijela prednjeg kraka *capsulae internae*. Temporalni regioni, posebno amigdale, povezani su preko njenih vlakana. *Commissura anterior* formirana je od dva različita dijela – prednji krak i zadnji krak. Prvi je odgovoran za povezivanje olfaktivnog sistema hemisfera, čini tzv. olfaktivnu komisuru. Drugi dio je kompleksniji i ima dva dijela, temporalni i okcipitalni dio. Zadnji krak *comissurae anterior* pruža se unutar Gratiolet-ovog



Slika 7-15. Fornix-commissura fornicis

kanala gdje je torziran tako da gornja vlakna idu ka temporalnom, a donja ka okcipitalnom režnju.

Commisura fornicis seu commisura hippocampi je bijela masa trougaonog oblika sa vrhom usmjerenim unaprijed i bazom unazad. Nastala je od vlakana *fornix*-a koja ukrštaju središnju liniju neposredno iza tijela *fornix*-a, na mjestu početka njegovih kraka, iza *septum pellucidum*-a, a ispred *forceps major*-a. Povezuje parahipokampalni, subikularni i entorinalni korteks obje hemisfere.

Kapsule velikog mozga

Capsula interna je najveća i najvažnija kapsula velikog mozga. Predstavlja sloj bijele mase, koji se nalazi između *thalamus*-a i *nc. caudatus*-a, koji su medijalno, i *nc. lentiformis*-a, koji se nalazi lateralno od *capsulae internae*. Čine je ascendentni i descendentni putevi. Na horizontalnom presjeku ima oblik tupog ugla otvorenog upolje, oblikovana je prema *nc. lentiformis*-u, te joj se opisuju prednji krak (*crus anterior*), koljeno (*genu*) i zadnji krak (*crus posterior*).

Crus anterior se nalazi između *nc. lentiformis*-a, odnosno *putamen*-a i *nc. caudatus*-a, odvajajući dijelove *corpus striatum*-a. Sastoji se predominantno od talamokortikalnih vlakana, *tr. frontopontinus*-a i veze između *nc. caudatus*-a i *nc. lentiformis*-a. Talamokortikalna radijacija povezuje prednja i medijalna jedra *thalamus*-a sa čeonim režnjem i sadrži većinu konekcija između prefrontalnog korteksa i *thalamus*-a, komponenti limbičkog sistema. Prednji krak *capsulae internae* može funkcionalno biti segmentiran u nekoliko različitih, preklapajućih regiona. Ventralno su vlakna iz orbitofrontalnog i ventromedijalnog prefrontalnog korteksa, više dorzalno vlakna iz dorzalnog prednjeg cingularnog korteksa i ventrolateralnog prefrontalnog korteksa i vlakna dorzalnog prefrontalnog korteksa, podijeljena na dorzomedijalna i dorzolateralna smještena dorzalno. Ova struktura je uključena u posredovanje u brojnim neurokognitivnim procesima.

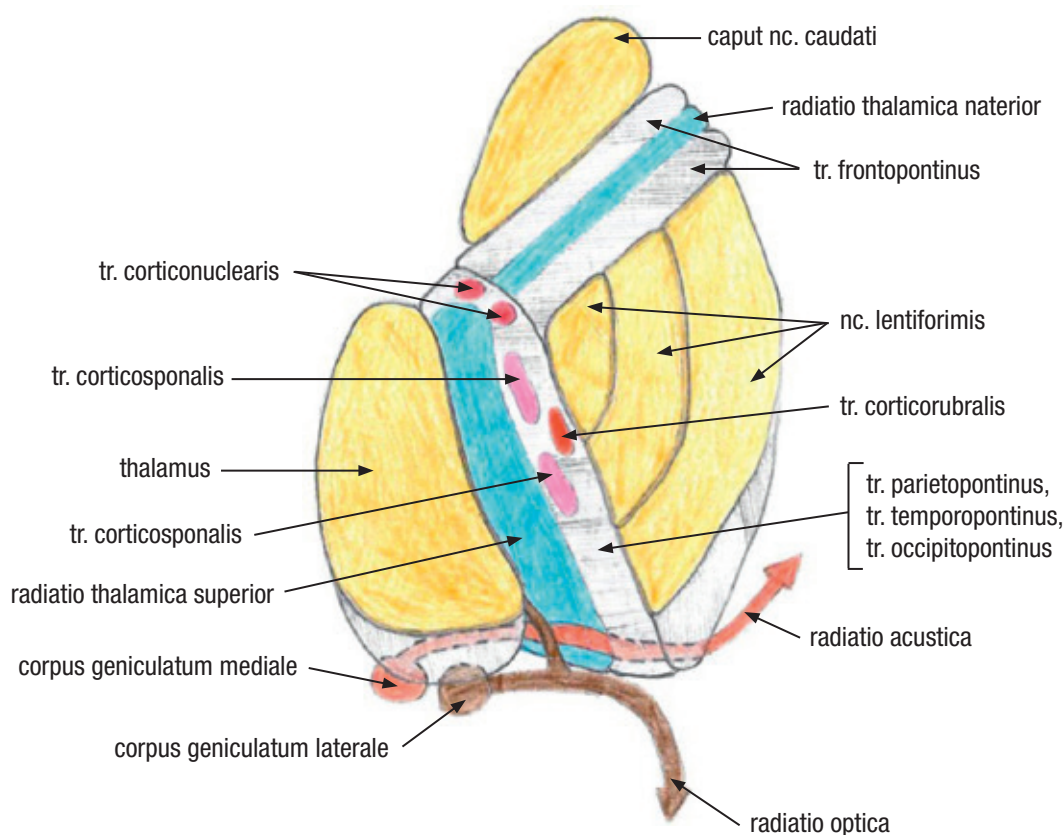
Smatra se da je prednji krak *capsulae internae* kritično neuropsihološko čvorište, koje služi za provođenje informacija iz različitih regiona mozga, koji su uključeni u emocionalnu i afektivnu regulaciju, kogniciju, te izvršnu funkciju i izražavanje ličnosti. Ova struktura ima ulogu u posredovanju i u normalnom i patološkom neuropsihijatrijskom procesu. Potvrđeno je da postoje strukturne i metaboličke abnormalnosti u prednjem kraku u osoba sa psihijatrijskim oboljenjima.

Genu capsulae internae oblikovan je prema vrhu *nc. lentiformis*-a, odnosno *globus pallidus*-a, koji je smješten lateralno, dok se medijalno prostire do Monroovog otvora. Kroz njega descendentno prolazi *tr. corticobulbaris*, zatim sadrži i talamokortikalna i kortikotalamička vlakna.

Smatralo se da lezije koljena *capsulae internae* izazivaju bulbarne simptome, paralizuju lica, dizartriju i disfagiju. Međutim, lokalizacija *tr. corticobulbaris*-a ostaje kontroverza. Studije kod pacijenata sa infarktom koljena i zadnjeg kraka *capsulae internae*, odnosno samo lezije koljena, pokazale su da kod lezije koljena i više od polovine zadnjeg kraka pokazuju bulbarne simptome, dok lezije samo na koljenu nisu pokazivale bulbarne simptome. Nasuprot tome, lezije izolovane na zadnji krak pokazivale su bulbarne simptome. Podaci ove studije pokazali su da *tr. corticobulbaris* ne prolazi kroz koljeno *capsulae internae*. Predložena lokacije ovog puta je iza srednje tačke zadnjeg kraka.

Crus posterior ima nekoliko dijelova, *pars thalamolentiformis*, *pars retrolentiformis*, *pars sublentiformis*.

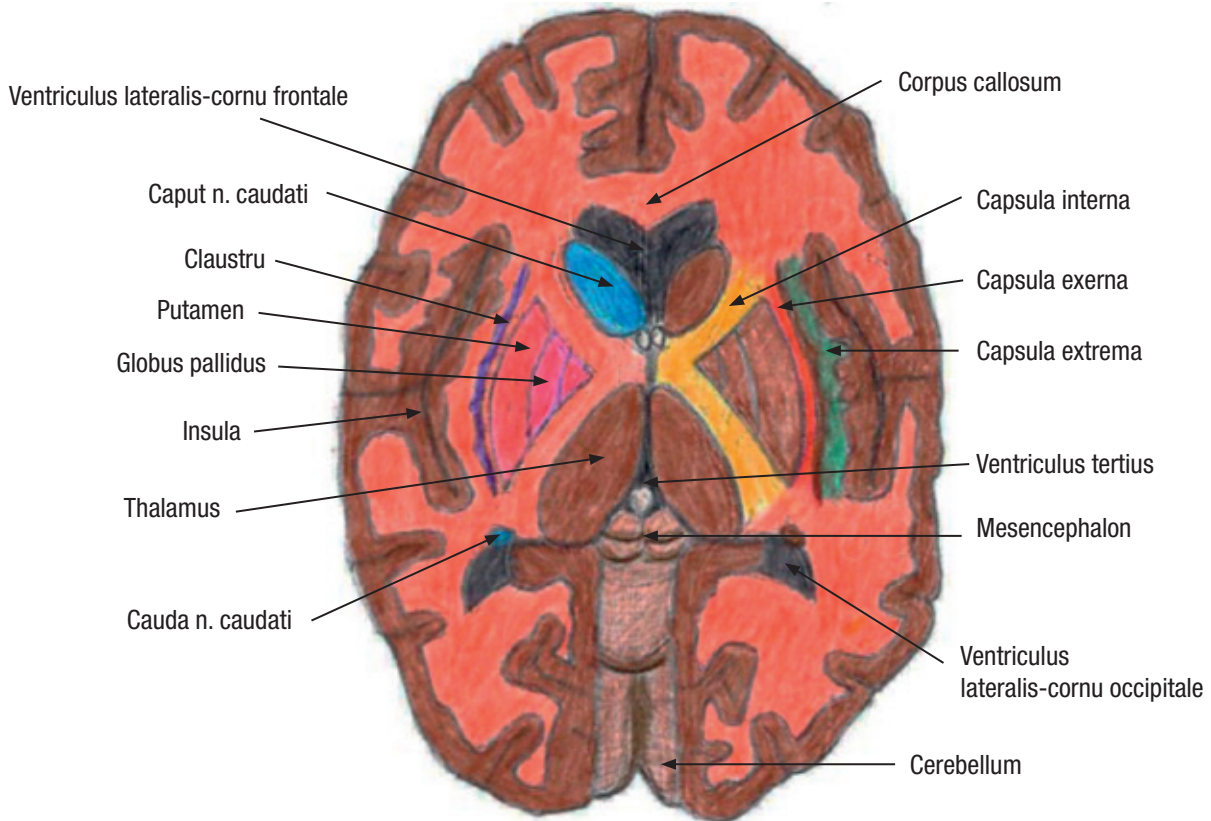
Pars thalamolentiformis, naziv mu kaže, nalazi se između *thalamus*-a i *nc. lentiformis*-a. Predstavlja rostralni dio zadnjeg kraka. Kroz ovu strukturu prolazi veliki broj motornih puteva. Osim vlakana *tr. corticospinalis*-a, koja su smještena u prve dvije trećine *pars thalamolentiformis*, nosi i vlakna kortikoretikularnog, kortikorubralnog, kortikotalamičkog puta, te vlakna parietopontinog i talamo-parietalnog puta. Kroz ovaj dio prolaze i vlakna *radiatio centralis thalami*. Sublentiformni dio, koji se nalazi ispod *nc. lentiformis*-a, nosi vlakna *radiatio acustica*, *radiatio optica*, te *fibrae temporopontinae* i *radiatio inferior thalami*, dok retrolentiformni dio, smješten iza *nc. lentiformis*-a, sadrži nešto vlakana *radiatio optica*, *fibrae occipitopontinae*, te *radiatio posterior thalami*.



Slika 7-16. Capsula interna

Capsula externa je sloj bijele mase smješten između sivih masa, *claustrum*-a i *putamen*-a. Ima svoj dorzalni i ventralni dio. Dorzalni dio se uglavnom sastoji od klostrokortikalnih vlakana. Ona povezuju *claustrum* sa gornjim frontalnim, precentralnim, postcentralnim i zadnjim parijetalnim korteksom i topografski su organizovana. Ventralni dio *capsulae externae* čine *fasciculus uncinatus* i *fasciculus frontooccipitalis inferior*. Oni stvaraju komunikaciju orbitofrontalnog i prefrontalnog korteksa sa amigdaloidnim, temporalnim i okcipitalnim korteksom.

Capsula extrema je lateralnije i površnije smještena u odnosu na ostale kapsule. Nalazi se između kore *inzulae* i *claustrum*-a. Uglavnom je grube kratka asocijativna vlakna, koja se nalaze ispod kore *inzulae*, povezuju inzulirane vijuge, te nastavlja i šire se povezujući koru *inzulae* i *operculum*-a.



Slika 7-17. Horizontalni presek mozga – moždane čahure

Centrum semiovale i corona radiata

Centrum semiovale predstavlja parnu bijelu masu smještenu iznad bočne moždane komore i *corpus callosum*-a, a ispod kore velikog mozga. Predstavlja najveći dio bijele mase hemisfera. Ima poluovalan oblik i sastoji se od projekcionih, komisuralnih i asocijativnih vlakana. Inferolateralno od *centrum*-a *ovale* u kontinuitetu se nastavlja *corona radiata*.

Corona-u *radiata*-u čine projekciona vlakna koja povezuju koru mozga sa moždanim stablom i *thalamus*-om i eferentnim i aferentnim vlaknima. Projekciona vlakna koja formiraju *capsula*-u *interna*-u, iznad nivoa gornje granice *nc. lentiformis*-a, raspoređena su u vidu uzorka zraka, pa su po svom izgledu i dobila naziv *corona radiata*. Ima svoje dijelove koji pripadaju režnjevima, *pars frontalis*, *pars parietalis*, *pars occipitalis* i *pars temporalis*.

Vaskularizacija supkortikalnih sivih masa i bijele mase velikog mozga

Brojne grančice *a. carotis internae*, *a. choroideae anterior*, te *a. cerebri anterior* i *a.*

cerebri mediae prodiru kroz *supstanca-u perforata-u anterior* i namijenjene su za vaskularizaciju bazalnih ganglija i prednjeg dijela *capsulae internae* i *capsulae externae*. Kako se kreću ascendentno, ove lentikulostriatne arterije prolaze ispred i iza lateralnog nastavka *commisurae anterior*. Arterije ispred *comissurae anterior* dosežu *putamen* i nastavljaju medijalno do prednjeg dijela *capsulae internae*, dok arterije iza *commisurae anterior* vaskularizuju *globus pallidus* i nastavljaju medijalno do zadnjeg dijela *capsulae internae*.

Nc. caudatus je vaskularizovan istim arterijama koje nastavljaju medijalno unutar *capsulae internae* do jedra. Većina prednjih i medijalnih lentikulostrijatnih arterija, koje uključuju i Heubner-ovu, penju se naviše direktno završavajući u glavi *nc. caudatus-a*.

Izdvajajući arterije ponaosob uočeno je da *a. cerebri anterior* ishranjuje inferomedijalni dio glave *nc. caudatus-a* i prednji krak *capsulae internae*, kao i prednji i donji dio *nc. lentiformis-a*. *A. cerebri media* vaskularizuje superolateralni dio glave i tijela *nc. caudatus-a*, gornji dio *capsulae internae*, veći dio *nc. lentiformis-a*, dok donji dio prednjeg kraka vaskularizuje rekurentna Heubner-ova arterija. *A. choroidea anterior* daje grane za medijalni segment *globus pallidus-a*, donji dio zadnjeg kraka sa retro i sublentiformnim dijelovima. Donji dio *capsulae internae* i *globus pallidus* ishranjuju perforantne grančice *a. carotis internae*.

Nađeno je da *claustrum* vaskularizuju inzularne arterije, kao i strijatne arterije.

Glavni izvor vaskularizacije za *corpus callosum* su *a. pericallosa* i *a. pericallosa posterior* kao njena grana. Prednja komunikantna arterija daje i *a. mediana corporis callosi*, koja takođe značajno doprinosi snabdijevanju krvlju *corpus callosum-a*. *Splenium corpori callosi* vaskularizuje *a. pericallosa anterior*, granu *a. cerebri anterior*, zatim *a. splenialis*, grane *a. cerebri posterior*, te *a. pericallosa posterior accessorius* istog porijekla.

Zapamti: Bijelu masu velikog mozga čine moždane komisure, moždane čahure i centrum semiovale. Komisure su: *corpus callosum*, *commisura anterior* i *commisura fornicis seu hippocampi*. **Corpus callosum** čini dno *fissurae longitudinalis cerebri*. Dijelovi *corpus callosum-a* su: *rostrum*, *genu*, *truncus* i *splenium corpori callosi*. Ovi dijelovi učestvuju u stvaranju dijela zidova bočne moždane komore. U središnjoj liniji vlakna *corpus callosum-a* čine kompaktnu strukturu, dok se lateralnije vlakna razilaze i čine *radiatio corpori callosi*. Filogenetski **commisura anterior** je najstarija komisura velikog mozga. Nalazi se uz antero-inferiorni dio *globus pallidus-a*, neposredno uz zadnji dio *fasciculus uncinatus-a*, supero-anteriorno od temporalnog roga bočne moždane komore. Ukršta središnju liniju ispred prednjeg dijela stubova *fornix-a* i ispod medijalnog i ventralnog dijela prednjeg kraka *capsulae internae*. **Commisura fornicis** nastala je od vlakana *fornix-a* koja ukrštaju središnju liniju neposredno iza tijela *fornix-a*, na mjestu početka njegovih kraka, iza *septum pellucidum-a*.

Capsula interna čini najveću moždanu čahuru. Smješta se između *nc. lentiformis-a laterali* i *nc. caudatus-a*, odnosno *thalamus-a* medijalno. Čine je prednji krak, *crus anterior*, koljeno, *genu* i zadnji krak, *crus posterior*, koji se dijeli na *pars thalamolentiformis*, *pars retrolentiformis*, *pars sublentiformis*. **Capsula externa** je sloj bijele mase smješten između sivih masa, *claustrum-a* i *putamen-a*. Ima svoj dorzalni i ventralni dio. **Capsula extrema** je lateralnije i površnije smještena u odnosu na ostale kapsule, nalazi se između kore *inzulae* i *claustrum-a*.

Provjera znanja:

1. *Capsula extrema* se nalazi između dvije tačke:
 - a) *claustrum-a* i *putamen-a*, b) *claustrum-a* i *insulae*,
 - c) *claustrum* i *nc. lentiformis-a*, d) *putamen-a* i *globus pallidus-a*.
2. *Capsula interna* ima sljedeće dijelove:
 - a) *crus anterior*, *genu*, *crus posterior*, b) *crus anterior*, *crus posterior*,
 - c) *crus ventralis*, *genu*, *crus dorsalis*, d) *crus superius*, *genu*, *crus inferius*.
3. Komisure velikog mozga su navedene, osim:
 - a) *commissura anterior*, b) *commissura posterior*, c) *commissura fornicis*, d) *corpus callosum*.
4. *Corpus callosum*, idući od naprijed ka nazad, ima sljedeće dijelove:
 - a) *rostrum*, *genu*, *truncus*, *splenium*, b) *genu*, *truncus*, *splenium*, *rostrum*,
 - c) *splenium*, *truncus*, *genu*, *rostrum*, d) *truncus*, *genu*, *rostrum*, *splenium*.
5. *Corona radiata* dijeli se na snopove:
 - a) *pars frontalis*, *pars parietalis*, *pars temporalis* et *pars occipitalis*,
 - b) *pars frontalis*, *pars superior*, *pars inferior* et *pars occipitalis*,
 - c) *pars anterior*, *pars dorsalis*, *pars posterior* et *pars centralis*.

LIMBIČKI SISTEM

prof. dr Zlatan
Stojanović

Limbički sistem (stari naziv „visceralni mozak“) predstavlja područje mozga koje je više fiziološki definisano, dok anatomske podrazumijeva niz regiona cerebralnog korteksa, supkortikalnih sivih masa i njihovih međusobnih veza. Impulsi u ovaj sistem dolaze iz frontalnog korteksa i retikularne formacije moždanog stabla, a sistem teži da ih vrati do istih struktura (*neuronski krugovi*).

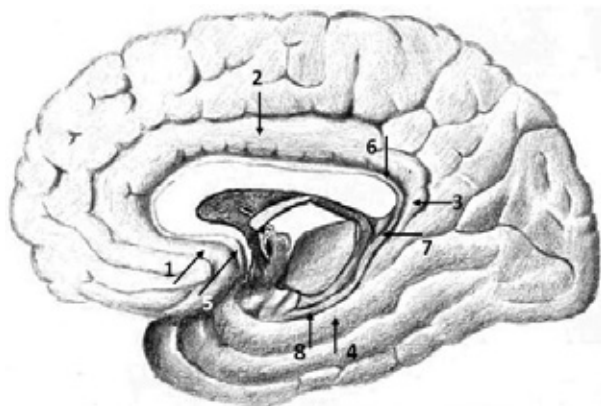
Limbički sistem se rano javlja u filogenezi i vezan je za emocionalno doživljavanje. Kod čovjeka, limbički sistem vezan je i za ritam budnog stanja i spavanja, seksualno ponašanje, motivaciju, kao i za procese učenja i pamćenja. Putem veza sa hipotalamusom, limbički sistem učestvuje u regulaciji vegetativnih funkcija i funkcija endokrinog sistema.

Limbički korteks

Limbičku koru čine medijalna i bazolateralna oblast limbičke kore. Limbički korteks produžava se naprijed (rostralno) ekstraparaventricularnim dijelom mirisnog mozga. Limbička kora sa odgovarajućim dijelovima bijele mase i supkortikalnim limbičkim jedrima čini limbički režanj (*lobus limbicus*). Ovaj sistem je tako nazvan jer ovičava moždano stablo (*limbus* – ivica).

Bazolateralna oblast limbičke kore obuhvata zadnji dio donje strane frontalnog režnja (*orbitofrontalni korteks*), insulu, i prednje i lateralne dijelove temporalnog režnja (*prednji temporalni korteks*).

Medijalna oblast limbičke kore podijeljena je na spoljašnji i unutrašnji pojas vijuga. Spoljašnji pojas vijuga medijalne oblasti limbičke kore čine: *area subcallosa* (ispod *genu corporis callosi*), *gyrus cinguli*, *isthmus gyri cinguli* i *gyrus parahippo-*



Slika 7-18. Limbički korteks:

1. area subcallosa; 2. gyrus cinguli; 3. isthmus gyri cinguli; 4. gyrus parahippocampalis; 5. gyrus paraterminalis; 6. indusium griseum; 7. gyrus fasciolaris; 8. gyrus dentatus

campalis s. *gyrus hippocampi*. Spoljašnji pojas vijuga medijalne oblasti limbičke kore je odvojen od tzv. perifernog (lobarnog) korteksa pomoću žlijebova: *sulcus cinguli*, *sulcus subparietalis* i *sulcus collateralis*. Spoljašnji od unutrašnjeg pojasa vijuga limbičke kore odvajaju *sulcus corporis callosi* i *sulcus hippocampi* (Slika 7-18).

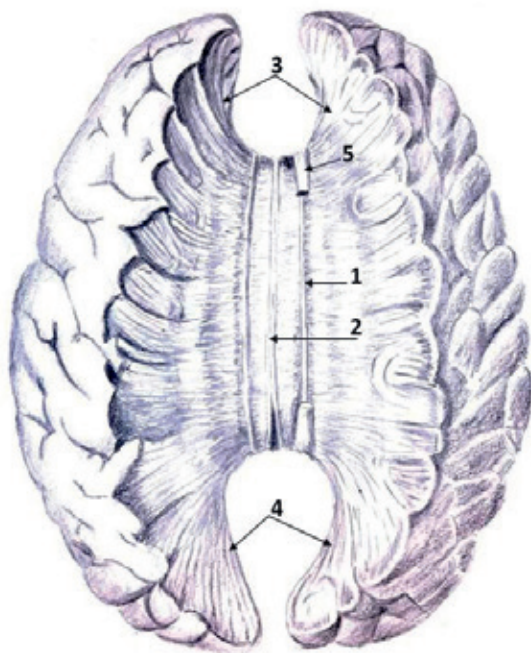
Gyrus parahippocampalis ima nekoliko značajnih dijelova: *area entorhinalis* (Brodmann-ovo polje 28), *presubiculum* i *subiculum*. *Gyrus parahippocampalis* je od *gyrus-a dentatusa* odvojen pomoću *sulcus hippocampi*.

Unutrašnji pojas vijuga medijalne oblasti limbičke kore čine: *gyrus paraterminalis* (leži neposredno ispred *lamina-e terminalis*), *indusium griseum*, *gyrus fasciolaris*, *gyrus dentatus* i *hippocampus*. *Hippocampus* (*cornu Ammonis*) sa *pes hippocampi* (prstolika izbočenja u temporalnom rogu bočne moždane komore), uključujući *gyrus dentatus* i *subiculum*, čine *formatio hippocampi*. *Indusium griseum* je tanak sloj sive mase na površini žuljevitog tijela (*corpus callosum*). *Indusium griseum* se nastavlja u *gyrus fasciolaris*, a *gyrus fasciolaris* se produžava u *gyrus dentatus*. Nakupine sive mase *indusium-a griseum-a* grupisane su u *striae longitudinales mediales et laterales Lancisi* (Slika 7-19).

Limbička kora, odnosno njeni pojedini dijelovi, povezani su međusobno, kao i sa dijelovima limbičkog sistema izvan limbičke kore (supkortikalna limbička jedra, dio hipotalamusa, dio moždanog stabla). Ove veze su polisinaptičke i čini ih lanac neurona koji formiraju zatvorene neuronske krugove (Papez-ov krug, bazolateralni limbički krug i veze limbičke kore sa neokorteksom).

Papez je prvi ukazao na značaj limbičkih krugova u nastanku emocija (Papez-ov emocionalni krug). Prije Papez-ove tzv. *centralne teorije emocija*, u naučnom mišljenju je preovladavala James-Lange-ova *periferna teorija emocija*. Prema toj teoriji, pojavi emocionalnih doživljaja prethode periferne somatske senzacije. *Periferna teorija emocija* ima i danas veliki značaj u dinamičkoj psihijatriji, gdje ista pojašnjava mehanizam prikrivenosti emocionalnih doživljaja somatskim simptomima npr. potiskivanje emocija i reakcije konverzije emocija u somatski simptom, maskirana depresija i sl.

Papez-ov krug povezuje određene oblasti limbičke kore sa jedrima talamusa i hipotalamusa. Ovaj krug počinje npr. od neurona *formatio hippocampi* limbičke kore. Aksoni tih neurona ulaze u sastav *fornix-a* i kroz njega dolaze do *corpora mammillaria* hipotalamusa. Iz mamilarnih tijela polaze vlakna *tractus-a mamillothalamicus-a*, koja završavaju u prednjim jedrima talamusa. Od ćelija koje grade ova jedra polaze njihovi aksoni koji odlaze u koru *gyrus-a cinguli*, a odatle



Slika 7-19. *Indusium griseum*:

1. stria longitudinalis lateralis; 2. striae longitudinales mediales; 3. radiatio corporis callosi – forceps frontalis (minor); 4. radiatio corporis callosi – forceps occipitalis (major); 5. cingulum (prerezan)

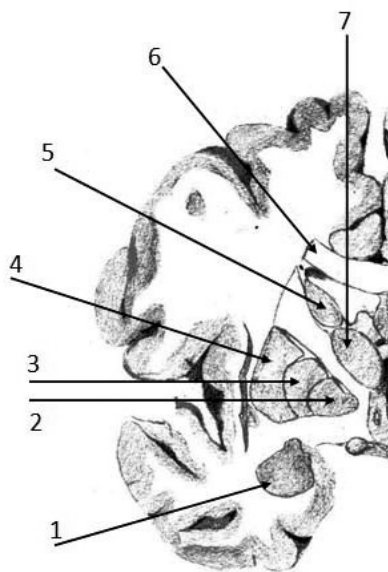
putem asocijativnog snopa (*cingulum*) povezuju se sa entorinalnim korteksom (*area entorhinalis*). Vlakna koja polaze od *area-e entorhinalis* putem *fasciculus-a perforans-a* završavaju se u *formatio hyppocampi*, čime se Papez-ov krug zatvara. Unutar Papez-ovog kruga mnoge su veze dvosmjerne. Osim toga, svako od mjesta, na kojima se nalaze sinapse, otvoreno je za prijem impulsa iz drugih dijelova nervnog sistema, kao i za odašiljanje impulsa u druge dijelove nervnog sistema, van Papez-ovog sistema.

Najmasivniji snop limbičkog Papez-ovog kruga predstavlja svod (*fornix*). Čini ga približno 1,2 miliona vlakana. *Fornix* počinje snopom mijelinizovanih vlakana koja prekrivaju *hippocampus – alveus*. *Alveus* se produžava u vrpce *fimbria hippocampi*. Zadnji dio *fornix-a* predstavljaju i njegov desni i lijevi krak (*crura fornicis*), koji se spajaju u *corpus fornicis*, a koji se zatim pruža ispod *corpus-a callosum-a*. Kraci *fornix-a* su međusobno povezani komisuralnim vlaknima koja formiraju komisuru forniksa (*comissura fornicis – Davidova lira*). Rostralni dio *corpus-a fornicis* dijeli se na dva stuba (*columnae fornicis*), koji se pružaju do *corpora mammillaria* hipotalamusa. *Columnae fornicis* se sastoje iz dva dijela. Slobodni dio (*pars libera culumnae fornicis*), zajedno sa prednjim polom (*tuberculum anterius*) talamusa, ograničava *foramen interventriculare Monroi*. Skriveni dio (*pars tecta culumnae fornicis*) ulazi u hipotalamus i završava se u *corpora mammillaria*. *Pars tecta* dijeli hipotalamus na medijalno i lateralno područje (*regio hypothalamica medialis et regio hypothalamica lateralis*).

Fornix čine vlakna koja polaze od hipokampusa, *gyrus-a dentatus-a* i *subikuluma*. Dio tih vlakana stiže do mediodorzalnog jedra talamusa, koje je povezano sa prefrontalnim korteksom (dio sistema za dugotrajno pamćenje: engl. *long-term memory*). Drugi dio vlakana završava u septalnom području. Ovaj dio vlakana prolazi ispred *comissura-e anterior* (*prekomisuralni fornix*), dok veći dio vlakana završava u *corpora mammillaria* (*postkomisuralni fornix*). Manji dio vlakana odlazi u *fasciculus telencephalicus medialis* (engl. *medial forebrain bundle – MFB*) i silazi u moždano stablo i njegovu retikularnu formaciju. MFB predstavlja glavnu vezu limbičkih jedara (septalna jedra, *corpus amygdaloideum*) i lateralnog hipotalamusa sa limbičkom areom srednjeg mozga i retikularnom formacijom. Na ovaj način je limbički sistem povezan sa ascedentnim retikularnim aktivirajućim sistemom (ARAS) i značajnim neurotransmitterskim sistemima moždanog stabla koji regulišu emocionalne reakcije i ponašanje čovjeka.

Drugi limbički krug tj. bazolateralni limbički krug povezuje bazolateralnu oblast limbičke kore u jednu cjelinu. Ovaj krug polazi od dorzomedijalnog jedra talamusa (*nucleus dorsomedialis thalami*) koje je povezano sa orbitofrontalnim limbičkim korteksom. Ovaj korteks je preko *fasciculus uncinatus-a* povezan sa prednjim temporalnim korteksom. Vlakna iz prednjeg temporalnog korteksa odlaze do amigdaloidnog kompleksa jedara (*corpus amygdaloideum*), a ta jedra su na kraju ponovo povezana sa mediodorzalnim jedrom talamusa.

Treći limbički krug povezuje limbički korteks sa neokorteksom. Ovaj neuronski krug takođe počinje u *formatio hyppocampi*, od čijih neurona polaze aksoni i ulaze u sastav *fornix-a* i odlaze do *corpora mammillaria* hipotalamusa, iz čijih sivih masa polaze aksoni koji ulaze u jedra talamusa. Do toga nivoa ovaj neuronski krug ima iste releje kao i Papez-ov krug. Od jedara talamusa aksoni dalje odlaze u prefrontalni korteks koji je povezan sa asocijativnim korteksom



Slika 7-20. Topografski odnosi corpus amygdaloideum-a u hemisferi velikog mozga (frontalni presjek):

1. corpus amygdaloideum;
2. globus pallidus (medijalni segment); 3. globus pallidus (lateralni segment); 4. putamen;
5. nc. caudatus; 6. corpus callosum; 7. thalamus

parijetalnog režnja, odakle impuls odlazi u entorinalno polje i najzad završava u *formatio hippocampi*.

Supkortikalne strukture limbičkog sistema

Dio sivih masa limbičkog sistema izvan korteksa čine amigdaloidni kompleks jedara, bazalni telencefalon, septalno područje i jedra habenule.

Amigdaloidni kompleks predstavlja grupu jedara koja se nalazi u prednje unutrašnjem dijelu bijele mase hemisfere telencefalona, u *uncus*-u parahipokampalne vijuge (Slika 7-20).

Corpus amygdaloideum obuhvata vrh temporalnog roga bočne moždane komore (*cornu inferior s. temporalis ventriculi lateralis*). Medijalna jedra ovog kompleksa pripadaju olfaktivnom sistemu, dok lateralna grupa jedara pripada limbičkom sistemu. U amigdaloidni kompleks dolaze aferentna vlakna iz hipotalamusa, talamusa, kao i orbitofrontalnog i temporalnog korteksa. Vlakna koja u amigdaloidni kompleks dolaze iz *nucleus ventralis tegmenti* moždanog stabla pripadaju dopaminergičkom neurotransmitterskom sistemu; vlakna iz *locus-a coeruleus-a* pripadaju noradrenergičkom sistemu. Eferentna vlakna iz amigdaloidnog kompleksa odlaze najvećim dijelom u one dijelove mozga iz kojih su došla aferentna vlakna, a osim toga eferentna vlakna povezuju amigdaloidni kompleks sa neostriatumom, septalnom regijom, preoptičkom regijom i parasimpatičkim jedrima živaca i retikularnom formacijom u moždanom stablu.

Bazalni telencefalon čine nakupine neurona koje leže u medijalnom dijelu baze telencefalona od septalne regije naprijed do kraja putamena unazad. Ovi neuroni su grupisani u jedra: *nucleus tractus diagonalis*, *substantia inominata Reichert* i *nucleus basalis Meynert*. *Nucleus basalis Meynert* čine veliki multipolarni neuroni *substantia-e inominata-e* bogati acetilholinom, koji obezbjeđuju difuznu holinergičku inervaciju kore velikog mozga. Ovo jedro je najrazvijenije kod ljudi kao vrste. Propadanje neurona Meynert-ovog jedra zabilježeno je kod presenilne kognitivne deteriorijacije i demencije Alzheimer-ovog tipa. Bazalni telencefalon, pored regulacije kognitivnih funkcija (pamćenje, učenje, pažnja), uključen je i u procese regulacije emocija, spavanja i motivacije.

Septalna regija nalazi se ispred *lamina-e terminalis* i *comissura-e anterior*, a ispod *corpus-a callosum-a*. Septalna regija obuhvata kortikalnu septalnu oblast (*area septalis*) i septalna jedra. Septalna oblast (*area septalis*) obuhvata koru *area-e subcallosa-e* i *gyrus-a paraterminalis-a*. U ovoj regiji nalazi se nekoliko jedara: *nucleus septalis medialis*, *nucleus septalis lateralis*, *nucleus tractus diagonalis* i *nucleus accumbens septi*. *Nucleus accumbens septi* pripada i ekstrapiramidnom motornom sistemu. Septalna jedra su smještena u bazi *septum-a pellucidum-a*, ispred prednje komisure, a ispod kore septalne oblasti. Bitna uloga septalnih jedara ogleda se u uspostavljanju veza između limbičkog sistema i hipotalamusa. Aferentna vlakna dolaze u septalno područje iz *formatio hippocampi*, iz amigdaloidnog kompleksa, iz bulbusa olfaktoriusa i monoaminergičkih neurona moždanog stabla. Eferentna vlakna iz septalnih jedara odlaze u talamus, hipotalamus, *formatio hippocampi*, habenule epitalamusa i mezencefalon. Septalno područje je

odgovorno za procese memorisanja, za regulaciju afektivnog ponašanja (strah, bijes), i igra ulogu u odvijanju emocionalnih i asocijativnih procesa.

Habenulae, desna i lijeva, predstavljaju trouglasta polja epitalamusa. U habenuli se nalazi medijalno i lateralno jedro. Ta jedra su povezana sa dijelovima limbičkog sistema, ali i sa drugim morfološkim strukturama: sa septalnim područjem (putem *stria-e medullaris thalamica*), sa retikularnom formacijom moždanog stabla (*nuclei raphes*, *locus-om coeruleus-om*). Povezani su i sa hipotalamusom, preoptičkom areom, i *globus-om pallidus-om*. Od medijalnog habenularnog jedra preko *fasciculus-a retroflexus-a* vlakna odlaze u *nucleus interpeduncularis*. Habenularna jedra imaju relejnu funkciju u povezivanju tegmentuma moždanog stabla sa septalnim područjem i limbičkim sistemom, zbog čega se i ubrajaju u jedra limbičkog sistema.

Uočavamo da je funkcija limbičkog sistema mnogostruka. Učestvuje u nastajanju emocija i regulaciji vegetativnih i visceralnih odgovora na data emocionalna stanja. Limbički sistem uspostavlja vezu između kortikalnih funkcija i funkcija endokrinog sistema. Pojedini dijelovi limbičkog sistema igraju ulogu u upamćivanju nedavnih (*skorašnjih*) događanja tj. prevođenju kratkotrajnog u dugotrajno pamćenje (*konsolidacija pamćenja*).

Mirisni mozak (*rhinencephalon*)

Mirisni mozak je pridodat velikom mozgu i kod čovjeka kod koga je čulo mirisa slabije razvijeno, on je zakržljao. Jedan dio mirisnog mozga leži izvan hemisfere velikog mozga, dok njegov drugi dio odgovara hemisferi velikog mozga. Ekstrahemisferični dio rinencefalona leži u sulkusu olfaktoriusu na donjoj strani čeonog režnja, na *lamina cribrosa* etmoidalne kosti i na jugumu sfenoidalne kosti. Ekstrahemisferični dio rinencefalona čine sprijeda unazad *bulbus olfactorius* (u čijim ćelijama završavaju mirisni živci – *nervi olfactorii*), *tractus olfactorius* i *striae olfactoriae*.

Tractus olfactorius se produžava u tri olfaktivne strije. *Stria olfactoria medialis* se produžava u *gyrus paraterminalis*. *Stria olfactoria intermedia* se nastavlja u *trigonum olfactorium*, dok *stria olfactoria lateralis* provodi mirisne senzacije do mirisne kore.

Hemisferični dio rinencefalona tj. mirisnu koru čine zakržljale vijuge na donjoj strani čeonog režnja (duž *stria-e olfactoria-e lateralis*) i korteks na medijalnoj strani temporalnog režnja. Oni čine prepiformni korteks. Prepiformni korteks na temporalnom režnju pokriva dio parahipokampalnog girusa rostralno od unkusa. Sa druge strane, *piriformni* korteks čini kora unkusa parahipokampalnog girusa (*periamigdaloidna kora*). Sekundarni mirisni korteks čini korteks rostralnog dijela *area-e entorhinalis* parahipokampalnog girusa. Rinencefalon je povezan sa organom za miris (*organum olfactus*), a koji se nalazi u gornjem olfaktivnom regionu nosne sluzokože.

Rinencefalon i limbički sistem čine u funkcionalnom i morfološkom pogledu cjelinu tj. rinencefalon predstavlja olfaktivni dio limbičkog sistema i povezan je sa amigdaloidnim kompleksom, sa korom frontalnog, parijetalnog i temporalnog režnja, sa sivim masama talamusa, epitalamusa i hipotalamusa, i sa retikularnom formacijom i tegmentumom mezencefalona.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Na nivou limbičkog sistema organizuje se kontrola homeostatskih mehanizama, koji na bazi iskustva, uključenih u memoriju, rezultiraju adaptivnim ponašanjem. Za gore navedeno su od posebnog značaja veze sa hipotalamusom na nivou kog se analizira značajnost informacija u odnosu na potrebe organizma. Na nivou limbičkog sistema integrišu se emocionalne reakcije i afektivitet tj. određene informacije dobijaju emocionalni kvalitet (*prijatno, neprijatno*).

Oštećenja limbičkog sistema dovode do poremećaja emocionalnih reakcija kod čovjeka tj. do pojave anksioznih i depresivnih ispoljavanja. Kod oštećenja Papez-ovog kruga (*hippocampus, fornix, gyrus parahippocampalis*) dolazi do nemogućnosti upamćivanja novih informacija tj. nastupa poremećaj prevođenja kratkotrajnog u dugotrajno pamćenje (*poremećaj konsolidacije pamćenja*). Kratkotrajno pamćenje se objašnjava promjenom funkcionalne aktivnosti neurona. Pretpostavlja se da stimulus (informacija koja se uči, npr. pamćenje telefonskog broja) aktivira određene neuronske krugove putem fiziološkog fenomena reverberacije. Dok traje električna aktivnost ovog neuronskog sistema, traje i pamćenje. Sa druge strane, dugotrajno pamćenje uzrokovano je fenomenom heterosinaptičke facilitacije tj. pojavom da aktivnost jedne sinapse na jednom neuronu pojačava aktivnost druge sinapse na istom neuronu. Kod dugotrajnog pamćenja zabilježene su trajne morfološke promjene u ramifikaciji dendrita i povećanju broja sinapsi.

Amigdaloidni kompleks kao dio limbičkog sistema povezan je mnogostrukim vezama sa drugim limbičkim i ekstralimbičkim strukturama, posebno sa hipotalamusom, hipokampusom i septalnom areom. Jedra amigdaloidnog kompleksa organizuju niz modaliteta ponašanja, čije su osnovne sekvence programirane u hipotalamusu, dakle amigdaloidni kompleks ne generiše nego samo moduliše primarne sheme ponašanja (ponašanje vezano za glad, sitost, agresivno ponašanje). Amigdaloidni kompleks učestvuje u emocionalnom reagovanju. Odgovoran je za ispoljavanje bijesa kao vid odbrane (stimulacija jedra ovog kompleksa kod životinja ima za posljedicu rezanje, kostrešenje dlake, šištanje). Bilateralna destrukcija *corpus amygdaloideum*-a i susjednog korteksa kod primata dovodi do dramatičnih promjena emocionalnog ponašanja koje se naziva Klüver-Bucy sindrom. Bilateralne destrukcije uzrokuju da divlji i ranije svirepi primati postaju mirni i bez straha, nastaje afektivna tupost. Oni takođe pokazuju neprikladno seksualno ponašanje i nejestive predmete stavljaju u usta (pika). Pretpostavlja se da je amigdaloidni kompleks, kao i hipokampus, važan za učenje i pamćenje.

Septalna area sa svojim jedrima predstavlja, zapravo, rostralni završni segment retikularne formacije moždanog stabla. Septalna jedra predstavljaju neku vrstu funkcionalnog releja, na kome se susište i iz koga odlaze dalje informacije, pristigle iz moždanog stabla, hipotalamičkih, talamičkih, i epitalamičkih formacija i limbičkog korteksa. Pretpostavlja se da septalne strukture igraju funkciju filtra, ili ublaživača senzornih informacija, čime se izbjegava preplavlivanje sistema neadekvatnim stimulusima. *Regio septalis* predstavlja zonu zadovoljstva te učestvuje u uslovljavanju onih oblika ponašanja koji su praćeni osjećajem zadovoljstva. Još su u prvoj polovini 50-tih godina prošlog vijeka Olds i Milner pokazali da su pacovi sa implantiranim elektrodama u ovoj regiji vršili ponavljano samopodraživanje tj. stalno su pritiskali prekidač

da bi proizveli struju koja je podražavala neurone ove regije i izazvali osjećaj zadovoljstva.

Najvažnije: Limbički sistem se rano javlja u filogenezi i vezan je za emocionalno doživljavanje. Kod čovjeka, limbički sistem vezan je i za ritam budnog stanja i spavanja, seksualno ponašanje, kao i za motivaciju i procese učenja i pamćenja. Putem veza sa hipotalamusom, limbički sistem učestvuje u regulaciji vegetativnih funkcija i funkcija endokrinog sistema. Limbički sistem je tako nazvan jer oivičava moždano stablo (*limbus* – ivica).

Limbička kora sa odgovarajućim dijelovima bijele mase i supkortikalnim limbičkim jedrima čini limbički režanj (*lobus limbicus*). Limbičku koru čine medijalna i bazolateralna oblast limbičke kore velikog mozga. Dio limbičkog sistema izvan korteksa čine supkortikalna limbička jedra: amigdaloidni kompleks, bazalni telencefalon, septalno područje i jedra habenule. Veze unutar limbičkog sistema su polisinaptičke i čini ih lanac neurona koji formiraju zatvorene neuronske krugove (Papez-ov krug, bazolateralni limbički krug i veze limbičke kore sa neokorteksom). Veze ovih krugova su dvosmjerne. Takođe, svako od mjesta na kojima se nalaze sinapse je otvoreno za prijem impulsa iz drugih dijelova nervnog sistema, kao i za odašiljanje impulsa u druge dijelove nervnog sistema, van neuronskih krugova.

Rhinencephalon (mirisni mozak) i limbički sistem čine u funkcionalnom i morfološkom pogledu cjelinu tj. rinencefalon predstavlja olfaktivni dio limbičkog sistema. Jedan dio mirisnog mozga leži izvan hemisfere velikog mozga (*bulbus, tractus olfactorius, striae olfactoriae*), dok njegov drugi dio odgovara hemisferi velikog mozga (*prepiriformni korteks, piriformni korteks, sekundarni mirisni korteks*). Rinencefalon je povezan sa amigdaloidnim kompleksom, sa korom frontalnog, parijetalnog i temporalog režnja, sa sivim masama talamusa, epitalamusa i hipotalamusa, kao i sa retikularnom formacijom i tegmentumom mezencefalona.

Poglavlje 8

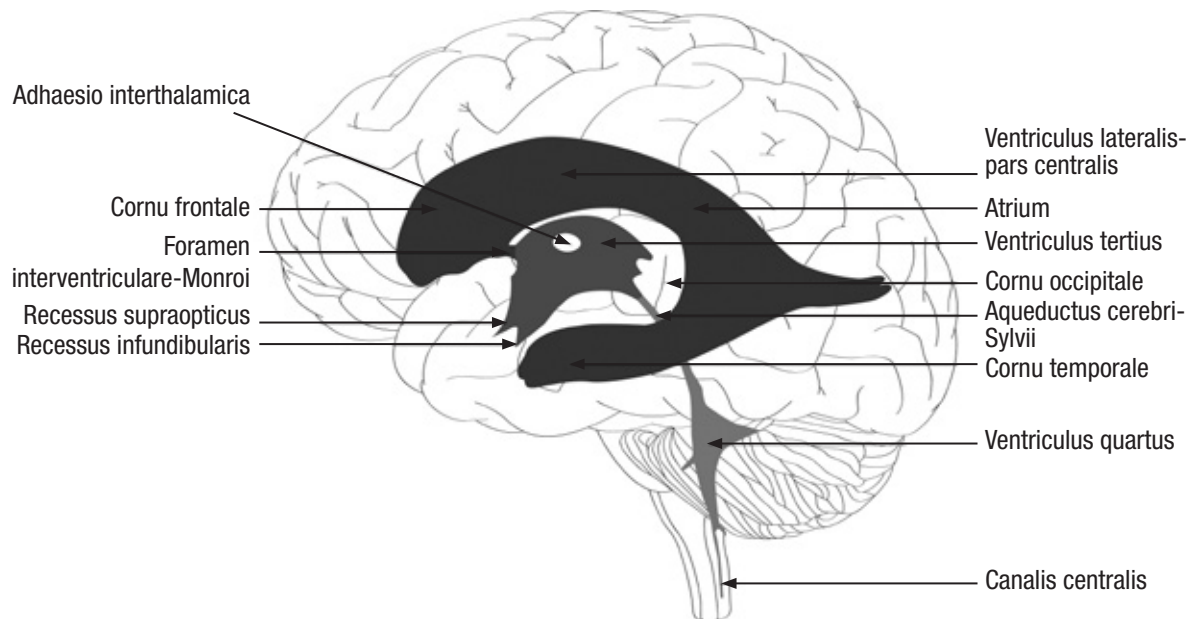
VENTRIKULARNI SISTEM MOZGA	175
<i>prof. dr Igor Sladojević</i>	
BOČNA MOŽDANA KOMORA (<i>VENTRICULUS LATERALIS</i>)	175
TREĆA MOŽDANA KOMORA (<i>VENTRICULUS TERTIUS</i>).....	178
KANAL SREDNJEG MOZGA (<i>AQUEDUCTUS CEREBRI SYLVII</i>).....	179
ČETVRTA MOŽDANA KOMORA (<i>VENTRICULUS QUARTUS</i>).....	179
CIRKUMVENTRIKULARNI ORGANI.....	181
KLINIČKE IMPLIKACIJE	181

Poglavlje 8

VENTRIKULARNI SISTEM MOZGA

prof. dr Igor Sladojević

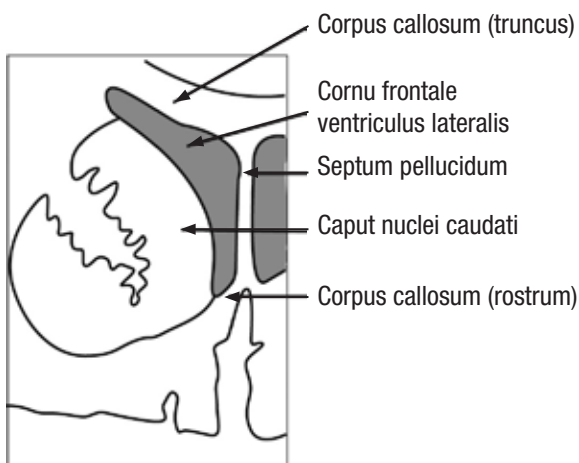
Ventrikularni sistem mozga čine centralne šupljine pojedinih dijelova mozga, koje su obložene ependimom, a ispunjene likvorom. Ovaj sistem čine desna i lijeva bočna moždana komora (*ventriculus lateralis*), treća moždana komora (*ventriculus tertius*), i četvrta moždana komora (*ventriculus quartus*). Moždane komore komuniciraju međusobno preko komunikacionih otvora i kanala, a preko otvora na krovu četvrte moždane komore komuniciraju sa subarahnoidalnim prostorom (slika 8-1).



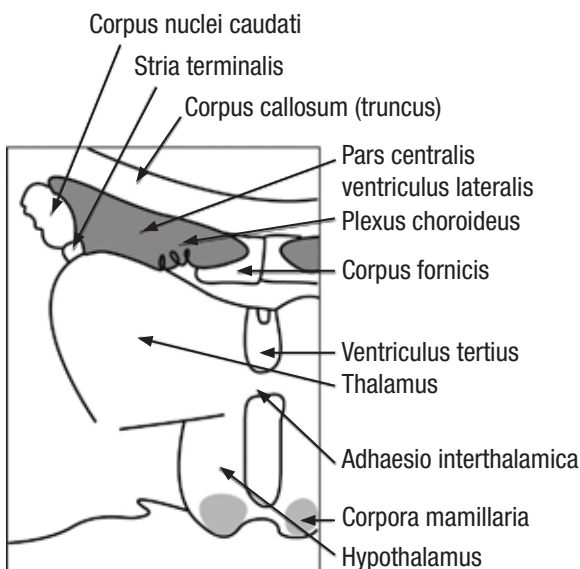
Slika 8-1. Ventrikularni sistem mozga

BOČNA MOŽDANA KOMORA (VENTRICULUS LATERALIS)

Bočna moždana komora predstavlja centralnu šupljinu hemisfere velikog mozga. Posmatrana sa strane, svaka bočna komora ima oblik slova C, sa kratkim repom upravljenim kaudalno prema potiljačnom režnju. Posmatrane odozgo, bočne komore pružaju se blago upolje i ulaze u sljepoočni režanj. Svaka bočna moždana komora sastoji se iz nekoliko dijelova: čeonog ili prednjeg roga, centralnog dijela, potiljačnog ili zadnjeg i sljepoočnog ili donjeg roga. Centralne dijelove bočnih komora razdvaja prozirna pregrada (*septum pellucidum*), koja ima dvije lamine, između kojih se nalazi šupljina (*cavum septi pellucidi*).



Slika 8-2. Čeoni rog bočne moždane komore



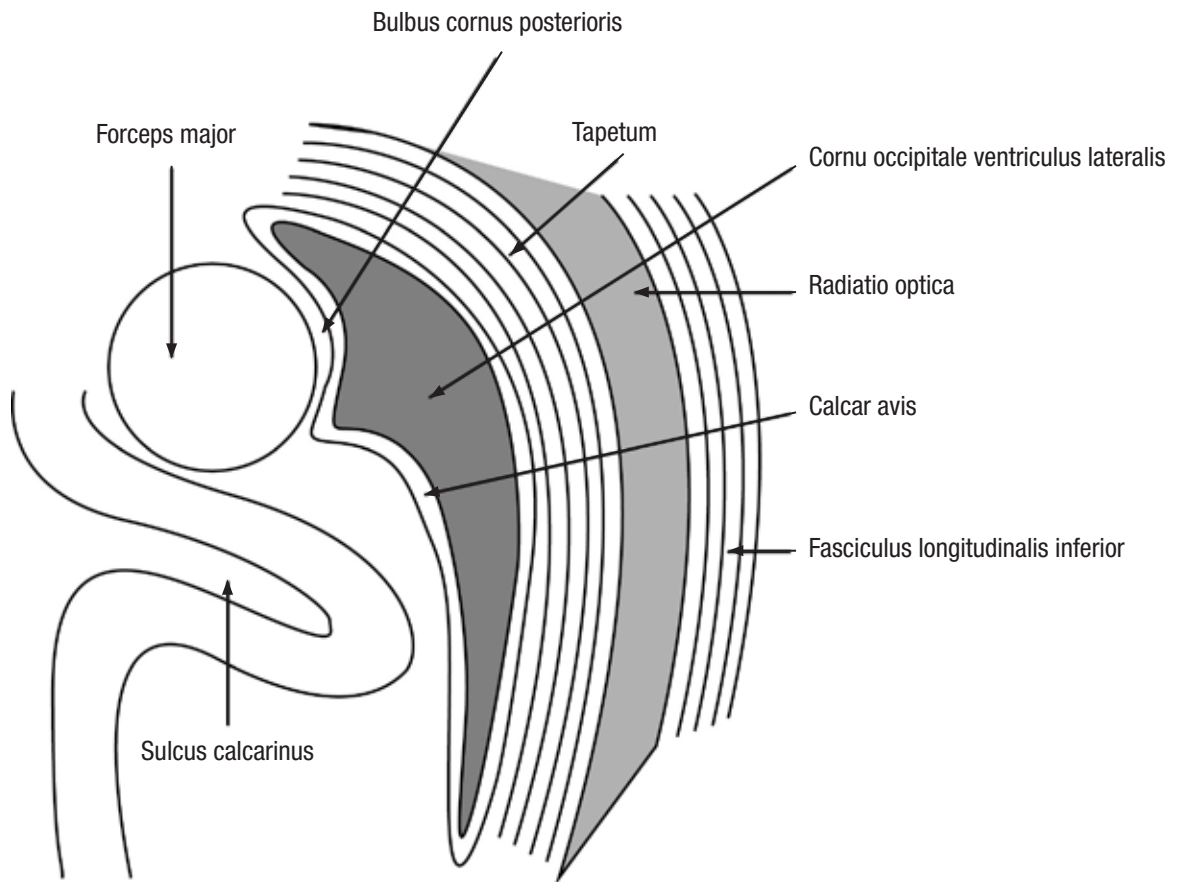
Slika 8-3. Centralni dio bočne moždane komore

Čeoni ili prednji rog (*cornu frontale s. cornu anterius*) proteže se oko 3 cm u čeoni režanj do zadnje strane koljena žuljevita tijela (*genu corporis callosi*). Krov (gornji zid) prednjeg roga čini stablo žuljevita tijela (*truncus corporis callosi*). Unutrašnji zid gradi prozirna pregrada (*septum pellucidum*), u čijoj se zadnjoj ivici nalazi stub moždanog svoda (*columna fornix*). Donji zid grade koljeno žuljevita tijela (*genu corporis callosi*) i konveksna glava repatog jedra (*caput nuclei caudati*). Prednji rog se pruža unazad do međukomornog otvora (*foramen interventriculare Monroi*), odakle se kaudalno nastavlja centralnim dijelom bočne moždane komore – slika 8-2.

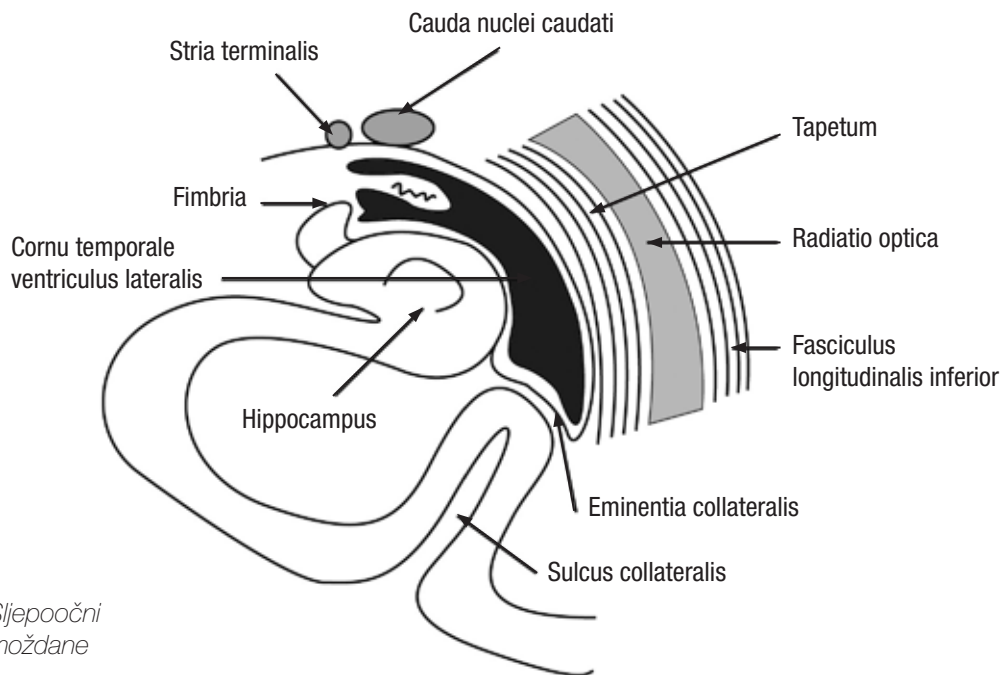
Centralni dio (*pars centralis*) nalazi se u čeonom i tjemenu reznju. Pruža se od međukomornog otvora unazad do zavijutka žuljevita tijela (*splenium corporis callosi*), gdje nastaje proširenje na spoju centralnog dijela, donjeg i zadnjeg roga bočne moždane komore koje se u radiologiji zove *atrium*. Na poprečnom presjeku *pars centralis* je trouglastog oblika. Na gornjem zidu se nalazi donja strana stabla žuljevita tijela (*truncus corporis callosi*). Donji zid grade medijalno dorzalna površina talamusa i lateralno tijelo repatog jedra (*corpus nuclei caudati*). Granicu između talamusa i repatog jedra čini žlijeb koji ispunjavaju bijela traka (*stria terminalis*) i *v. thalamostriata*. Na spoju gornjeg zida i bočnog dijela donjeg zida nastaje oštri spoljašnji ugao bočne komore. Unutrašnji zid gradi tijelo moždanog svoda (*corpus fornix*), koji je odvojen od talamusa horoidnom pukotinom (*fissura choroidea*) u kojoj je smješten horoidni splet (*plexus choroideus*) – slika 8-3. Centralni dio se unazad produžava u potiljačni rog, a nadole u sljepoočni.

Potiljačni ili zadnji rog (*cornu occipitale s. cornu posterius*) pruža se unazad i unutra u potiljačni režanj. Veoma je varijabilne veličine i oblika, a ponekad može i da nedostaje. Gornji i spoljašnji zid ovog dijela bočne moždane komore čine vlakna tapetuma žuljevita tijela, koja ga odvajaju od optičke radijacije (*radiatio optica*). Na unutrašnjem zidu zadnja vlakna žuljevita tijela (*forceps major*) izazivaju kružno uzvišenje (*bulbus cornus posterioris*) u njegovom gornjem dijelu, dok se ispod i pozadi nalazi drugo uzvišenje (*calcar avis*) prouzrokovano kandžastim žlijebom (*sulcus calcarinus*) – slika 8-4.

Sljepoočni ili donji rog (*cornu temporale s. cornu inferius*) je najveći dio bočne komore. Zavija oko zadnjeg pola talamusa u unutrašnji dio sljepoočnog reznja, završavajući oko 20-25 mm iza temporalnog pola hemisfere. Gornji zid ovog



Slika 8-4. Potiljačni rog bočne moždane komore



Slika 8-5. Sljepoočni rog bočne moždane komore

roga grade tapetum žuljevitog tijela, rep *nucleus caudatus*-a i *stria terminalis*. Pod gradi unutra hipokampus, čija je ventrikularna površina pokrivena slojem bijele mase nazvanim *alveus*. Prednji dio ove površine hipokampusa grade dva ili tri prstolika ispupčenja (*digitationes hippocampi*), zbog kojih prednji dio hipokampusa liči na stopalo nilskog konja (*pes hippocampi*). Iznad hipokampusa se nalazi horoidna pukotina (*fissura choroidea*), kroz koju u ovaj rog prominira horoidni splet. U spoljašnjem dijelu donjeg zida se paralelno sa hipokampusom pruža duguljasto kolateralno uzvišenje (*eminentia collateralis*), prouzrokovano kolateralnim žlijebom (*sulcus collateralis*). Kolateralno uzvišenje se unazad širi u kolateralni trougao (*trigonum collaterale s. atrium*), koji predstavlja spoj centralnog dijela sa donjim i zadnjim rogom komore – slika 8-5.

Horoidni splet (*plexus choroideus*) bočne moždane komore ima oblik potkvice. Pruža se od međukomornog otvora do prednjeg kraja donjeg roga, tako da se nalazi samo u centralnom dijelu i sljepoočnom rogu, dok ga prednji (čeonni) i zadnji (potiljačni) rog ne sadrže. U predjelu *atrium*-a nalazi se izražena nakupina krvnih sudova horoidnog spleta (*glomus choroideus*).

TREĆA MOŽDANA KOMORA (VENTRICULUS TERTIUS)

Ova komora predstavlja centralnu šupljinu međumozga. Ima oblik uzane, sagitalno postavljene pukotine, koja leži između desnog i lijevog talamusa i hipotalamusa, koji grade njene bočne zidove. Ovi zidovi su međusobno spojeni snopom sive mase (*adhesio interthalamica*) koji prolazi kroz šupljinu komore, postavljen iza međukomornih otvora. Na prednjem gornjem uglu bočnog zida treće moždane komore nalazi se međukomorni otvor (*foramen interventriculare Monroi*), preko koga komuniciraju treća moždana komora i bočna moždana komora odgovarajuće strane.

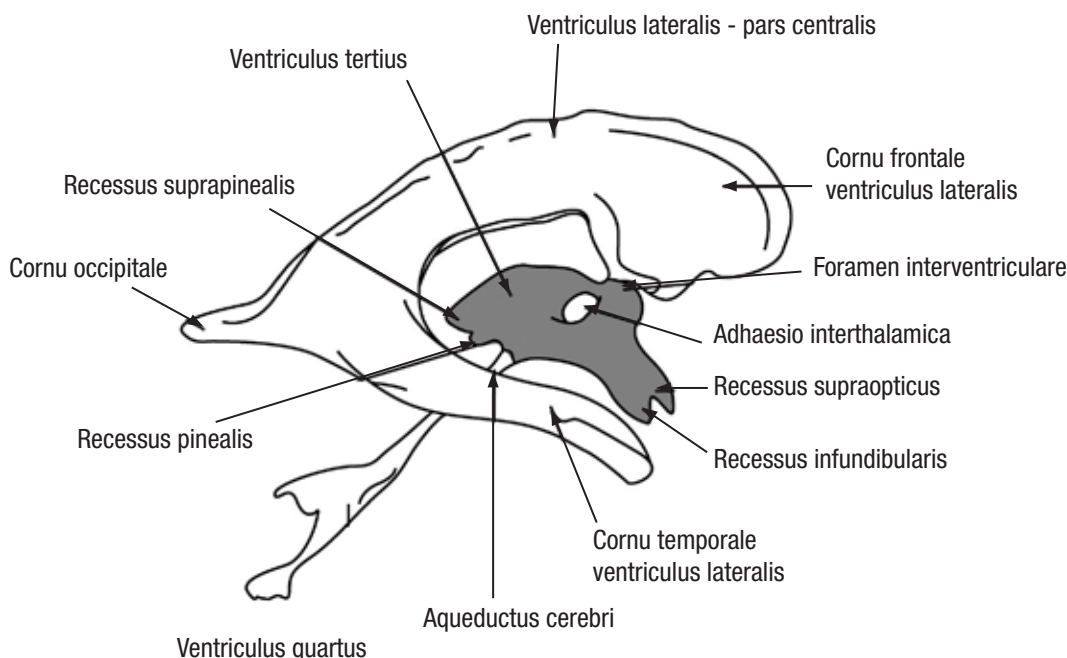
Prednji zid treće moždane komore grade prednja moždana spojnica (*commissura anterior*) i slobodni dio stubova moždanog svoda (*columnae fornicis – pars libera*), između kojih se nalazi trougaoni špag (*recessus triangularis*). Donji dio ovog zida gradi tanka opna (*lamina terminalis*), koja se pruža od kljuna žuljevito tijela (*rostrum corporis callosi*) do optičke hijazme.

Zadnji zid treće moždane komore grade suprapinealni špag (*recessus suprapinealis*), habenularna spojnica (*commissura habenularum*), pinealni špag (*recessus pinealis*), zadnja spojnica (*commissura posterior*) i prednji otvor Sylvijevog akvedukta (*apertura aqueductus cerebri*), pomoću koga komuniciraju treća i četvrta moždana komora.

Gornji zid ove komore gradi tanki epitelijalni list (*lamina tectoria ventriculi tertii*), koji se prostire od stubova moždanog svoda (*columna fornicis*) kaudalno do habenula. Zadebljala spoljašnja ivica ovog lista (*taenia thalami*) pričvršćuje se duž *striae medullaris thalami* i nastavlja niz strukture bočnog zida treće moždane komore. Gornja strana ovog ependimnog sloja srasta sa duplikaturom *piae mater* i tako nastaje *tela choroidea*, koja odvaja treću moždanu komoru od tijela moždanog svoda (*corpus fornicis*). U njoj se nalazi horoidni splet (*plexus choroideus*) treće moždane komore, koji se pruža sa obje strane srednje linije, promini-rajajući u šupljinu komore. Preko interventrikularnih otvora horoidni splet treće moždane komore se nastavlja u horoidni splet bočne moždane komore.

Donji zid treće moždane komore gradi hipotalamus. Naprijed se nalazi optička raskrsnica (*chiasma opticum*), zatim idući unazad slijede: *infundibulum*, *tu-*

ber cinereum, corpora mammillaria, substantia perforata posterior i crura cerebri. Na donjem zidu, u nivou infundibuluma, nalazi se istoimeni špag treće komore (*recessus infundibuli*), dok je na prelazu donjeg u prednji zid supraoptički špag (*recessus supraopticus*) – slika 8-6.



Slika 8-6. Treća moždana komora i kanal srednjeg mozga

KANAL SREDNJEG MOZGA (AQUEDUCTUS CEREBRI SYLVII)

Ovaj trostranoprizmatični kanal predstavlja centralnu šupljinu mezencefalona. Pruža se sagitalno kroz mezencefalon, između njegovog *tectum*-a i *tegmentum*-a, i spaja treću i četvrtu moždanu komoru (slika 8-6). Ne sadrži horoidni splet.

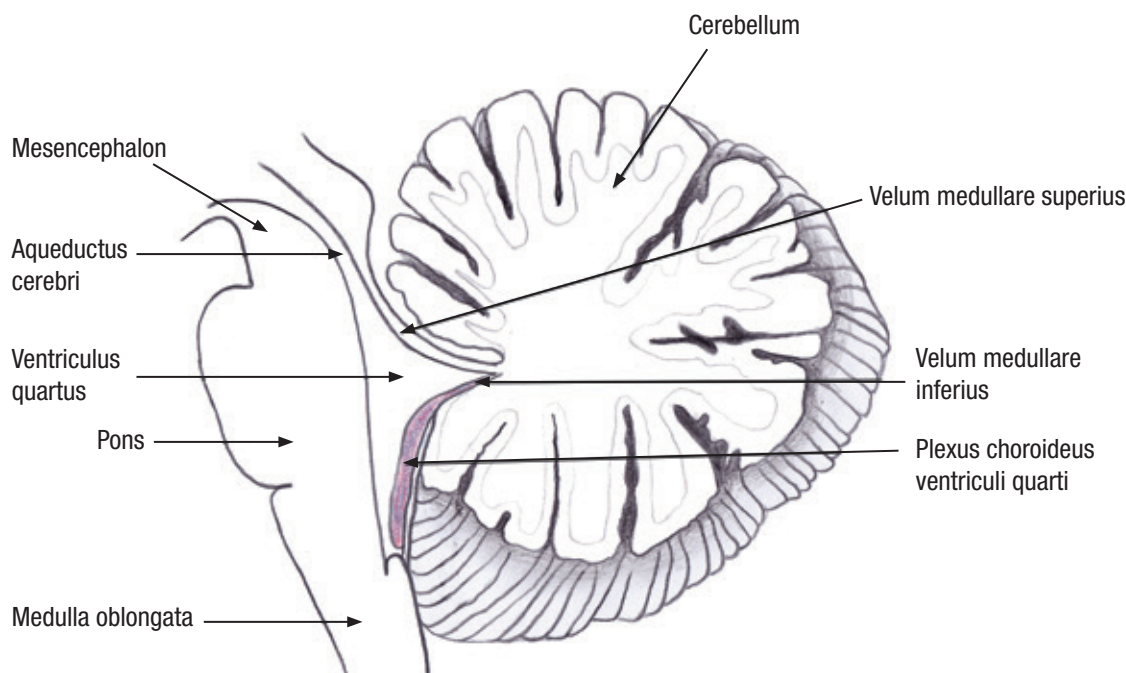
ČETVRTA MOŽDANA KOMORA (VENTRICULUS QUARTUS)

Četvrta moždana komora predstavlja centralnu šupljinu rombencefalona. Složenog je oblika sa rombastim podom i krovom u obliku šatora, što joj na mediosagitalnom presjeku mozga daje trouglast oblik, sa vrhom usmjerenim prema malom mozgu. Nadole se četvrta moždana komora nastavlja centralnim kanalom kičmene moždine, bočno se produžava u bočne špagove (*recessus lateralis ventriculi quarti*), a nagore se sužava u kanal srednjeg mozga (*aqueductus cerebri*).

Njen prednji zid ili pod gradi rombasta jama, koja se nalazi na dorzalnoj strani produžene moždine i moždanog mosta.

Zadnji zid, ili krov četvrte moždane komore, ima rostralni i kaudalni dio. Rostralni dio grade *velum medullare superius* (trouglasta epitelna opna, razapeta između gornjih krakova malog mozga), *fossa cerebelli transversa* i *fastigium* na prednjoj strani malog mozga, te *velum medullare inferius*, pravougaona epitelna opna koja se prema kaudalno postepeno istanjuje. U kaudalnom

dijelu krova ove moždane komore se nalazi trouglasta, tanka endodimalna opna (*lamina tectoria ventriculi quarti*), koja je razapeta između donjih krakova malog mozga. Ova opna, obložena duplikaturom meke moždanice, formira *tela choroidea*, odnosno *plexus choroideus ventriculi quarti* (slika 8-7). Horoidni splet ove komore ima oblik slova T, čija je uzdužna nožica dvostruka i pruža se duž srednje linije. Kod središnjeg otvora četvrte moždane komore dvije nožice usne se spajaju i ulaze u subarahnoidalni prostor. Horizontalni dijelovi spleta se pružaju u bočne špagove i kroz bočne otvore prominiraju u subarahnoidalni prostor.



Slika 8-7. Četvrta moždana komora

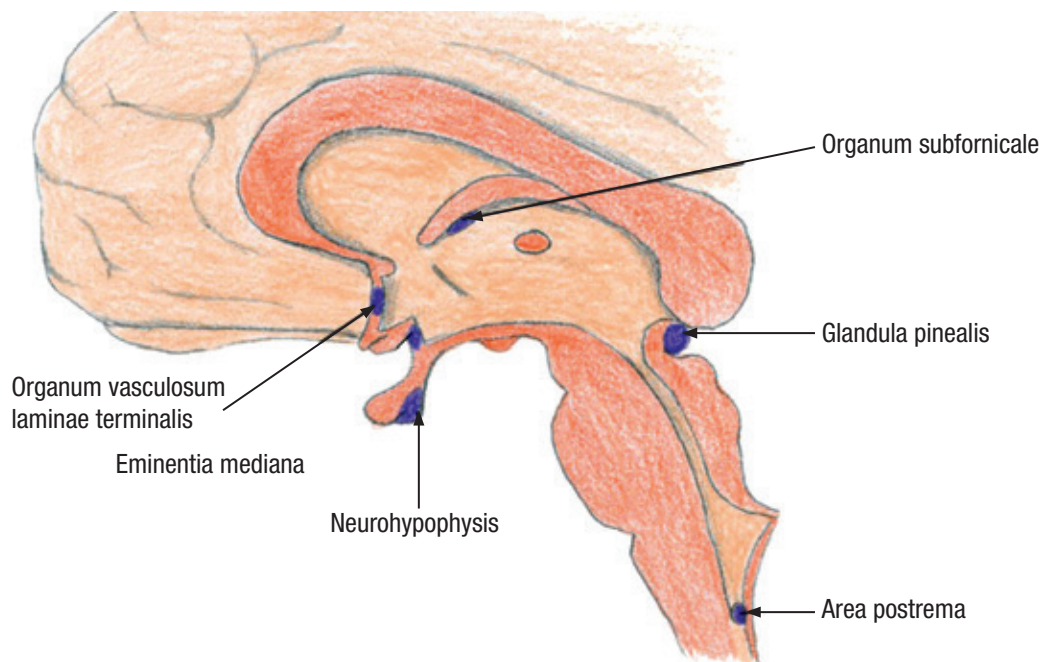
Na donjem dijelu *lamina tectoria ventriculi quarti* nalaze se tri otvora: srednji, neparni otvor (*apertura mediana ventriculi quarti- Magendi*) preko koga četvrta moždana komora komunicira sa cerebelomedularnom cisternom i dva bočna otvora, desni i lijevi (*aperturae laterales ventriculi quarti- Luschka*) preko koga četvrta moždana komora komunicira sa pontocerebelarnom cisternom odgovarajuće strane.

Bočne granice četvrte moždane komore predstavljaju u donjem dijelu dvije kvržice (*tuberculum gracile et tuberculum cuneatum*), zatim donji kraci malog mozga, sve do bočnih otvora, dok su u gornjem dijelu gornji kraci malog mozga. Iza *apertura mediana ventriculi quarti* nalazi se opna obeks (*obex*), koja je razapeta između desnog i lijevog *tuberculum gracile*.

CIRKUMVENTRIKULARNI ORGANI

Cirkumventrikularni organi predstavljaju specijalne, bogato vaskularizovane formacije centralnog nervnog sistema, odgovorne za stalnost sastava likvora i prenošenje informacija između centralnog nervnog sistema i likvora, što je moguće jer ovi organi nemaju klasičnu hematoencefaličnu barijeru. Takođe se smatra da učestvuju u neuroendokrinim interakcijama.

Cirkumventrikularni organi izgrađeni su od specijalizovanog ependima i nalaze se oko zidova treće i četvrte moždane komore. Kod kaudalnog ugla rombaste jame četvrte moždane komore smještena je *area postrema*. Ona je hemoreceptor, osmoreceptor i učestvuje u aktiviranju centra za povraćanje. Uz prednju stranu *comissura-e posterior* smješten je supkomisuralni organ, dok se ventralno od *comissura-e fornicis* nalazi supfornikalni organ, koji učestvuje u regulaciji krvnog pritiska. U prednjem zidu treće moždane komore, u *lamini terminalis*, smješten je *organum vasculosum laminae terminalis*, uključen u regulaciju unosa soli i vode. Osim nabrojanih, u cirkumventrikularne organe još ubrajamo epifizu, *eminentia mediana* hipotalamusa, neurohipofizu i *plexus choroideus* (slika 8-8).



Slika 8-8. Cirkumventrikularni organi

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Oblik ventrikularnog sistema mozga može se vizualizovati pomoću kompjuterizovane tomografije (CT skeniranja), magnetne rezonance (MRI) i ventrikulografije, radiološke tehnike u kojoj se mala količina vazduha ili kiseonik uvodi preko igle u bočnu komoru kroz otvor na lobanji.

Treća moždana komora je uski prostor koji se može opstruisati lokalnim tumorima mozga ili urođenim defektima. Opstrukcija dovodi do prekomjerne akumulacije likvora unutar mozga što izaziva povećan intrakranijalni pritisak. Mjesto opstrukcije može se otkriti ventrikulografijom. Tumori u dnu ove komo-

re dovode do hipotalamusnog sindroma. Uska šupljina komore i njeni recessi su važni za lokalizaciju lezija centralnih dijelova hemisfera jer se manifestuju kao odstupanja od srednje linije.

Otvori na kaudalnom dijelu krova četvrte moždane komore mogu biti začepljen kod Arnold-Chiari malformacije, kada se cerebelarne tonzile pomjeraju naniže kroz *foramen magnum* i mogu dovesti do unutrašnjeg hidrocefalusa. Najčešći tumor u području četvrte moždane komore je meduloblastom, koji nastaje iz slabo diferenciranih primitivnih neuroektodermalnih ćelija.

Stenoza *aqueductus cerebri* se javlja genetski u slučaju atrezije akvedukta ili kao posljedica tumora okolnih struktura koje komprimuju akvedukt. Ona doводи do proširenja i bočne i treće komore sa normalnom četvrtom komorom.

Ventrikulitis je upala endodimalnog sloja moždanih komora. Obično nastaje sekundarno zbog infekcije ili trauma.

Postavljanje ventrikularnog šanta je važna neurohirurška procedura u kojoj se cerebrospinalni likvor iz moždanih komora drenira u druge dijelove tijela kao što je peritonealna šupljina (ventrikuloperitonealni šant).

Zapamtite: Ventrikularni sistem se razvija iz šupljine neuralne cijevi i čine ga četiri povezane šupljine. Centralna šupljina velikog mozga ima po jednu bočnu moždanu komoru u svakoj hemisferi. Treća moždana komora je centralna šupljina međumozga. Nju sa četvrtom komorom, šupljinom rombastog mozga, povezuje *aqueductus cerebri*, centralna šupljina srednjeg mozga. U komorama se nalaze horoidni spletovi koji stvaraju likvor. Cirkumventrikularni organi su specijalizovane moždane strukture koje su bogato vaskularizovane i u kojima nedostaje krvno-moždana barijera.

Pitanja za ponavljanje:

- Zadnji zid ili krov IV moždane komore čine navedene strukture, osim:
 - vellum medullare superius*,
 - fossa cerebelli transversa*,
 - vellum medullare inferius*,
 - lamina tectoria ventriculi IV*,
 - lamina epitheliale*.
- Šta povezuje bočne komore sa trećom moždanom komorom?

- Čeoni rog bočne moždane komore ima:
 - lateralni, gornji, donji i prednji zid,
 - medijalni, gornji, donji i prednji zid,
 - medijalni, lateralni, prednji, donji i gornji zid,
 - medijalni, zadnji, prednji, gornji i donji zid.
- Horoidni splet (*plexus choroideus*) bočne komore nalazi se u:

- a) *pars centralis et cornu temporale,*
 - b) *cornu occipitale et cornu frontale,*
 - c) *pars centralis et cornu occipitale,*
 - d) *cornu temporale et cornu occipitale.*
5. U aktivaciji centra za povraćanje učestvuje:
- a) *foramen interventriculare,*
 - b) *area postrema,*
 - c) *supfornikalni organ,*
 - d) *lamina terminalis.*



Poglavlje 9

VASKULARIZACIJA CENTRALNOG NERVOG SISTEMA	185
<i>prof. dr Zdenka Krivokuća</i>	
ARTERIJE CENTRALNOG NERVOG SISTEMA	185
Arterije mozga	185
<i>A. carotis interna</i>	186
<i>A. cerebri anterior</i>	188
<i>A. cerebri media</i>	189
<i>A. choroidea anterior</i>	191
<i>A. communicans posterior</i>	191
<i>A. vertebralis</i>	191
<i>A. basilaris</i>	192
<i>A. cerebri posterior</i>	192
Arterije kičmene moždine	193
Sistematizacija arterija centralnog nervnog sistema	194
Arterije velikog mozga	194
Arterije malog mozga	194
Arterije moždanog stabla	194
Arterije međumozga	194
Arterije kičmene moždine	195
Kliničke implikacije	195
VENE CENTRALNOG NERVOG SISTEMA	195
Vene mozga	195
Površinske vene mozga	195
Duboke vene mozga	196
<i>V. basalis</i>	196
<i>V. cerebri interna</i>	197
<i>V. cerebri magna Galeni</i>	197
Venski sinusi tvrde moždanice (<i>Sinus durae mater</i>)	197
Gornji sagitalni sinus (<i>sinus sagittalis superior</i>)	198
Donji sagitalni sinus (<i>sinus sagittalis inferior</i>)	198
Pravi sinus (<i>sinus rectus</i>)	198
Poprečni sinus (<i>sinus transversus</i>)	198
Kavernozni sinus (<i>sinus cavernosus</i>)	198
Emisarne vene (<i>Venae emissariae</i>)	198
Diploične vene (<i>Venae diploicae</i>)	198
Vene kičmene moždine (<i>Venae medullae spinalis</i>)	198

Poglavlje 9

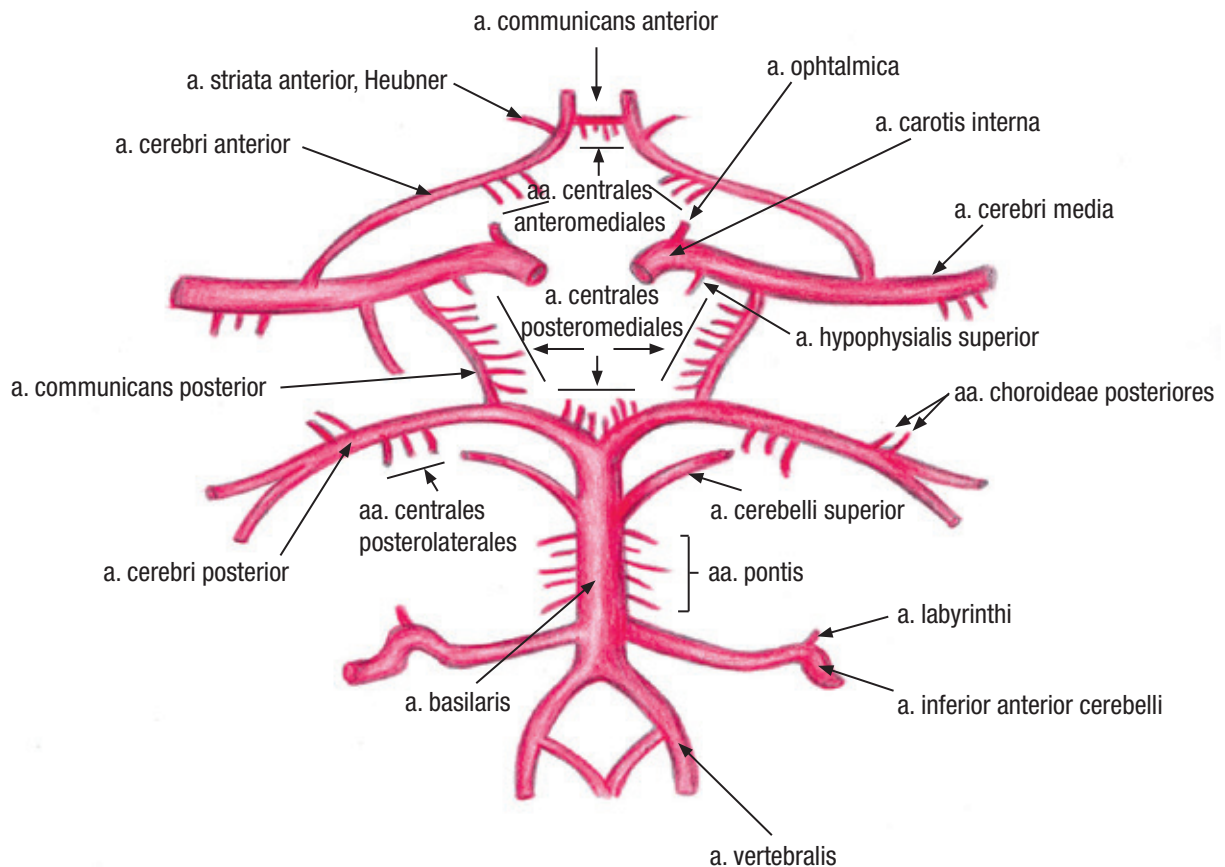
VASKULARIZACIJA CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA

prof. dr Zdenka Krivokuća

ARTERIJE CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA

ARTERIJE MOZGA

U vaskularizaciji mozga učestvuju dva parna arterijska stabla: *a. carotis interna* (desna i lijeva) i *a. vertebralis* (desna i lijeva). Vertebralne arterije spajaju se na bazi mozga i grade *a. basilaris*. Na bazi mozga završne grane bazilarne i karotidnih arterija anastomoziraju se međusobno i grade *circulus arteriosus Willisii*. Od arterijskog kruga polaze bočne grane, koje vaskularizuju moždane strukture na ventralnoj strani mozga (Slika9-1).



Slika 9-1. Arterijski prsten mozga (*circulus arteriosus cerebri* -Willis)

Prednji dio Vilisovog kruga grade sljedeće arterije: završni dijelovi desne i lijeve *a. carotis interna-e*, desna i lijeva, *a. cerebri anterior* i anastomotični sud koji ih spaja (*a. communicans anterior*). Zadnji dio Vilisovog kruga grade završni dio *a. basilaris*, *a. cerebri posterior*, desna i lijeva, i *a. communicans posterior*, desna i lijeva. Willis-ov krug povezuje vertebrobazilarni sistem sa desnim i lijevim karotidnim sistemom. Od arterijskog kruga polaze dvije vrste bočnih grana: centralne i kortikalne. Centralne grane poniru u dubinu moždane mase i učestvuju u vaskularizaciji dubokih struktura. To su: prednje-unutrašnje arterije (*aa. centrales anteromediales*), prednje-spoljašnje arterije (*aa. centrales anterolaterales*), zadnje-unutrašnje arterije (*aa. centrales posteromediales*) i zadnje-spoljašnje arterije (*a. centrales posterolaterales*). Kortikalne grane ulaze u meku moždanicu (*pia mater*), gdje grade arterijski splet sastavljen od sitnih arterija i arteriola.

Moždane arterije daju tri grupe grana: kortikalne (koje vaskularizuju koru i dijelove bijele mase neposredno ispod kore), perforantne (koje prodiru u dubinu ka supkortikalnim sivim masama), i horoidne (koje grade horoidne spletove u moždanim komorama). Arterijska mreža sive mase je veoma gusta, za razliku od arterijske mreže bijele mase, koja je oskudna.

Mada između većih moždanih arterija i njihovih grana postoje jake anastomoze, moždane arterije su terminalni sudovi, jer postojeće anastomoze nisu dovoljne za uspostavljanje kolateralne cirkulacije.

Kako su nervne ćelije osjetljivije na anoksiju od drugih ćelija tijela, adekvatno snabdijevanje krvlju je od izuzetnog značaja za normalno funkcionisanje mozga. Otuda protok krvi kroz mozak iznosi 10% ukupnog protoka u tijelu, mada težina mozga iznosi samo 2% od ukupne tjelesne težine.

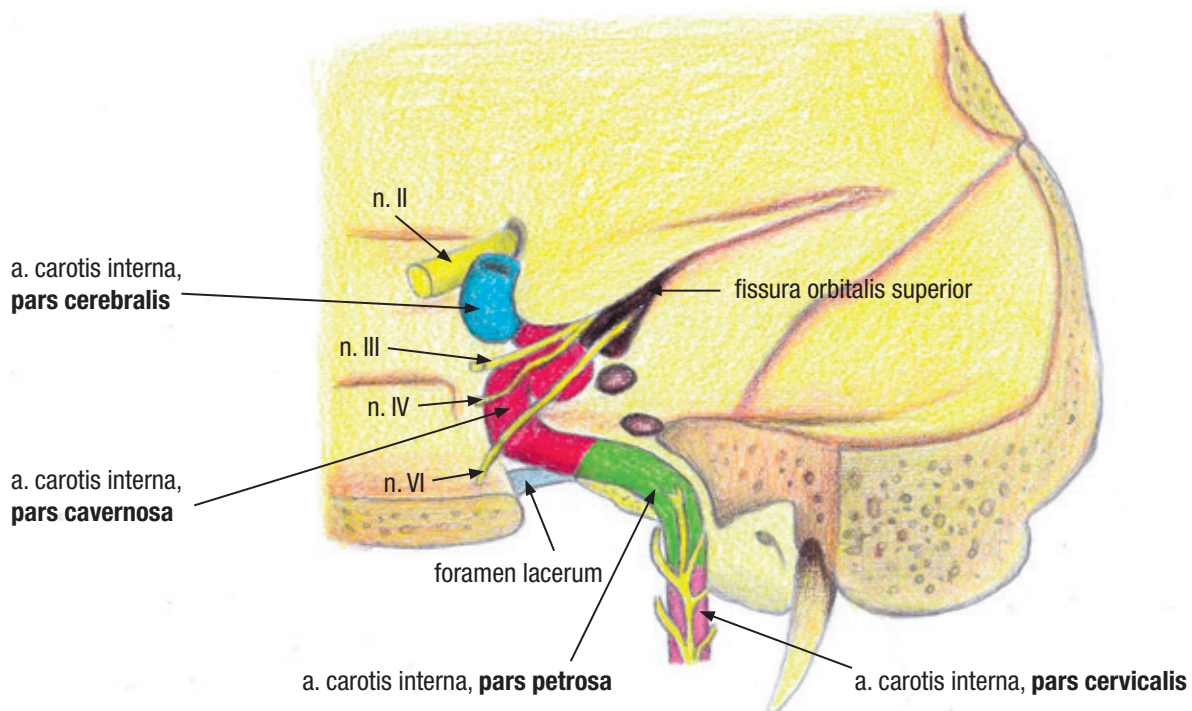
Prekid cirkulacije unutar 5-10 sekundi izaziva gubitak svijesti. Procjenjuje se da poslije 1. minuta dolazi do prekida funkcije neurona, a da za 4 minute nastaju ireverzibilne promjene. Ovi procesi se usporavaju ako se tijelo hladi.

A. carotis interna

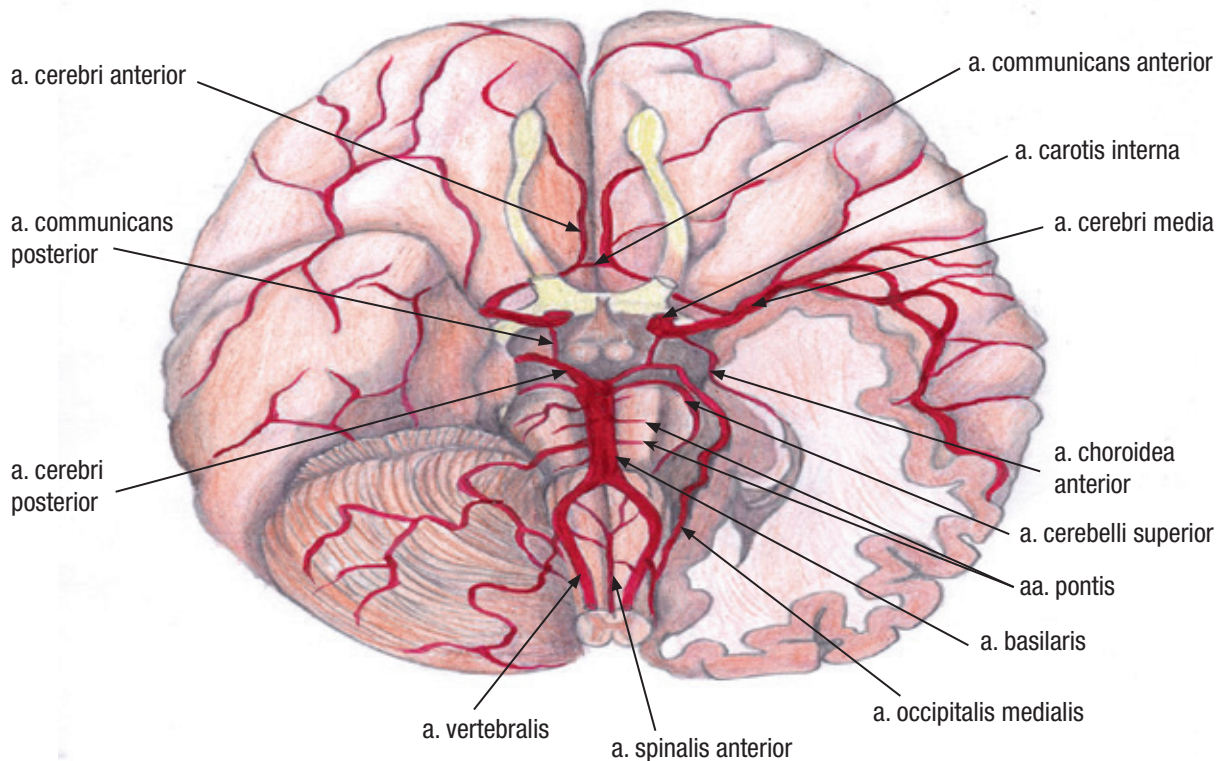
polazi od *a. carotis communis* u visini gornje ivice tiroidne hrskavice grkljana. Cervikalni dio (*pars cervicalis*) *a. carotis internae* pruža se od mjesta nastanka do ulaska u piramidu temporalne kosti, gdje počinje njen kranijalni dio. Na putu kroz lobanju, *a. carotis interna* prolazi kroz karotidni kanal u piramidi temporalne kosti (*pars petrosa*), zatim kroz kavernozi venski sinus (*pars cavernosa*) na bočnoj strani tijela sfenoidalne kosti i završava se u nivou prednjeg klinoidnog nastavka sfenoidalne kosti, gdje daje bočnu granu *a. ophthalmica*-u i četiri završne grane: *a. cerebri anterior*, *a. cerebri media*, *a. choroidea anterior* i *a. comunicans posterior* (*pars cerebri*) (Slika 9-2., Slika 9-3.).

Dijelovi *a. carotis internae*:

- *pars cervicalis*- bez granjanja
- *pars petrosa*- *aa. caroticotympanici*, *a. canalis pterygoidei*
- *pars cavernosa*- *r. meningeus*, *r. sinus cavernosi*, *a. hypophysialis inferior*, *rr. ganglionares trigeminalis*
- *pars cerebri*- *a. ophthalmica*, *a. hypophysialis superior*, *a. choroidea anterior*, *a. cerebri media*, *a. cerebri posterior*, *a. comunicans posterior*.



Slika 9-2. A. carotis interna, dijelovi



Slika 9-3. Prikaz arterija na bazi mozga nakon uklanjanja malog mozga i sljepoočnog režnja s lijeve strane

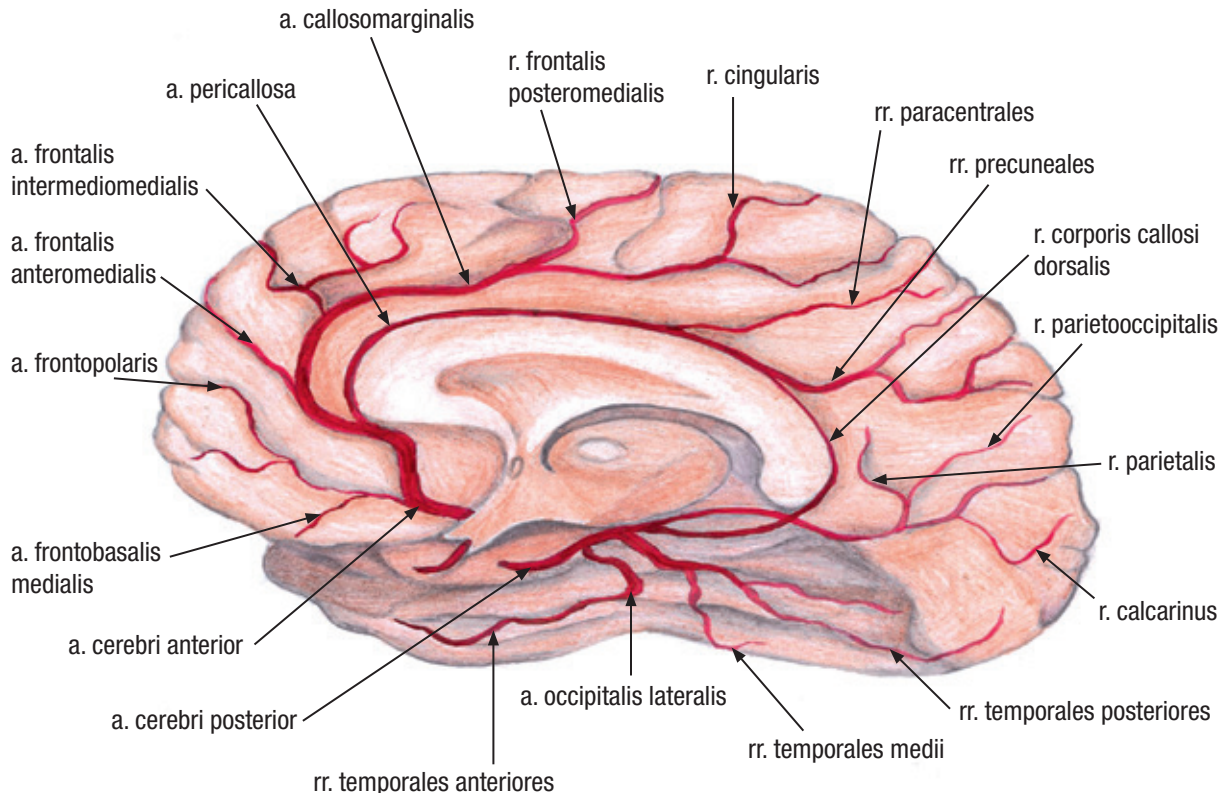
A. cerebri anterior

polazi od *a. carotis internae* u medijalnom dijelu *sulcusa cerebri lateralis*, zatim ide unutrašnjom stranom frontalnog i parijetalnog režnja pružajući se lučno iznad *corpura callosum*-a unazad. Ova arterija vaskularizuje na spoljašnjoj strani hemisfere svojim kortikalnim granama prednji gornji dio čeonog režnja (*asocijacione i koordinacione zone*), na donjoj strani hemisfere *gyrus rectus* i *gyri orbitales*, a na unutrašnjoj strani hemisfere dio iznad *corpura callosum* od čeonog pola do *sulcusa parietooccipitalisa*. Perforantne grane ove arterije vaskularizuju prednji dio *corpura striatum*. Među ovim arterijama najznačajnija je *a. striata anterior* (*Heubneri*), koja vaskularizuje *caput nuclei caudati*, *putamen* i *capsulu internu* (Slika 9-4.).

A. cerebri anterior, kada se odvoji od *a. carotis internae*, usmjerena je unutra i naprijed, pruža se iznad očnog živca (*n. opticus*), zatim leži u žlijebu kaloznog tijela (*sulcus corporis callosi*) na unutrašnjoj strani hemisfere. U početnom dijelu, u visini *laminae terminalis ventriculi III* povezuje se sa istoimenom arterijom suprotne strane, preko kratkog, poprečno postavljenog anastomotičnog suda prednje spojnične arterije (*a. communicans anterior*). Na ovaj način se uspostavlja veza između desne i lijeve unutrašnje karotidne arterije.

Stablo prednje moždane arterije je podijeljeno na prekomunikativni (*pars praecommunicalis*, A1 segment) i postkomunikativni (*pars postcommunicalis*, A2 segment) dio. Granica između ova dva dijela je *a. communicans anterior*.

Od prednjeg, prekomunikativnog dijela *a. cerebri anterior* se odvajaju grane: *aa. centrales anteromediales*, koje svojim granama *aa. striatae mediales proximales*, *a.*



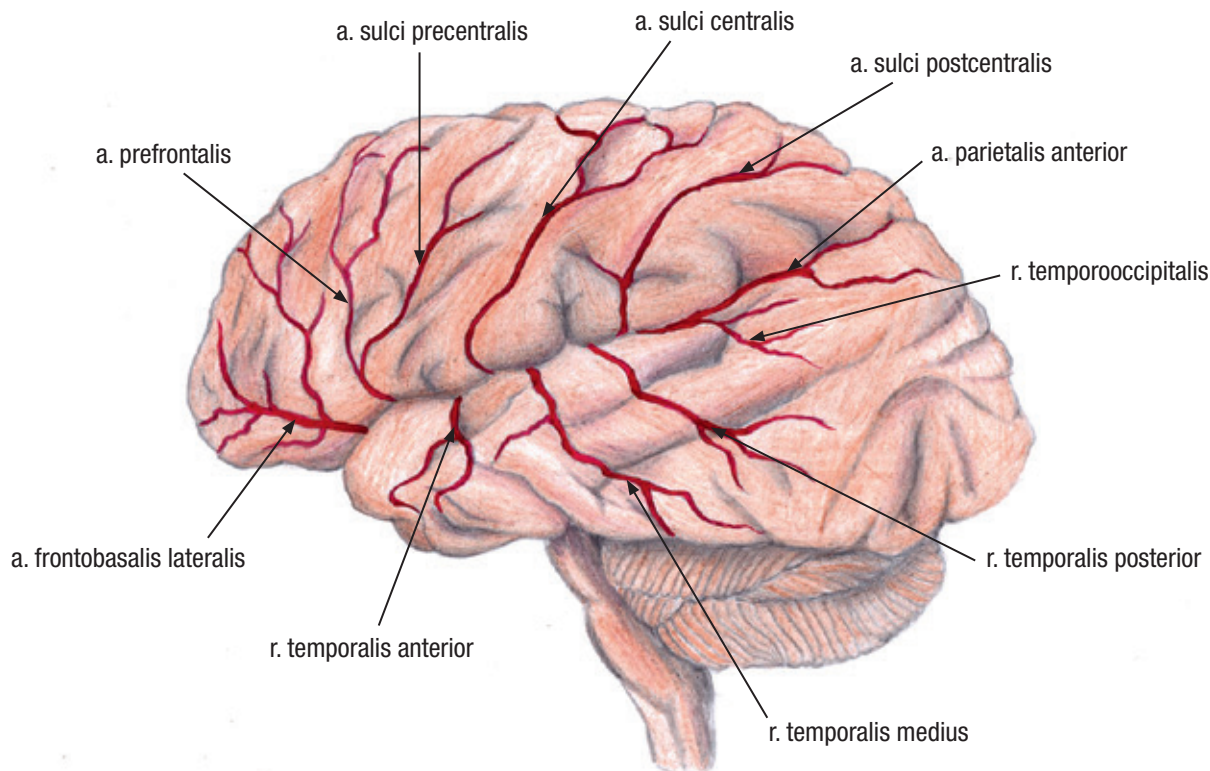
Slika 9-4. Tok arterija, *a. cerebri anterior* i *a. cerebri posterior*

supraoptica, *aa. perforantes anteriores* i *aa. praeopticae* ishranjuju prednje rešetkastu supstancu, gornju stranu optičke raskrsnice i dio hipotalamusa.

Od zadnjeg, postkomunikantnog dijela *a. cerebri anterior* odvajaju se četiri kratke centralne grane (*aa. centrales breves*) i kortikalne grane: *a. frontobasalis medialis*, *a. callosomarginalis*, *a. frontopolaris*, *a. pericallosa*. Donja frontalna arterija (*a. frontobasalis medialis*) vaskularizira donju stranu čeonog režnja. Kalozomarginalna arterija (*a. callosomarginalis*) pruža se kroz kalozni žlijeb (*sulcus corporis callosi*) i daje sljedeće grane: *a. frontalis anteromedialis*, *a. frontalis intermediomedialis*, *r. frontalis posteromedialis*, *r. circularis*, *rr. paracentrales*. Perikalozna arterija (*a. pericallosa*) daje sljedeće grane: *rr. paracentrales*, *rr. praecuneales* i *rr. parietooccipitales*. (Slika 9-4.).

A. cerebri media

je najveća bočna grana *a. carotis interne*. Njen početni dio pruža se od unutrašnje karotidne arterije kroz *fossu lateralis cerebri* do *insule*. Od toga dijela arterije odvajaju se perforantne grane, *aa. lenticulostriatae*, koje vaskularizuju najveći dio supkortikalnih sivih masa (*thalamus*, *globus pallidus*, *nucleus caudatus*, *putamen*) i dio bijele mase (*kapsulu internu*). Spoljašnja perforantna grana nosi naziv *a. haemorrhagiae cerebri* (**Charcot-ova arterija**) jer njeni zidovi često prskaju kod povišenog krvnog pritiska. To dovodi do krvnog izliva i ishemije u predjelu unutrašnje moždane čahure, kroz koju prolaze direktni i indirektni motorni putevi, kao i senzitivni i senzorijski putevi. Završni dio stabla *a. cerebri mediae* leži ispod *operkuluma* i od njega polaze završne grane, koje izlaze na spoljašnju



Slika 9-5. Kortikalni grane *a. cerebri mediae*

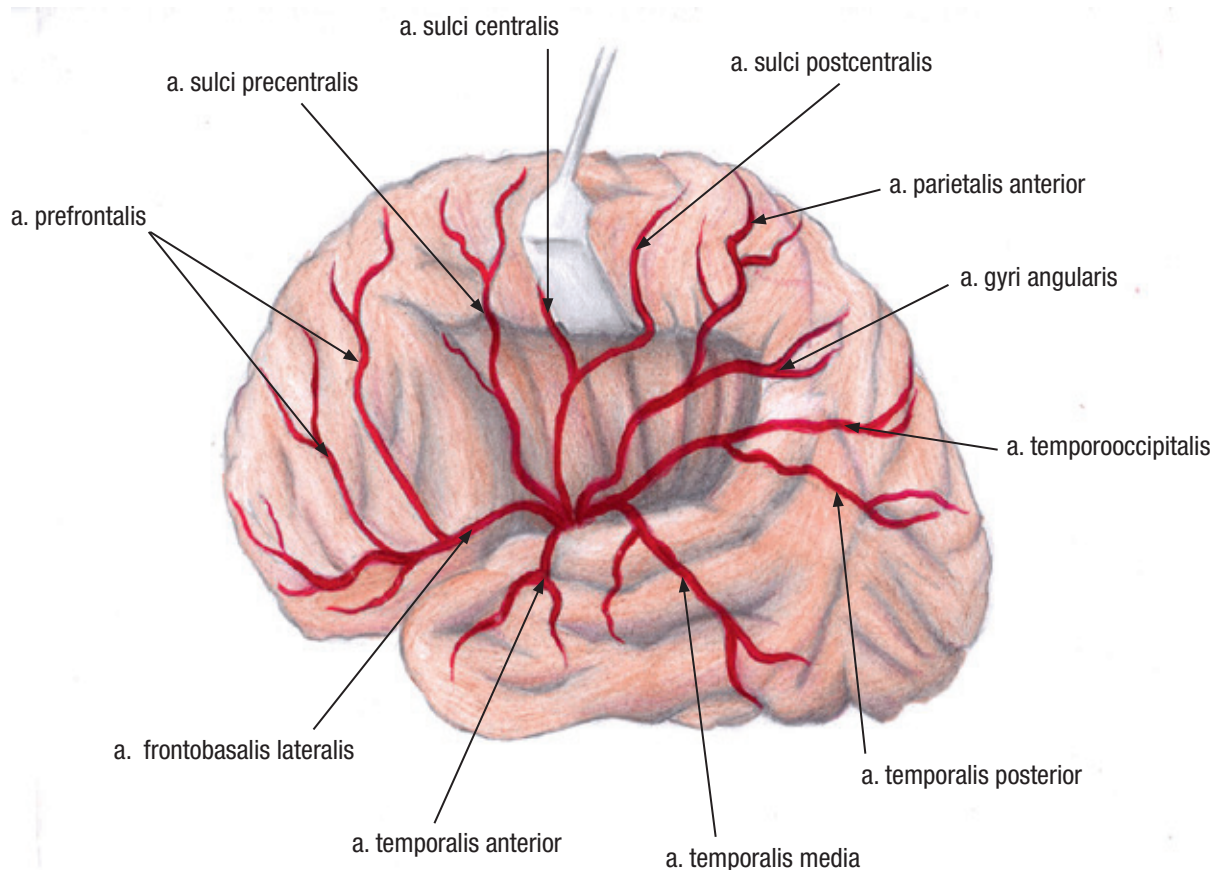
stranu hemisfere kroz *sulcus lateralis cerebri Sylvii*. To su **kortikalne grane** i one vaskularizuju najveći dio preferontalnog korteksa, premotorno polje, Broca-inu oblast, primarnu motornu koru, *gyrus postcentralis*, kao i cijelu spoljašnju stranu parijetalnog i temporalnog režnja i iscrpljuje se u *gyri occipitales laterales*.

Topografski, stablo srednje moždane arterije (*a. cerebri media*) se dijeli na tri segmenta: sfenoidalni, insularni i terminalni (kortikalni).

Sfenoidalni segment (*pars sphenoidalis*, M1 segment) pruža se od početka arterije do praga insule. Od njega se odvajaju 5-8 centralnih, prednjepoljnih arterija (*aa. centrales anterolaterales*, *a. polaris temporalis* i *a. temporalis anterior*).

Insularni dio (*pars insularis*, M2 segment) smješten je u dubini bočnog žlijeba (*sulcus lateralis cerebri*) i od njega se odvajaju sljedeće grane: *aa. insulares*, *r. temporalis anterior*, *r. temporalis medius*, *r. temporalis posterior*, *r. temporooccipitalis*, *r. gyri angularis*, i *a. frontobasalis lateralis*.

Terminalni (kortikalni) segment (*pars terminalis* s. *corticalis*, M3 segment) leži na dubokoj strani čeonog, tjemenog i temporalnog dijela poklopca (*operculum*). Od ovog dijela se odvajaju sljedeće grane: *a. prefrontalis*, *a. sulci centralis*, *a. sulci precentralis*, *a. sulci postcentralis*, *a. parietalis anterior* i *a. parietalis posterior* (Slika 9-5., Slika 9-6.).



Slika 9-6. Tok grana *a. cerebri mediae* u dubini *sulcus lateralis-a*, pogled sa lijeve, lateralne strane

A. choroidea anterior

predstavlja jednu od završnih grana *a. carotis interna-e*. Pruža se upolje i ulazi u bočnu moždanu komoru u predjelu njenog donjeg roga. Daje grane za horoidni splet bočne moždane komore, kao i za *corpus amygdaloideum* i *nucleus caudatus*. Opisuju se dva segmenta ove arterije: subarahnoidalni, smješten u subarahnoidalnom prostoru i pleksusni koji učestvuje u vaskularizaciji horoidalnih spletova treće i bočnih moždanih komora (Slika 9-3.).

Od subarahnoidalnog segmenta stabla prednje horoidalne arterije odvajaju se: *rami tractus optici*, *rami corporis geniculati laterales*, *rami substantiae perforatae anteriores*, *rami tuberis cinerei*, *rami globi pallidi*, *rami capsulae internae*, *rami corporis amygdaloidei*, *rami nuclei gaudati*, *rami substantiae nigrae* i *rami nuclei rubri*. Od pleksusnog segmenta stabla prednje horoidne arterije se odvajaju: *rami choroidei ventriculi tertii*, *rami choroidei ventriculi lateralis*, *rami corporis geniculati laterales*, *rami tractus optici* i *rami nucleorum thalami*.

A. communicans posterior

polazi od završnog dijela *a. carotis interna-e*. Pruža se unazad i unutra i spaja sa *a. cerebri posterior*. Značajnije bočne grane zadnje spojnične arterije su: *ramus chiasmaticus*, *ramus nervi oculomotori*, *ramus hypothalamicus*, *aa. tuberis cinerei*, *ramus nuclei caudati*. (Slika 9-3.)

Preko zadnje spojničke arterije (*a. communicans posterior*) vrši se sagitalno podvezivanje sistema unutrašnje karotidne arterije (*a. carotis internae*) i kičmene arterija (*a. vertebralis*), čija krv se u normalnim slučajevima ne mješa. Njen mali kalibar nije u stanju da obezbijedi kolateralni krvotok kod unilateralnog podvezivanja unutrašnje karotidne arterije. Jedino kod mlađih osoba, zbog elastičnosti njenih zidova, ligatura na unutrašnjoj karotidnoj arteriji ne mora da dovodi do većih funkcionalnih ispada.

A. vertebralis

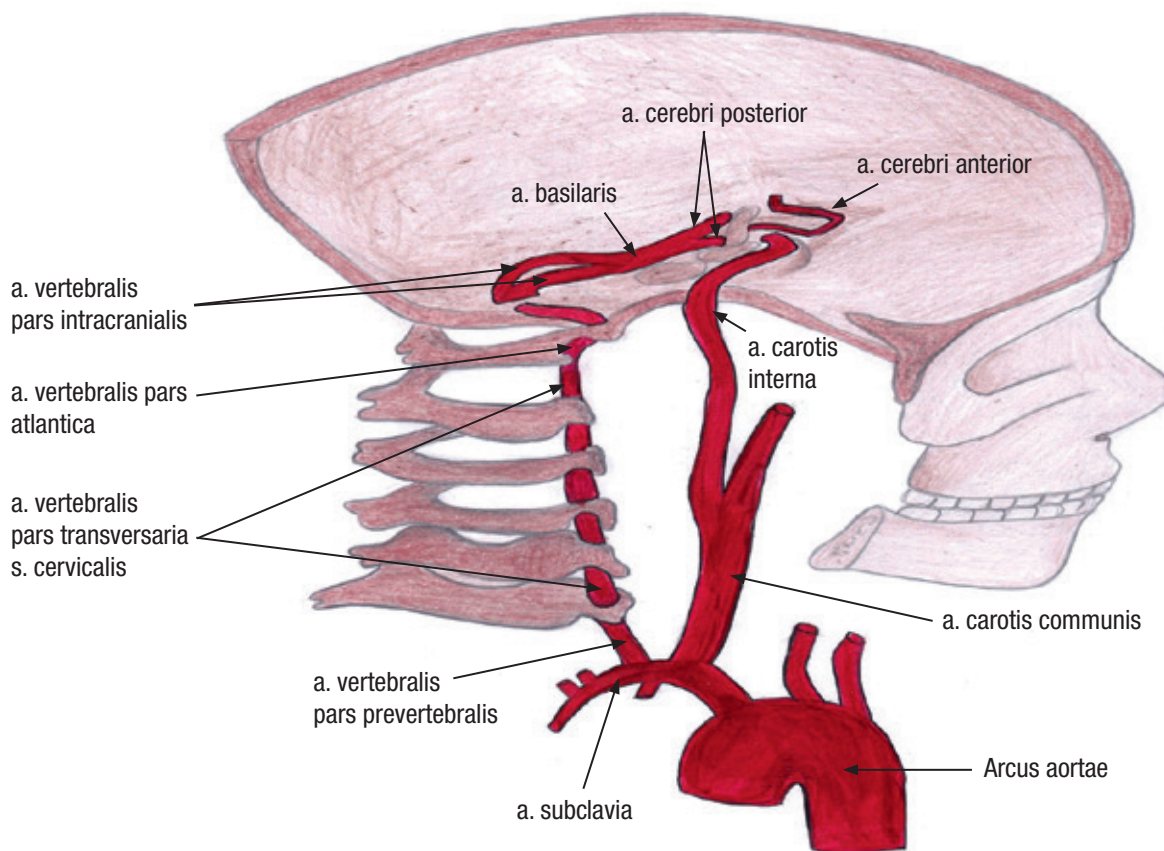
polazi od početnog dijela *a. subclavia-e*. Pruža se naviše prolazeći kroz *foramina transversaria* na poprečnim nastavcima vratnih pršljenova, zatim prolazi kroz *foramen magnum* na potiljačnoj kosti i po ulasku u lobanjsku duplju spaja sa *a. vertebralis* suprotne strane, gradeći sa njom *a. basilaris*. Topografski, stablo kičmene arterije ima 4 dijela: pevertebralni, poprečni ili vratni, atlasni i lobanjski.

Prevertebralni dio (*pars prevertebralis*) (V1) se pruža od nastanka do mjesta ulaska u poprečni nastavak šestog vratnog pršljena.

Poprečni ili vratni dio (*pars transversalia s. cervicalis*) (V2) se pruža kroz otvore poprečnih nastavaka vratnih pršljenova (VI-I). U ovom dijelu se odvajaju sljedeće grane: mišićne (*rr. musculares*), za okolne mišiće i spinalne (*rr. spinales*), koje prate korjenova spinalnih živaca i kroz međupršljenske otvore ulaze u kičmeni kanal gdje ishranjaju korjenove kičmenih živaca, moždane opne i kičmenu moždinu.

Atlasni dio (*pars atlantica*) (V3) odgovara dijelu arterije koji je smješten u žlijebu na zadnjem luku prvog vratnog pršljena (*arcus posterior atlantis*).

Lobanjski dio (*pars intracranialis*) (V4) se pruža od velikog potiljačnog otvora (*foramen magnum*) do spoja sa kičmenom arterijom suprotne strane. *A. vertebralis* svojim granama vaskularizuje kičmenu moždinu (*a. spinalis anterior*, *aa. spinales posteriores*), i mali mozak (*a. cerebelli inferior posterior*) (Slika 9-7.).



Slika 9-7. A. vertebralis, a. basilaris, a. carotis interna

A. basilaris

nastaje spajanjem vertebralnih arterija u visini donje ventralne granice mosta. Pruža se unazad prednjom, ventralnom stranom mosta, gdje se nalazi u istoimenom žlijebu (*sulcus basilaris*) i završava se u nivou *isthmusa rhombencephali* podjelom na desnu i lijevu *a. cerebri posterior* (Slika 9-3.). Bočne grane *a. basilaris* su:

- a. cerebelli inferior anterior*, za vaskularizaciju donje strane malog mozga, nodulus i flokulus malog mozga, kao i bijelu masu malog mozga. Od nje se odvaja arterija unutrašnjeg uha (*a labyrinthi*),
- rami ad pontem*, prodiru u unutrašnjost mosta i ishranjuju medijalne dijelove mosta do nivoa retikularne formacije.
- i a. cerebelli superior*, ishranjuje vermis i dijelove gornje strane malog mozga.

Začepljenja bazilarne arterije su smrtonosna. Začepljenje pojedinih njenih grana dovodi do različite simptomatologija u zavisnosti od grane, mjesta, brzine i stepena začepljenja. Začepljenje završnog dijela bazilarne arterije dovodi do bilateralne homonimne hemianopsije.

A. cerebri posterior

(desna i lijeva) predstavlja završnu granu *a. basilaris*. Pruža se unaprijed i upolje do spoja sa *a. communicans posterior*, zatim obilazi oko mezencefalona, prolazi između *crus cerebri* i *gyrus-a parahippocampalis-a*, i završava kod prednjeg kraja *sulcus-a calcarinusa*. Daje sljedeće bočne grane:

aa. thalamoperforate, koje se međusobno anastomoziraju za razliku od ostalih perforantnih arterija. Ove arterije vaskularizuju ventromedijalni dio talamusa, *corpora mamillaria* hipotalamusa, *crus cerebri* i *colliculus superior* mezencefalona, *substantia nigra* i zadnji krak *capsula-e interna-e*. Horoidne grane vaskularizuju pulvinar talamusa, epitalamus i grade horoidne spletove treće i bočne moždane komore. Bočne grane *a. cerebri posterior* vaskularizuju i zadnji dio medijalne strane hemisfere i donje strane hemisfere, a ponekad i lateralne strane hemisfere (*hyppocampus*, *area-u striata-u*, *gyrus parahyppocampalis*, *gyrus temporalis inferior*, *gyrus occipitotemporalis lateralis* i *medialis*).

Topografski, stablu zadnje moždane artrije se opisuju sljedeći dijelovi: prekomunikantni ili P1 segment i postkomunikantni ili P2 segment ili završni ili kortikalni segment.

Prekomunikantni ili P1 segment (*pars precommunicalis s. segmentum P1*), nalazi se između početka arterije i njegovog spoja sa zadnjom komunikantnom arterijom (*a. communicans posterior*). Od ovog dijela se odvajaju zadnje centralne medijalne grane (*aa. centrales posteromediales*), koje ishranjuju dio talamusa, unutrašnjeg zida treće moždane komore i dio blijedog jedra, dijelove hipotalamusa, suptalamusa, crnu supstancu, retikularnu formaciju srednjeg mozga, jedra III i IV moždanog živca i dio zadnjeg kraka unutrašnje moždane čahure.

Postkomunikantni ili P2 segment (*pars postcommunicalis s. segmentum P2*) pruža se od mjesta spajanja sa zadnjom komunikantnom arterijom do pulvinara talamusa. Od ovog dijela se odvajaju grane za talamus (*rami thalamici*) i zadnje spojne centralne grane (*aa. centrales posterolaterales*). Ove grane su označene kao talamogenikulatne arterije (*a. thalamogeniculatae*) i ishranjuju zadnje dijelove talamusa, krovnu ploču srednjeg mozga, pinealnu žlijezdu i oba koljenasta tijela. Od ovog dijela se odvajaju spoljne i unutrašnje zadnje horoidne arterije (*rami choroidei posteriores mediales et laterales*).

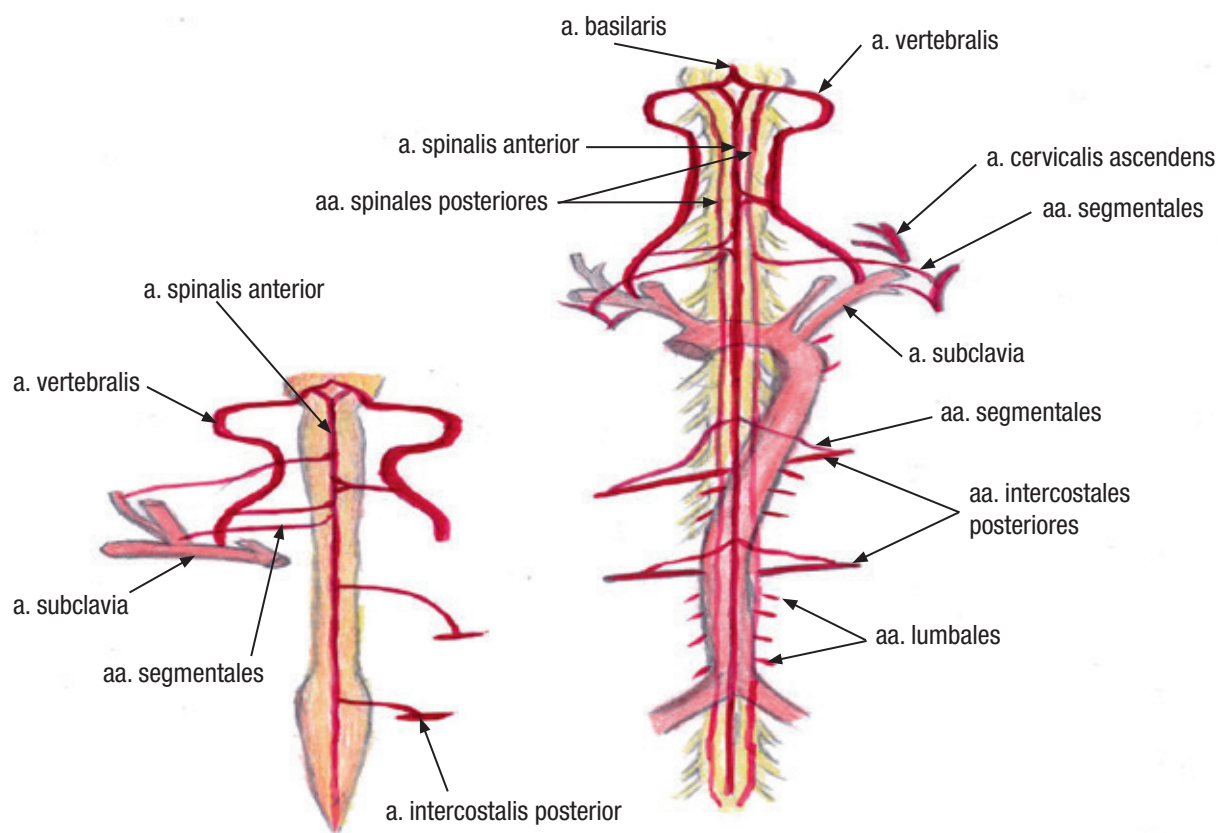
Kortikalni dio daje dva stabla: spoljašnju okcipitalnu arteriju (*a. occipitalis lateralis, segmentum P3*) i unutrašnju okcipitalnu arteriju (*a. occipitalis medialis, segmentum P4*). Od spoljašnje okcipitalne arterije (*a. occipitalis lateralis, segmentum P3*) odvajaju se grane za donju stranu sljepoočnog režnja i donju spoljašnju vijugu na spoljašnjoj strani hemisfere i to su: *rami temporales anteriores*, *rami temporales intermedii*, *rami temporales medii* i *rami temporales posteriores*. Od unutrašnje okcipitalne arterije (*a. occipitalis medialis, segmentum P4*) odvajaju se grane za kalozno tijelo (*r. corporis callosi dorsalis*), za tjemeni režanj (*r. parietalis*), za *gyrus calcarinus* (*r. calcarinus*), tjemeno-potiljačna grana (*r. parietooccipitalis*) i potiljačno-sljepočna grana (*r. occipitotemporalis*) (Slika 9-4.).

ARTERIJE KIČMENE MOŽDINE

Arterije kičmene moždine potiču iz vertebralnih arterija i segmentalnih spinalnih arterija.

Od vertebralnih arterija se odvajaju prednja i zadnja spinalne arterije.

Segmentalne arterije (*rr. spinales*) su grane: kičmene arterije (*a. vertebralis*), duboke vratne arterije (*a. cervicalis profunda*), međurebarnih arterija (*aa. intercostales posteriores*), slabinskih (*aa. lumbales*) i krsnih arterija (*aa. sacrales laterales*) (Slika 9-8.).



Slika 9- 8. Arterije kičmene moždine

SISTEMATIZACIJA
ARTERIJA
CENTRALNOG
NERVNOG SISTEMA

Arterije centralnog nervnog sistema mogu se sistematizovati:

- arterije velikog mozga
- arterije malog mozga
- arterije moždanog stabla
- arterije međumozga
- arterije kičmene moždine

Arterije velikog mozga

su: *a. cerebri anterior*, *a. cerebri media* i *a. cerebri posterior*. Unutrašnju stranu hemisfere vaskularizuje *a. cerebri anterior* i *a. cerebri posterior*. Donju stranu hemisfere ishranjuje *a. cerebri anterior*, *a. cerebri posterior* i djelomično *a. cerebri media*. Gornjespoljašnju stranu hemisfere vaskularizuje *a. cerebri media* i djelomično *a. cerebri anterior* i *a. cerebri posterior*.

Arterije malog mozga

su: *a. cerebelli superior*, *a. cerebelli inferior anterior* i *a. cerebelli inferior posterior*.

Arterije moždanog stabla

su: *a. cerebri anterior*, *a. cerebri posterior*, *a. communicans posterior*, *a. cerebelli superior*, *a. cerebelli inferior posterior*, *a. basilaris* i *a. vertebralis*. Od ovih arterija se odvajaju grane za produženu moždinu, moždani most i srednji mozak.

Arterije međumozga

grane su: *a. cerebri posterior*, *a. communicans posterior* i djelomično *a. cerebri anterior*.

Arterije kičmene
moždine

su: *a. spinalis anterior*, *aa. spinales posteriores* i *rr. spinales*.

KLINIČKE IMPLIKACIJE Kolateralna cirkulacija u mozgu ima veliki klinički značaj i ona zavisi od broja i kalibra anastomoza, koegzistirajuće ateroskleroze, od visine arterijskog pritiska, kao i od brzine kojom se razvija okluzija određene arterije.

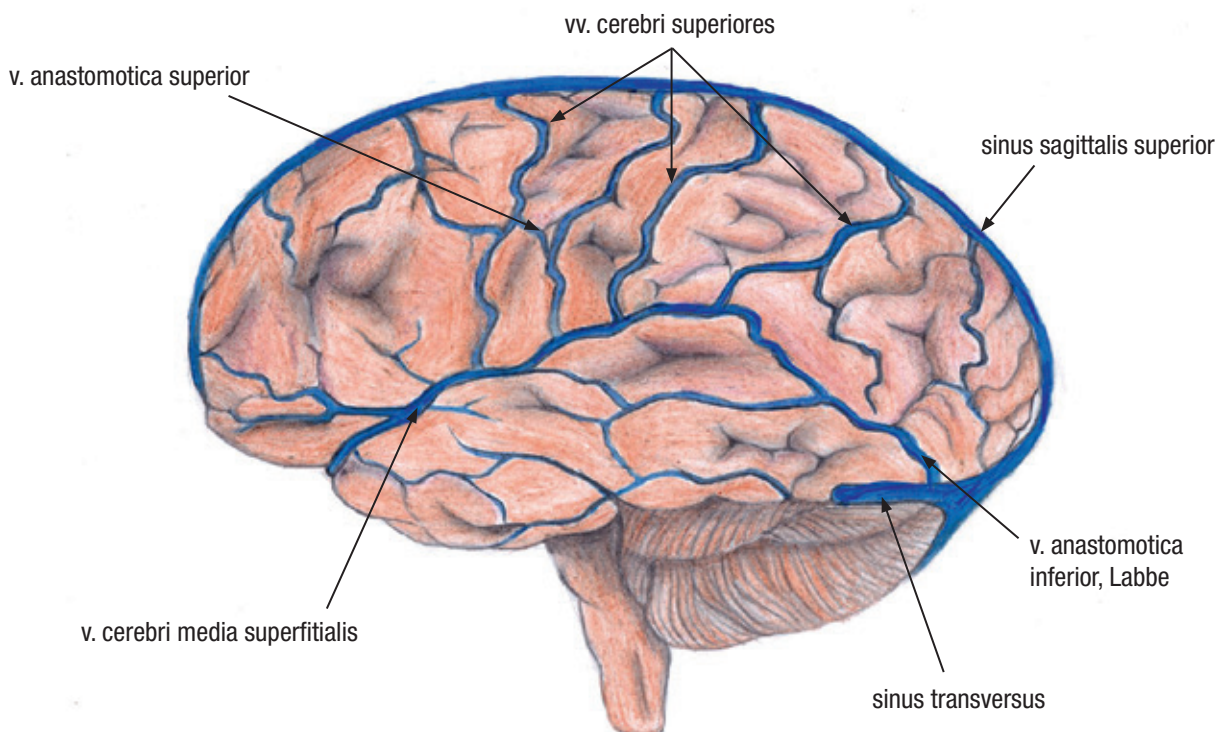
Van lobanjske duplje anastomozuju se bočne grane *a. carotis interna*-e sa granama *a. vertebralis*, zatim grane *a. carotis interna*-e i *a. carotis externa*-e (*pr. u orbiti*). U lobanjskoj duplji anastomozuju se meningealne arterije međusobno, kao i sa granama pojedinih moždanih arterija. Najvažnije su, međutim, anastomoze među susjednim moždanim arterijama, kao i između bočnih grana iste moždane arterije. Anastomoze između perforantnih grana prednje i srednje moždane arterije su veoma rijetke i lokalizovane su oko prednjeg pola hemisfere, i njene gornje ivice, u predjelu parijetalnog režnja i prednjeg dijela okcipitalnog režnja. Anastomoze između srednje i zadnje moždane arterije lokalizovane su u predjelu donje sljepoočne vijuge i zadnje, okcipitalnog pola hemisfere.

VE NE CENTRALNOG NERVENOG SISTEMA Vene centralnog nervnog sistema se dijele na vene mozga i vene kičmene moždine.

VE NE MOZGA

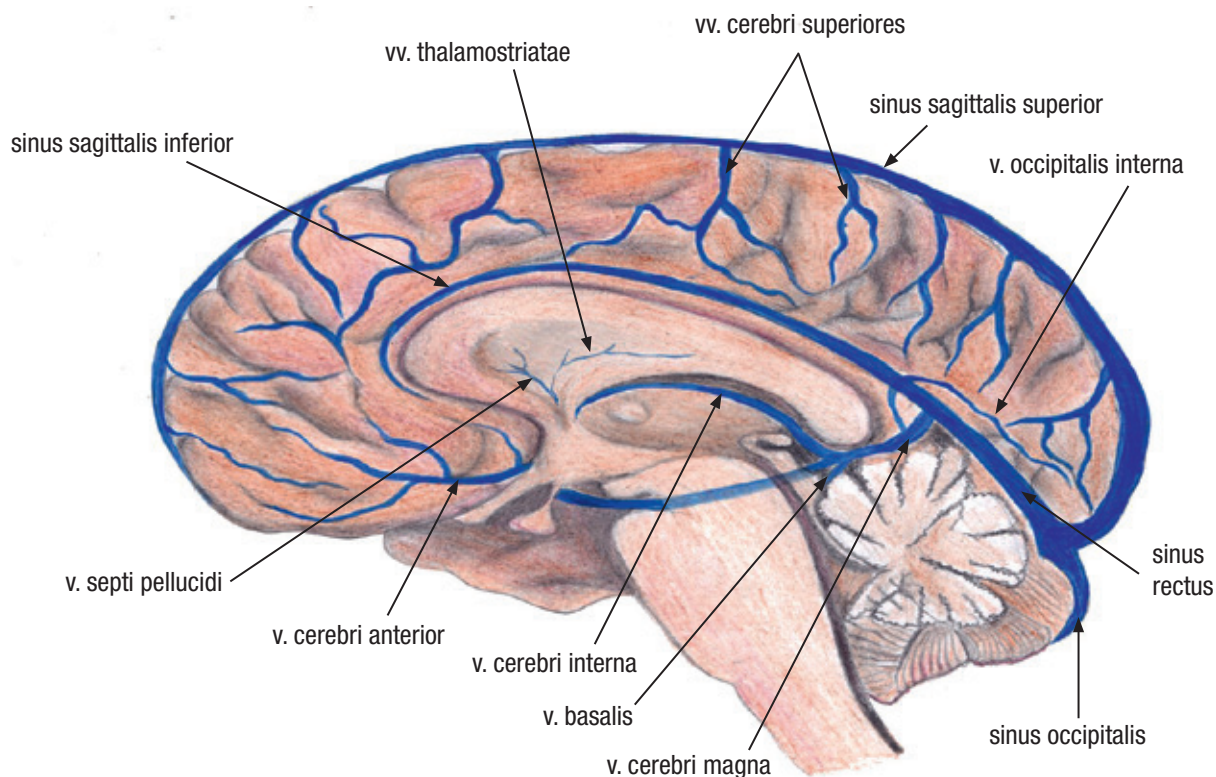
odnose cjelokupnu vensku krv iz mozga u venske sinuse dure mater.

Površinske vene mozga skupljaju krv iz površinskih predjela mozga i pružaju se kroz subarahnoidalni prostor. Površne vene superolateralnog i medijalnog dijela hemisfere (*vv. fron-*



Slika 9-9. Površinske vene mozga, pogled na superolateralnu stranu lijeve hemisfere

tales, vv. parietales, vv. occipitales i vv. perforantes) ulijevaju se u *sinus sagittalis superior*. Površne vene donje strane hemisfere ulijevaju se u *sinus petrosus superior* i *sinus occipitalis*. Među površnim venama najveća i najstalnija je *v. cerebri media superficialis*, koja se pruža kroz Sylvius-ov žlijeb, a ulijeva se u *sinus cavernosus*. Ova vena je značajna jer u njenom sistemu postoji veći broj anastomoza, koje povezuju sistem *v. cerebri mediae superficialis* sa *sinus sagittalis superior*-om (preko *v. anastomotica superior*) i *sinus transversus*-om (preko *v. anastomotica inferior*). (Slika 9-9., Slika 9-10.).



Slika 9-10. Površinske vene mozga, prikaz na mediosagitalnom presjeku mozga

Duboke vene mozga

(Slika 9-11.) sakupljaju krv iz dubokih dijelova hemisfere. Ovdje spadaju bazalna vena (*v. basalis*), velika moždana vena (*v. cerebri magna*) i unutrašnja moždana vena (*v. cerebri interna*). *V. cerebri interna* (desna i lijeva), pruža se duž krova treće moždane komore, skreće unazad i unutra i spaja sa istoimenom venom suprotne strane, gradeći *v. cerebri magna*-u. Pritoke *v. cerebri interna*-e su vene bazalnih ganglija i vene bijele mase hemisfere.

V. basalis

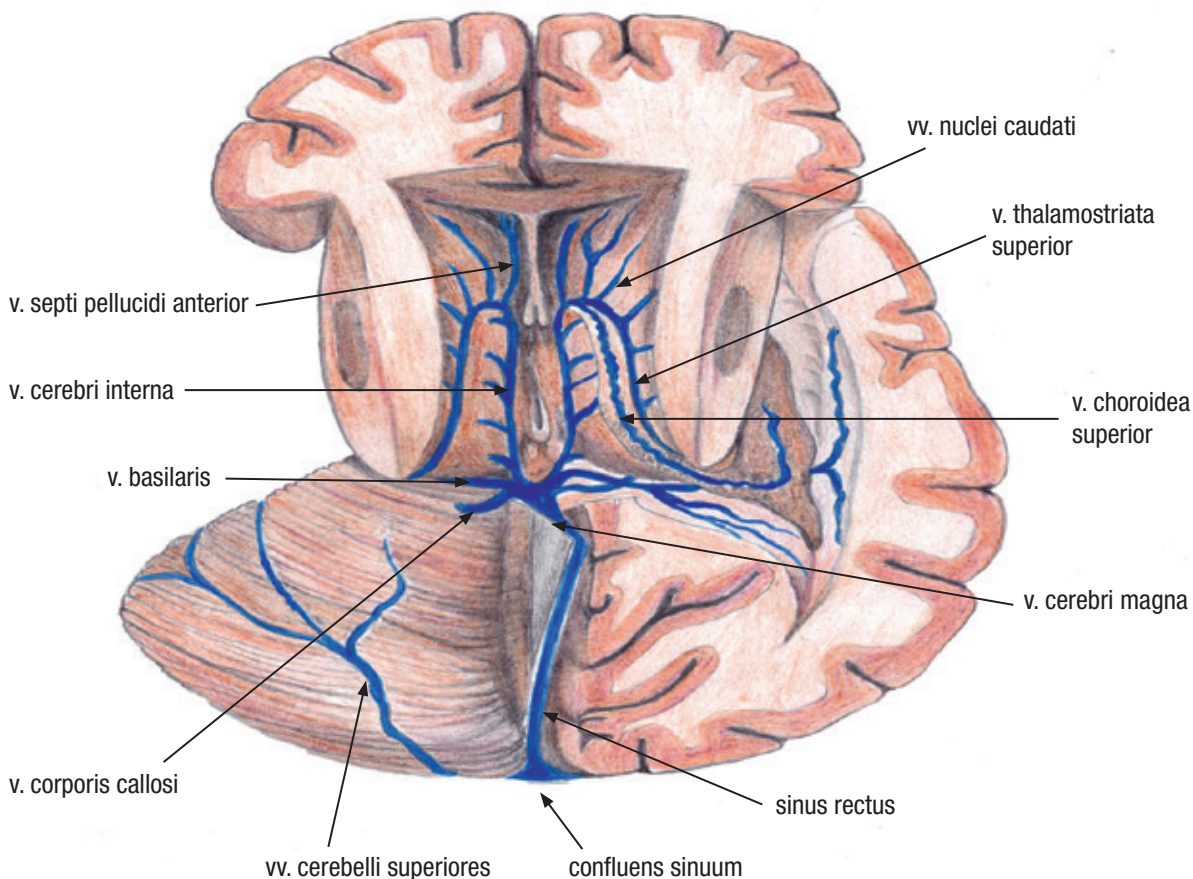
nastaje u visini *substantiae perforata anterior* spajanjem vena: *v. cerebri anterior*, *v. cerebri media profunda* i *v. striata*. Usmjerena je unazad, i pošto prođe iznad *crus cerebri*, ulijeva se u *v. cerebri magnu*. Ova vena sakuplja krv iz rostralnog dijela *corpus-a callosum-a* i bazalnih ganglija, ventralnog dijela talamusa, hipotalamusa, orbitofrontalnog regiona i ventralnog dijela *gyrusa cinguli*.

V. cerebri interna

nastaje u visini međukomornog otvora (*foramen interventriculare*), između bočne i treće moždane komore, prolazi kroz horoidni splet treće komore, probija njen krovni list (*lamina tectoria*) i u predjelu gornjih kolikula (*colliculus superior*), a ispod splenijuma kaloznog tijela (*splenium corporis callosi*), spaja se sa istoimenom venom suprotne hemisfere i obrazuje veliku moždanu venu (*v. cerebri magna*). Njene prитоке su: *v. thalamostriata*, *v. choroidea superior*, *v. epithalamica* i *vv. septi pellucidi anterior et posterior*. U unutrašnju moždanu venu ulijevaju se i duboke vene koje dolaze iz bijele mase zadnjih dijelova potiljačnog i sljepoočnog režnja i vene kaloznog tijela.

V. cerebri magna Galeni

je najveća duboka vena mozga. Nastaje spajanjem desne i lijeve *v. cerebri interna*-e ispod zadnjeg dijela *corpus-a callosum-a* i poslije kratkog puta unazad spaja sa *sinus sagittalis inferior*-om, gradeći sa njim *sinus rectus*. Pritоке Galenove vene su *vv. basales*, *vv. cerebri anteriores*, *vv. corporis callosi* i *vv. occipitales*.



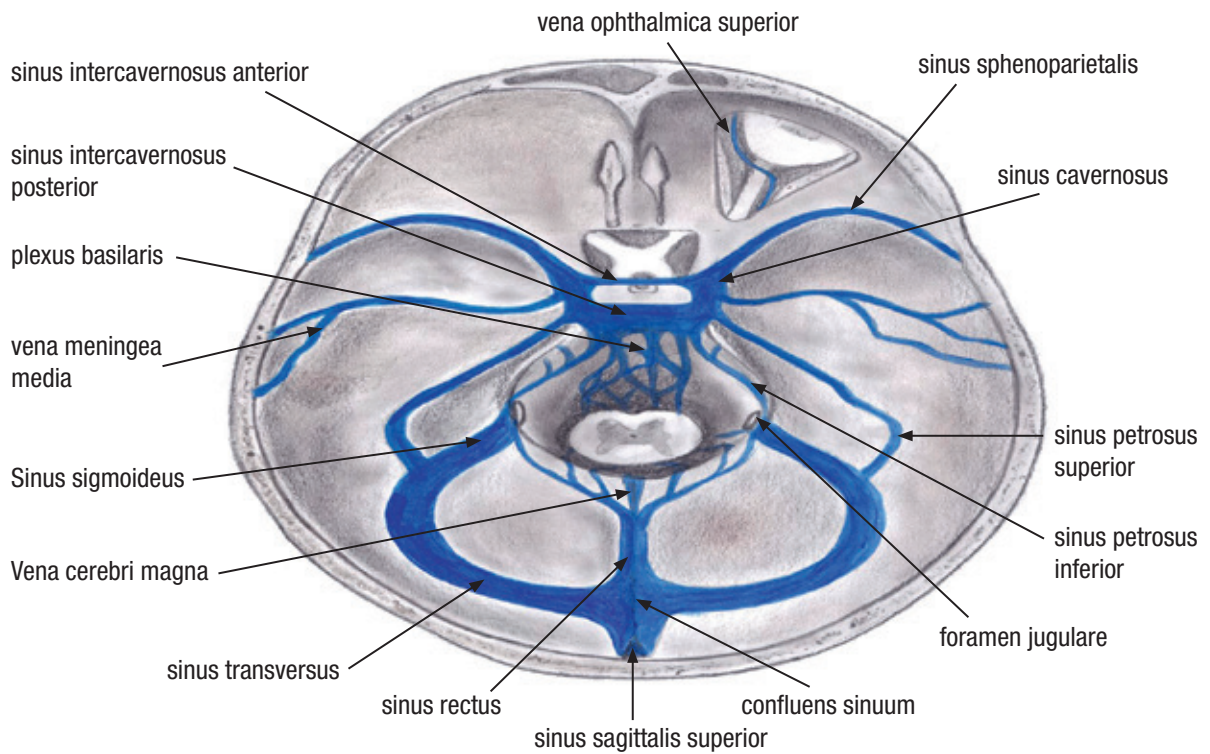
Slika 9-11. Prikaz dubokih vena mozga u horizontalnoj ravnini

Venski sinusi tvrde moždanice (*Sinus durae mater*)

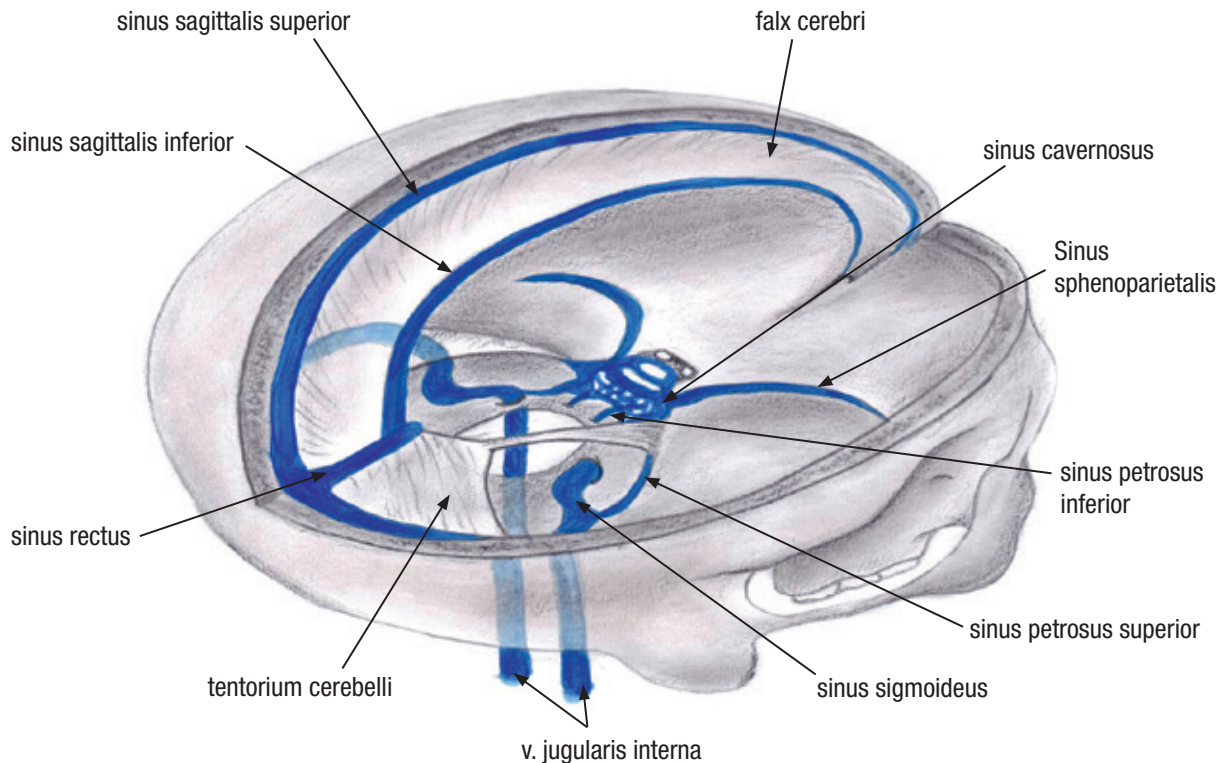
Venski sinusi tvrde moždanice (Slika 9-12., Slika 9-13.) su kanali između dva lista tvrde moždane opne koji nemaju sopstvene zidove i nemaju zaliske. Zato što nemaju zaliske krv može teći u oba pravca. Oni izvedu cjelokupnu krv iz mozga, tvrde moždanice, preko diploičnih vena iz koštanog sistema lobanje i

preko emisarnih vena iz tkiva poglavine. Tu spadaju sljedeći sinusi:

- Gornji sagitalni sinus (sinus sagittalis superior)* nalazi se u gornjoj pripojnoj ivici srpa moždanice (*falx cerebri*). Pruža se od slije-pog otvora (*foramen caecum*) do unutrašnje potiljačne kvrge (*protuberantia occipitalis interna*), gdje skreće desno i nastavlja se poprečnim desnim sinusom (*sinus transversus*), a rjeđe se ulijeva u ušće sinusa (*confluens sinuum*).
- Donji sagitalni sinus (sinus sagittalis inferior)* nalazi se u donjoj ivici srpa tvrde moždanice (*falx cerebri*) i na zadnjem kraju se spaja sa velikom moždanom venom, gradeći pravi sinus (*sinus rectus*).
- Pravi sinus (sinus rectus)* nastaje spajanjem *v. cerebri magna*e i *sinus sagittalis inferior*. Nalazi se pripoju srpa tvrde moždanice i šatora malog mozga (*tentorium cerebelli*). Završava se tako što skreće ulijevo i nastavlja se u lijevi poprečni sinus (*sinus transversus sinister*), a rjeđe se ulijeva u vesno ušće sinusa (*confluens sinuum*).
- Poprečni sinus (sinus transversus)* je paran i nalazi se u zadnjoj ivici šatora malog mozga. Nalazi se u *sulcus*-u *sinus transversi* ljske okcipitalne kosti za koji se pripaja šator malog mozga. Pruža se do zadnjeg kraja piramide gdje mijenja pravac i silazi unutrašnjom stranom mastoidnog nastavka kao sigmoidni sinus (*sinus sigmoideus*).
- Kavernozni sinus (sinus cavernosus)* se nalazi na bočnog strani tijela sfenoidalne kosti. Pruža se od gornje orbitalne pukotine do vrha pitamide temporalne kosti. Sastavljen je od mnogobrojnih supljina obloženih endotelom. Kroz kavernozni sinus prolazi *a. carotis interna* i *n. abducens*. Kroz lateralni zid sinusa, idući odozgo naniže, prolazi: *n. oculomotorius* (n. III), *n. trochlearis* (n.IV), *n. ophtalmicus* (n. V/1) i *n. maxillaris* (n. V/2).
Kavernozni sinus je povezan preko prednjeg međukavernoznog sinusa (*sinus intercavernosus anterior*) i zadnjeg (*sinus intercavernosus posterior*) sa istim sinusom suprotne strane. U kavernozni sinus se ulijeva *v. ophtalmica superior* i kri-lasto-tjemeni sinus (*sinus sphenoparietalis*), koji se nalazi duž zadnje ivice malih krila sfenoidne kosti.
- Emisarne vene (Venae emissariae)* Emisarne vene povezuju venske sinuse tvrde moždane opne sa venama poglavine. To su: *v. emissaria parietalis*, *v. emissaria mastoidea*, *v. emissaria occipitalis*, *v. emissaria condylaris* i splet hipoglosnog nerva (*plexus venosus canalis hypoglossi*).
- Diploične vene (Venae diploicae)* Između spoljašnjeg i unutrašnjeg lista kostiju lobanje su proširenja u kojima su smještene dipoične vene (*venae dipoicae*) To su: *v. diploica frontalis*, *v. diploica temporalis anterior et posterior* i *v. diploica occipitalis*. Ove vene se ulijevaju ili u venske sinuse ili u površne vene.
- VENE KIČMENE MOŽDINE (VENAE MEDULLAE SPINALIS)** Vene kičmene moždine nastaju od dubokuh vena koje obrazuju pijalne spletove. Iz ovih spletove izdvajaju se dvije prednje spinalne vene (*vv. spinales anteriores*) i tri zadnje (*vv. spinales posteriores*). Iz površnih venskih spletova polaze prednje i zadnje spinalne vene (*venae spinales*) koje se ulijevaju u unutrašnje venske spletove kičmenog kanala (*plexus venosus vertebralis internus anterior et posterior*). Iz ovih spletova polaze međupršljenske vene (*vv. intervertebrales*) koje se ulijevaju u međurebarne vene (*vv. intercostales*).



Slika 9-12. Prikaz venskih sinusa mozga na bazi lubanje



Slika 9-13. Prikaz glavnih sinusa dure mater, pogled desno, dorzalno

Poglavlje 10

AUTONOMNI NERVNI SISTEM	201
<i>prof. dr Zlatan Stojanović</i>	
SIMPATIČKI NERVNI SISTEM	201
PARASIMPATIČKI NERVNI SISTEM	202
KLINIČKE IMPLIKACIJE	203

Poglavlje 10

AUTONOMNI NERVNI SISTEM

prof. dr Zlatan Stojanović

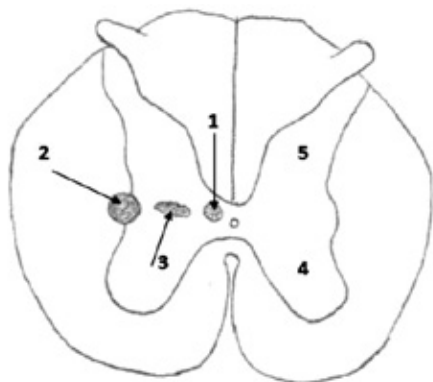
Autonomni, vegetativni ili visceralni nervni sistem (*systema nervosum autonomicum*) funkcioniše uglavnom bez uticaja volje i svijesti, mada ipak stoji pod izvjesnom kontrolom velikog mozga. Ova kontrola može i da se nauči. Ovaj sistem, zajedno sa endokrinim sistemom, reguliše i koordinira rad unutrašnjih organa. Autonomni nervni sistem reguliše i koordiniše one funkcije organizma koje su važne za održavanje života (rad srca, disanje, probava).

Autonomni nervni sistem ima centralni i periferni dio. Centralni dio autonomnog nervnog sistema predstavljaju vegetativni centri koji se nalaze u moždanom stablu i kičmenoj moždini. Periferni dio autonomnog nervnog sistema predstavljaju nervna vlakna, koja ulaze u sastav moždanih i kičmenih živaca, ili grade posebne živce i spletove. Perifernom dijelu autonomnog nervnog sistema pripadaju i vegetativni ganglioni, koji, kao i ostali nervni ganglioni, predstavljaju morfološke nakupine tijela neurona.

U funkcionalnom pogledu vegetativni nervni sistem se dijeli na dva dijela: simpatički (*pars sympathica*) i parasimpatički (*pars parasymphathica*). Možemo reći da simpatikus djeluje ergotropno tj. omogućava organizmu da razvije vanjsku energiju, a da parasimpatikus djeluje trofotropno tj. omogućava organizmu da razvije potencijalnu energiju. Simpatikus reguliše reakcije borbe ili bijega (engl. *fight or flight responses*): ubrzanje rada srca i disanja, širenje zjenica, pojačanje mišićnog tonusa i pojačan katabolizam, pri čemu probava miruje i smanjuje se lučenje urina. Pojačana aktivnost simpatikusa se uočava u toku dana, dok u toku noći preovladava tonus parasimpatikusa.

SIMPATIČKI NERVNI SISTEM

Simpatički centar vegetativnog nervnog sistema (*centrum sympathicum*) nalazi se u bočnim stubovima (*columnae laterales*) sive mase kičmene moždine od osmog vratnog do drugog slabinskog segmenta (C8–L2). Simpatički centar povezan je sa unutrašnjim organima pomoću eferentnih i aferentnih nervnih vlakana, na čijem putu se nalaze ganglioni: paravertebralni ganglioni (nalaze se bočno od kičmenog stuba, koji ulaze u sastav *truncus-a sympathicus-a*), prevertebralni ganglioni (ispred kičmenog stuba, koji ulaze u sastav vegetativnih nervnih spletova npr. *plexus-a coeliacus-a*) i intramuralni ganglioni (koji se nalaze u samim zidovima organa, ili u blizini organa). U spinalnom simpatičkom centru u lamini VII sive mase kičmene moždine po Rexed-u nalaze se preganglijski neuroni grupisani u tri stuba jedara: *nucleus commissuralis dorsalis*, *nucleus intercalatus* i *nucleus intermediolateralis*. *Nucleus commissuralis dorsalis* se nalazi najmedijalnije u blizini centralnog kanala kičmene moždine, lateralno do njega je *nucleus intercalatus*, a sasvim upolje uz površinu boč-



Slika 10-1. Simpatička jedra kičmene moždine (transverzalni presjek torakalnog segmenta):

1. nc. commissuralis dorsalis; 2. nc. intermediolateralis; 3. nc. intercalatus; 4. cornu anterior; 5. cornu posterior

nog stuba kičmene moždine je *nucleus intermediolateralis* (Slika 10-1).

Eferentna vlakna simpatikusa izlaze iz lateralnog stuba kičmene moždine u sastavu motornog (prednjeg) korijena kičmenih živaca (*nervi spinales*). Po izlasku iz motornog korijena, eferentna vlakna formiraju bijelu spojničnu granu (*ramus communicans albus*) i odlaze do vegetativnih gangliona. Pojedina eferentna tj. preganglijska vlakna se prekopčaju u paravertebralnim ganglionima. Vlakna iz ovih gangliona (postganglijska vlakna) ili se pridružuju pojedinim krvnim sudovima i sa njima idu do izvršnog organa, ili se preko sive spojnične grane (*ramus communicans griseus*) ponovo vraćaju u kičmeni živac i putem njega stižu do izvršnog organa. Pojedina eferentna vlakna samo prolaze kroz paravertebralne ganglione da bi stigla do viših ili nižih paravertebralnih gangliona, prevertebralnih gangliona (*ganglia coeliaca, ganglia pelvina*) ili intramuralnih gangliona.

U dijelu simpatičkog centra C8–Th1 nalazi se *centrum ciliospinale* – Budge. Vlakna iz ovog centra prolaze kroz *ganglion cervicothoracicum s. stellatum* (ne prekopčaju se, to su preganglijska vlakna) i odlaze do *ganglion-a cervicale superius* (gornjeg vratnog simpatičkog gangliona), a odatle putem *nervus-a caroticus-a internusa-a* i spleta oko iste arterije i *arteria-e ophthalmica-e* do cilijarnog gangliona.

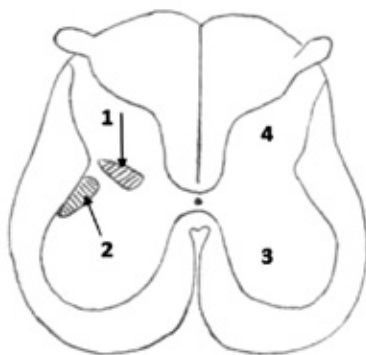
Aferentna simpatička vlakna polaze iz svih dijelova tijela. Senzitivni neuroni simpatikusa se nalaze u spinalnim ganglionima kičmenih živaca. Do njih aferentna simpatička vlakna tj. periferni produžeci neurona stižu putem spinalnih živaca i simpatičkih spletova oko arterija. Aferentna vlakna iz spinalnih ganglija (centralni produžeci neurona) završavaju se u odgovarajućem dijelu spinalnog simpatičkog centra koji je povezan sa višim centrima u hipotalamusu, amigdaloidnom kompleksu i kori velikog mozga.

Parasimpatički centar vegetativnog nervnog sistema nalazi se jednim dijelom u moždanom stablu i predstavljaju ga parasimpatička jedra III moždanog živca (*nucleus accesorius nervi oculomotorii*), VII (*nucleus salivatorius superior*), IX (*nucleus salivatorius inferior*) i X moždanog živca (*nucleus dorsalis nervi vagi*), dok je drugim dijelom smješten u bočnim stubovima (*columnae laterales*) sive mase kičmene moždine od drugog do četvrtog krsnog segmenta (*centrum parasymphaticum sacrale S2–S4*). Parasimpatički centri povezani su sa organima pomoću eferentnih i aferentnih nervnih vlakana, koja ulaze u sastav III, VII, IX i X moždanog živca, kao i u sastav *nervi pelvici s. erigentes*.

U jedrima prethodno pomenutih kranijalnih nerava leže neuroni eferentnih (preganglijskih) vlakana koji putem odgovarajućeg kranijalnog živca dolaze do parasimpatičkih gangliona glave (*ganglion ciliare, ganglion oticum, ganglion pterygopalatinum, ganglion submandibulare*), ali i gangliona vrata, grudnog koša i abdomena (*nervus vagus*).

Krsni parasimpatički centar sadrži preganglijske neurone čiji aksoni putem prednjih korjenova kičmenih živaca i *nervi erigentes* (karlični vagus) odlaze do *ganglia pelvina* i gangliona u zidovima karličnih organa. Krsni parasimpatički centar se sastoji iz dva stuba sive mase: zadnje-unutrašnjeg stuba *zona-e intermedia-e* uz bazu zadnjeg roga kičmene moždine i prednje-soljašnjeg stuba u lateralnom dijelu *zona-e intermedia-e* (Slika 10-2).

PARASIMPATIČKI NERVENI SISTEM



Slika 10-2.

Parasimpatička jedra kičmene moždine (transverzalni presjek sakralnog segmenta):

1. zadnje-unutrašnji stub; prednje-spoljašnji stub; 3. cornu anterior; 4. cornu posterior

Aferentni (viscerosenzitivni) parasimpatički centar u moždanom stablu nalazi se u *nucleus tractus solitarii*. Do ovog centra opšta viscerosenzitivna vlakna dolaze putem centralnih produžetaka *ganglion-a geniculi VII* kranijalnog nerva, *ganglion-a inferius IX* kranijalnog nerva, i *ganglion-a inferius X* kranijalnog nerva. Periferni produžeci *ganglion-a inferius IX* kranijalnog nerva polaze od baroreceptora početnog proširenja *arteria-e carotis interna-e (sinus caroticus-a)* i od hemoreceptorskog tjelašca – karotidnog klube (*glomus caroticum*), a putem Hering-ovog živca (*ramus sinus carotici*). Centralni produžeci neurona *ganglion-a inferius IX* odlaze u *nucleus tractus solitarius*. Do *nucleus tractus solitarii* putem viscerosenzitivne komponente gornjih srčanih grana *nervus-a vagus-a (rami cardiaci cervicales superiores)* dolaze i vlakna iz baroreceptora luka aorte i aortnih tjelašaca. Kod životinja postoji izdvojen viscerosenzitivni *nervus aorticus Cyon (s. Ludwig)* koji se još označava i kao *nervus depressor cordis*. Povišenje arterijskog pritiska isteže baroreceptore, te se aktiviraju mehanizmi za snižavanje arterijskog pritiska (usporavanje srčanog rada i vazodilatacija). Vlakna iz *glomus-a caroticum-a* i aortičnih hemoreceptorskih tjelašaca regulišu respiraciju. Oni reaguju na sniženje parcijalnog pritiska kiseonika u krvi i ubrzavaju disanje. Do *nucleus tractus solitarii* dolaze i vlakna iz glatke muskulature i žlijezda.

Sakralna parasimpatička aferentna vlakna polaze od *ganglion-a spinale S2–S4* spinalnog živca do sakralnog parasimpatičkog centra u kičmenoj moždini (*engl. „gap region” lamine VII između parasimpatičkih stubova jedara*). Periferni produžeci neurona spinalnih gangliona polaze od receptora organa male karlice kao i dijela organa abdomena (dio debelog crijeva).

Preganglijska vlakna i simpatikusa i parasimpatikusa oslobađaju acetilholin na svojim završecima. Na završecima postganglijskih parasimpatičkih vlakana oslobađa se također acetilholin, a na postganglijskim završecima simpatikusa noradrenalin. Postganglijska vlakna simpatikusa za kožu, znojne žlijezde i krvne sudove skeletnih mišića oslobađaju acetilholin. Aferentni viscerosenzitivni neuroni spinalnih ganglija luče glutamat, supstanciju P i dr. Interesantno je spomenuti da preganglijska holinergička vlakna simpatikusa inervišu hromafine ćelije srži nadbubrega, koje zatim luče adrenalin, noradrenalin, i malim dijelom dopamin.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Oštećenjem vlakana iz simpatičkog *centrum-a ciliospinale* u visini *ganglion-a stellatum-a* npr. kod tumora vrha pluća (*Pancoast tumori*) nastaje Horner-ov sindrom (anhidroza – smanjeno lučenje znoja na licu, ptoza – spuštenost gornjeg oćnog kapka kao posljedica paralize gornjeg tarzalnog mišića, mioza – suženje zjenice kao posljedica paralize *musculus-a dilatator-a pupullae*, i enoftalmus – uvućenost oćne jabučice kao posljedica paralize *musculus-a orbitalis-a Müller*).

Pomjereni bol je klinički fenomen kod koga je bol pomjeren od visceralnog organa na površinu tijela. Bol je pomjeren i na udaljeni dio kože koja je inervisana onim segmentima kičmene moždine gdje se organ primarno razvija tokom embriogeneze. Tako npr. bol angine pektoris (bol srca) se osjeća u vratu i lijevom gornjem ekstremitetu jer se srce embriološki razvija u vratnom segmentu, a tek naknadno se spušta u grudni koš. Mehanizam nastanka pomjerenog bola se objašnjava činjenicom da se visceralni bol (bol organa) prenosi putem simpatičkih aferentnih (viscerosenzitivnih) vlakana do spinalnih ganglija onih segmenata kičme-

ne moždine gdje se organ primarno embriološki razvija. U spinalnim ganglionima dolazi do prekopčavanja visceralnih nadražaja na neurone spinotalamičkog puta koji prenosi somatske bolne nadražaje do viših kortikalnih centara. Na ovaj način bol visceralnih organa se pomjera i opaža u onim segmentima kože (dermatomima) i mišićima (miotomima) gdje se organ primarno embriološki razvija.

Pomjereni parijetalni bol potrebno je razlikovati od *prenijetog parijetalnog bola*, koji nastaje kod oboljenja organa širenjem patološkog procesa sa organa na zidove npr. trupa. Ovaj bol je lokalizovan i projektuje se na mjestu gdje se organ topografski nalazi. Npr. pomjereni parijetalni bol kod zapaljenja crvuljka pomjera se na područje epigastrijuma, a prenijeti parijetalni bol se lokalizuje i opaža u desnoj ingvinalnoj regiji abdomena – *fossa iliaca dexter*. Ovaj bol nastaje širenjem patološkog upalnog procesa sa apendiksa na okolni parijetalni peritoneum i zidove abdomena. Pomjereni parijetalni bol prethodi prenijetom parijetalnom bolu.

Sindrom karotidnog sinusa (engl. *carotid sinus hypersensitivity*) je vrsta neurokardiogene sinkope (gubitka svijesti) kod koje minimalni pritisak na karotidni sinus dovodi do periferne vazodilatacije (širenja krvnih sudova) i/ili bradikardije (usporenog srčanog rada) i gubitka svijesti zbog smanjenja protoka krvi kroz mozak. Vezivanje i manipulacija kravatom naročito u situacijama koja pogoduju padu pritiska i smanjenoj oksigenaciji mozga (gužve, tople i zagušljive prostorije) mogu lako da provociraju napad. Jednostavan akt poput brijanja takođe može provocirati napad. Ovaj poremećaj je potrebno razlikovati od *vazovagusne sinkope*, koja predstavlja reakciju autonomnog nervnog sistema na emocionalne nadražaje (strah prilikom izvođenja medicinskih procedura, bol, psihofizički napor u zagušljivim i toplim prostorijama).

Parasimpatička paraliza inervacije mokraćne bešike i rektuma predstavlja još jednu interesantnu kliničku manifestaciju poremećaja autonomnog nervnog sistema. Po oštećenju kičmene moždine distalno od mjesta oštećenja nastaje stanje spinalnog šoka i autonomne funkcije su potpuno suprimirane. Nedostatak aktivnosti nastaje kao posljedica gubitka uzbuđivanja/facilitacije autonomnog nervnog sistema od strane autonomnih centara iznad mjesta oštećenja. Nastaje retencija (zadržavanje urina i gubitak aktivnosti crijeva). Uriniranje i defekacija se obezbjeđuju kateterom i klizmom. Pošto faza spinalnog šoka prolazi nakon nekoliko nedjelja, spinalni autonomni parasimpatički centar se oporavlja i uriniranje postaje češće i automatsko (bez voljne kontrole). Nastupa hiperrefleksija (hipertonični ili hiperrefleksivni mjehur). Ako je direktno oštećen parasimpatički sakralni centar, gubi se refleksna kontrola mjehura. Mokraćni mjehur će se puniti i prepuniti (mlitavi, hipotonični ili hiporefleksivni mjehur). Nastupa i inkontinencija tj. nemogućnost zadržavanja mokraće kao posljedica prepunjenosti (engl. *overflow incontinence*).

Najvažnije: Autonomni nervni sistem reguliše i koordiniše one funkcije organizma koje su važne za održavanje života (rad srca, disanje, probava). Autonomni nervni sistem ima centralni i periferni dio. Centralni dio autonomnog nervnog sistema predstavljaju vegetativni centri koji se nalaze u moždanom stablu i kičmenoj moždini. Periferni dio autonomnog nervnog sistema predstavljaju nervna vlakna, koja ulaze u sastav moždanih i kičmenih živaca, ili grade posebne živce i spletove. Perifernom dijelu autonomnog nervnog sistema pripadaju i vegetativni ganglioni.

U funkcionalnom pogledu vegetativni nervni sistem se dijeli na dva dijela: simpatički (*pars sympathica*) i parasimpatički (*pars parasympathica*). Simpatički centar vegetativnog nervnog sistema (*centrum sympathi-*

cum) nalazi se u bočnim stubovima (*columnae laterales*) sive mase kičmene moždine od osmog vratnog do drugog slabinskog segmenta (C8–L2). U spinalnom simpatičkom centru u lamini VII sive mase kičmene moždine po Rexed-u nalaze se preganglijski neuroni grupisani u tri stuba jedara: *nucleus commissuralis dorsalis*, *nucleus intercalatus* i *nucleus intermediolateralis*. Aferentna simpatička vlakna polaze iz svih dijelova tijela. Senzitivni neuroni simpatikusa se nalaze u spinalnim ganglionima kičmenih živaca. Do njih aferentna simpatička vlakna tj. periferni produžeci neurona stižu putem spinalnih živaca i simpatičkih spletova oko arterija. Aferentna vlakna iz spinalnih ganglija (centralni produžeci neurona) se završavaju u odgovarajućem dijelu spinalnog simpatičkog centra koji je povezan sa višim centrima u hipotalamusu, amigdaloidnom kompleksu i kori velikog mozga.

Parasimpatički centar vegetativnog nervnog sistema nalazi se jednim dijelom u moždanom stablu i predstavljaju ga parasimpatička jedra III moždanog živca (*nucleus accesorius nervi oculomotorii*), VII (*nucleus salivatorius superior*), IX (*nucleus salivatorius inferior*) i X moždanog živca (*nucleus dorsalis nervi vagi*), dok je drugim dijelom smješten u bočnim stubovima (*columnae laterales*) sive mase kičmene moždine od drugog do četvrtog krsnog segmenta (*centrum parasympathicum sacrale S2–S4*). Krsni parasimpatički centar sadrži preganglijske neurone čiji aksoni putem prednjih korjenova kičmenih živaca i *nervi erigentes* (karlični vagus) odlaze do *ganglia pelvina* i ganglionu u zidovima karličnih organa. Krsni parasimpatički centar se sastoji iz dva stuba sive mase: zadnje-unutrašnjeg stuba *zona-e intermedia-e* uz bazu zadnjeg roga kičmene moždine i prednje-soljašnjeg stuba u lateralnom dijelu *zona-e intermedia-e*. Aferentni (viscerosenzitivni) parasimpatički centar u moždanom stablu nalazi se u *nucleus tractus solitarii*. Sakralna parasimpatička aferentna vlakna polaze od *ganglion-a spinale S2–S4* spinalnog živca do sakralnog parasimpatičkog centra u kičmenoj moždini (engl. „gap region“ lamine VII između parasimpatičkih stubova jedara). Periferni produžeci neurona spinalnih ganglionu polaze od receptora organa male karlice kao i dijela organa abdomena (dio debelog crijeva).

Možemo reći da simpatikus djeluje ergotropno tj. omogućava organizmu da razvije vanjsku energiju, a parasimpatikus djeluje trofotropno tj. omogućava organizmu da razvije potencijalnu energiju. Simpatikus reguliše reakcije borbe ili bijega (engl. *fight or flight responses*) i njegova aktivnost je veća u toku dana.

Pitanja za ponavljanje gradiva (autonomni nervni sistem)

- Centralnom dijelu autonomnog nervnog sistema pripadaju vegetativni ganglioni:
 - Da
 - Ne
- Preganglijski simpatički neuroni leže u sljedećim jedrima: a) *nucleus intermediolateralis*, *nucleus intercalatus*, *nucleus commissuralis dorsalis*, b) *nucleus intermediolateralis*, *nucleus commissuralis ventralis*, c) *nucleus dorsalis*, *nucleus proprius dorsalis*.
- U kojem segmentu simpatičkog centra kičmene moždine se nalazi *centrum ciliospinale* – Budge? _____
- Parasimpatički centri leže u: a) parasimpatičkim jedrima III, VII, IX, i X kranijalnog nerva i bočnim stubovima sive mase kičmene moždine od S2 do S4 segmenta, b) parasimpatičkim jedrima III, VII, IX, i X kranijalnog nerva i bočnim stubovima sive mase kičmene moždine od C8 do L2 segmenta, c) parasimpatičkim jedrima IX i X kranijalnog nerva i bočnim stubovima sive mase kičmene moždine od C8 do Th9 segmenta.
- Aferentni viscerosenzitivni parasimpatički centar u moždanom stablu nalazi se u: a) *nucleus spinalis nervi trigeminalis*, b) *nucleus accesorius nervi oculomotorii*, b) *nucleus tractus solitarii*.
- Glavni neurotransmiter eferenog dijela parasimpatičkog nervnog sistema je: _____.
- Postganglijska vlakna simpatičkog nervnog sistema za kožu, znojne žlijezde i krvne sudove skeletnih mišića oslobađa sljedeći neurotransmiter: a) glutamat, b) acetilholin, c) noradrenalin.

Poglavlje 11

NEUROMEDIJATORI	207
<i>prof. dr Tatjana Bućma</i>	
ACETILHOLIN (ACH)	209
KATEHOLAMINI.....	210
Dopamin.....	210
Noradrenalin i adrenalin	210
SEROTONIN	211
Y-AMINOBUKTERNA KISELINA – GABA	212
GLUTAMAT I ASPARTAT	212
NEUROPEPTIDI	212

Poglavlje 11

NEUROMEDIJATORI

prof. dr Tatjana Bućma

Neuromedijatori predstavljaju primarne glasnike koji se vezuju za odgovarajuće receptore i preko kojih, poslije njihove aktivacije, ostvaruju različite ćelijske efekte. Djelovanje može biti direktno (preko jonskih kanala) ili indirektno (preko sekundarnog glasnika).

Dijele se na: neurotransmitere, neuromodule i neurohormone.

Neurotransmiteri su supstance koje se iz presinaptičkog neurona nakon stimulacije brzo oslobađaju u sinaptičku pukotinu i po vezivanju za postsinaptičke receptore uzrokuju ekscitaciju ili inhibiciju neurona.

Kriterijumi da bi neka supstanca bila svrstana u neurotransmiter jesu:

- mora se nalaziti u presinaptičkim završecima, deponovana u sinaptičkim vezikulama,
- u presinaptičkim završecima mora postojati enzim i prekursor neophodan za sintezu neurotransmitera,
- neophodno je postojanje sistema za inaktivaciju neurotransmitera razgradnjom i/ili preuzimanje iz sinaptičke pukotine nazad u presinaptički završetak,
- poslije električne stimulacije presinaptičkog neurona, neurotransmiter mora da se oslobodi u sinaptičku pukotinu i izazove specifičan fiziološki efekat,
- neophodno je da supstanca, koja se smatra neurotransmiterom, pri egzogenoj aplikaciji na postsinaptički završetak izazove iste fiziološke efekte kao i pri nervnoj stimulaciji,
- efekti neurotransmitera moraju biti srazmjerno suprimirani u zavisnosti od doze primijenjenog kompetitivnog antagonista.

Neuromodulatori su supstance koje moraju ispunjavati iste kriterijume kao i neurotransmiteri, a razlikuju se od neurotransmitera samo po efektima koje uzrokuju. Njihovo dejstvo se ogleda u modulaciji neurotransmiterima uzrokovanih specifičnih ćelijskih odgovora.

Neurohormoni su takođe neuromedijatori koji su proizvod neurona. Ime su dobili po svom oslobađanju u krvotok, mada se pokazalo da ove supstance u CNS-u takođe mogu da djeluju u sklopu sinaptičke transmisije.

Jedan određeni neuromedijator može igrati ulogu neurotransmitera, neuromodulatora i neurohormona.

Postoje dva tipa molekula neurotransmitera, veliki i mali. Neurotransmiteri malih molekula nose naziv klasični neurotransmiteri, dok su neurotransmiteri velikih molekula peptidi. Neurotransmiteri malih molekula sintetizuju se u citoplazmi završnog čvorića, gdje se pakuju u sinaptičke mjehuriće ili vezikule. Pohranjuju se uz presinaptičku membranu. Peptidni neurotransmiteri sinteti-

ziraju se u citoplazmi tijela nervne ćelije, pakuju u vezikule i transportuju do završnih čvorića i ne nakupljaju se tako blizu presinaptičke membrane. Završni čvorić sadrži vezikule dviju veličina, što znači da sadrži različite neurotransitere, peptidni neurotransmitter u velikim vezikulama i klasični neurotransmitter u malim vezikulama. To je dokaz da neuroni sadrže dva neurotransmitera, što se naziva koegzistencija.

Neurotransmiteri se u sinaptičku pukotinu oslobađaju procesom egzocitoze. Nakon što pristigne nervni impuls, voltažni kanali za jone Ca^{++} se otvaraju, joni Ca^{++} ulaze u završni čvorić. Nakon toga, vezikule sa neurotransmiterima se vežu za presinaptičku membranu i oslobađaju u sinaptičku pukotinu. Ovako oslobođen neurotransmitter vezuje se za receptore postsinaptičke membrane. Većina neurotransmitera se vezuje za različite receptore, te se grupe različitih receptora za koje se vezuje isti neurotransmitter zovu receptorni podtipovi za jedan neurotransmitter. Receptori na postsinaptičkoj membrani mogu biti jonotropni i metabotropni receptori. Prvi su vezani sa jonskim kanalima, dok su drugi sa signalnim proteinima i G-proteinima. Ovako vezani neurotransmiteri pokreću procese ekscitacije ili inhibicije, od čijeg odnosa će zavisiti da li će naredna nervna ćelija biti aktivirana ili inhibirana.

Tabela 11-1. Hemijska podjela neuromedijatora

Esteri
Acetilholin – na neuromuskularnim sinapsama, sinapse autonomnog nervnog sistema
Biogeni amini
a) Monoamini <ul style="list-style-type: none"> - monoamini sa benzenskim prstenom: kateholamini (dopamin, noradrenalin, adrenalin, oktopamin) i ostali monoamini sa benzenskim prstenom (β-fenietilamin), - monoamini sa indolnom grupom: serotonin, melatonin, - monoamini sa imidazolnom grupom: histamin
b) Poliamini: putrescin, spermin, spermidin
Aminokiseline
a) Monokarboksilne aminokiseline <ul style="list-style-type: none"> γ-aminobuterna kiselina – GABA – najčešći inhibirajući NT, glicin, β-alanin, taurin, serin, prolin
b) Dikarboksilne aminokiseline <ul style="list-style-type: none"> glutamat – najčešći ekscitatorni neurotransmitter, aspartat
Peptidi
a) Opioidni peptidi <ul style="list-style-type: none"> - produkti proopiomelanokortina (β-endorfin, γ-endorfin, α-endorfin) - produkti proenkefalina A (met-enkefalin, leu-enkefalin, heptapeptid, oktapeptid, peptid E), - produkti prodinorfina (α-neoendorfin, β-neoendorfin, dinorfinA-(1-17), dinorfin A-(1-8), dinorfin B-(1-29), dinorfin B-(1-13).
b) Enterocerebralni peptidi <ul style="list-style-type: none"> - supstanca P, holecistokinin, somatostatin, vazoaktivni intestinalni peptidi, neurotenzin, neuropeptid Y)
c) Hipotalamo-hipofizni peptidi <ul style="list-style-type: none"> - hipotalamusni peptidi (rilizing hormon kortikotropina, rilizing hormon tireotropina, somatokrinin, somatostatin, rilizin hormon gonadotropnog hormona) - hipofizni peptidi (vazopresin, oksitocin, kortikotropin, α-, β-, i γ- melanocyte – stimulišući hormon)
d) Ostali peptidi <ul style="list-style-type: none"> - peptid induktor delta spavanja, angiotenzin II, galanin

Nukleozidi i nukleotidi

adenozin, adenozin-trifosfat

Eikosanoidi

- a) Prostaglandini (prostaglandin D₂, prostaglandin E₂, prostaglandini F_{2α}),
- b) leukotrieni (leukotrien C₄, leukotrien D₄)

(Preuzeto: Paunović V. R., Babinski T. *Biološka psihijatrija 1. Medicinski fakultet. Beograd, 1995*)

Mehanizmi kojima se inaktiviraju oslobođeni neurotransmiteri su: difuzijom u okolnu tečnost, razaranjem u samoj pukotini (acetil-holin i holinesteraza) ili aktivnim prenosom nazad u presinaptički završetak – ponovno preuzimanje transmitera.

Azotni oksid i ugljični monoksid – proizvode se u citoplazmi ćelije – prolaze difuzijom kroz ćelijsku membranu, liposolubni su, pospješuju sintezu drugog glasnika.

ACETILHOLIN (ACH)

Acetilholin je neurotransmiter koji se sintetiše iz acetil koenzima A i holina pod dejstvom holin-acetiltransferaze i uglavnom je ekscitatorni neurotransmiter. On je transmiter neuromuskularne veze, na sinapsama autonomnog nervnog sistema i dijelovima CNS-a. Nakon sinteze, deponuje se u sinaptičkim vezikulama, koje su koncentrisane u sinaptičkom završetku holinergičkih neurona. Postoje trenutno raspoložive vezikule, kada se ACh može trenutno osloboditi i stacionarne vezikule, koje snabdijevaju trenutno raspoložive vezikule sa ACh. Jedini mehanizam prestanka djelovanja ACh je njegova razgradnja, koja se odvija pod djelovanjem holinesteraze (specifične holinesteraze ili acetilholinesteraze i nespecifične holinesteraze ili butirilholinesteraze, čija funkcija je nejasna).

Holinergički receptori se na osnovu postojanja specifičnih agonista i antagonista dijele na nikotinske (podtip N₁ i N₂) receptore i muskarniske (podtip M₁ periferne i M₁ centralne i M₂ periferne i M₂ centralne) receptore.

Tijela holinergičkih neurona nalaze se grupisana u kičmenoj moždini, moždanom stablu i telencefalonu.

U kičmenoj moždini i moždanom stablu predstavljaju tijela somatomotornih skeletnih neurona i preganglijskih autonomnih neurona. Nalaze se kao grupisani neuroni u periolivarnim jedrima, zatim kao grupa holinergičkih neurona u lateralnom dijelu tegmentuma moždanog stabla i u centralnoj sivoj masi *isthmus rhombencephalon-a*.

U telencefalonu su raspoređeni u bazalnom dijelu telencefalona („*basal forebrain*“) u vidu većeg broja grupa (dio *nc. septalis medialis-a*, dio *nc. tractus diagonalis-a*, najveći dio neurona *substantiae innominatae (nc. basalis Meynert)*, koja predstavlja holinergički relejni sistem između limbičkih i paralimbičkih struktura i čitavog neokorteksa). Takođe se holinergički neuroni nalaze i u *neostriatum-u*, koji čine oko 1% neurona *neostriatum-a*, ali predstavljaju mjesto najveće koncentracije ACh u mozgu. Holinergički neuroni u *neostriatum-u*, za razliku od prethodnih, imaju kratke aksone i nemaju projekcije van *neostriatum-a*. ACh preko postsinaptičkih muskarinskih receptora inhibišu oslobađanje dopamina iz dopaminergičkih neurona istog regiona.

KATEHOLAMINI

U kateholamine spadaju epinefrin (adrenalin), norepinefrin (noradrenalin) i dopamin. Svi kateholamini potiču od istog prekursora, velike neutralne aminokiseline (AK) tirozina, koji nije esencijalna AK, pošto se u jetri stvara od fenilalanina pod dejstvom fenilalanin hidrosilaze. U mozgu nema pomenutog enzima, djelimično njegovu funkciju obavlja tirozin hidrosilaza, pa je stoga neophodan transport tirozina kroz krvno-moždanu barijeru, te se može reći da ova AK za mozak predstavlja esencijalnu AK. Enzim tirozin hidrosilaza vrši hidrosilaciju tirozina u L-dopu, dok dopa dekarboksilaza, takođe citoplazmatski enzim, vrši dekarboksilaciju L-dope u dopamin. Dopamin- β -hidrosilaza vrši hidrosilaciju dopamina u noradrenalin. I još jedan citoplazmatski enzim, feniletanolamin N-metiltransferaza, katalizuje metilaciju noradrenalina u adrenalin.

Kateholamini se u simpatičku pukotinu oslobađaju procesom egzocitoze, nakon ulaska jona Ca u aksonske završetke po otvaranju napon zavisnih jonskih kanala pod uticajem akcionog potencijala. Po završetku dejstva kateholamina u sinaptičkoj pukotini, njihovo dejstvo prestaje, ili preuzimanjem kateholamina u aksonski završetak presinaptičkog neurona iz kog su oslobođeni, ili difuzijom u ekstracelularni prostor van sinaptičke pukotine.

DOPAMIN

Dopaminski receptori se dijele na D1 i D2 i D3 receptore.

U CNS-u D1 receptori su najrasprostranjeniji u: *neostriatum-u*, *nc. accumbens-u*, *substantia nigra-i* i olfaktinim tuberkulima. Prisutni su i u moždanoj kori, amigdalooidnom kompleksu, hipokampusu i hipotalamusu.

D2 receptori su prisutni u postsinaptičkim i presinaptičkim lokacijama, gdje igraju ulogu autoreceptora. U CNS-u su najbrojniji u *neostriatum-u*. Registrovani su i u drugim regionima, kori mozga, hipokampusu, septalnom području i hipotalamusu.

D3 receptori su takođe uočeni na presinaptičkim i postsinaptičkim lokacijama, pri čemu su postsinaptički lokalizovani D3 receptori najbrojniji u ventralnom strijatumu.

Tijela dopaminskih neurona se nalaze u mezencefalonu, diencefalonu i telencefalonu. Grupisani su u grupu A8–A15. 80% od ukupnog dopamina u mozgu nalazi se u *neostriatum-u*.

Dopaminergički sistem igra važnu ulogu u neuromodulaciji, kao što je kontrola pokreta i motorike, te u funkciji prostornog pamćenja, motivaciji, uzbudjenju, nagradi, regulaciji sna, pažnji, afektivnom ponašanju, kognitivnoj funkciji, uzimanju hrane, mirisnom sistemu, hormonskoj regulaciji i utiče na imunološki, kardiovaskularni, gastrointestinalni i bubrežni sistem. U mrežnjači, amakrin ćelije oslobađaju dopamin ekstracelularno tokom dana, pojačavaju aktivnost konusnih ćelija i povećavaju osetljivost na boju i kontrast, dok suzbijaju aktivnost štapićastih ćelija. Takođe, dopamin ima i funkciju u majčinskom i reproduktivnom ponašanju i laktaciji.

NORADRENALIN I ADRENALIN

Adrenergički receptori su podijeljeni na α i β receptore. Nadalje se na osnovu selektivnog afiniteta prema specifičnim agonistima i antagonistima dijele na podvrste.

α receptori se dijele na α_1 i α_2 . α_1 . Predstavljaju postsinaptičke receptore čija aktivacija u kori mozga stvara ekscitatorne efekte, dok u drugim dijelovima

CNS-a pospješuje odgovor postsinaptičkih neurona na dejstvo drugih neuro-medijatora. Aktivnost α_2 receptora u CNS-u nije u potpunosti jasna.

β receptori se dijele na β_1 i β_2 . β_1 receptori predstavljaju najbrojniju i najrasprostranjeniju podvrstu adrenergičkih receptora u CNS-u, sa izuzetkom malog mozga, gdje su brojniji β_2 receptori. β_1 receptori su posebno brojni u korteksu mozga, zatim u *nc. accumbens*-u, olfaktivnim tuberkulima, *substantia nigra*-i, *nc. interpeduncularis*-u, *subiculum*-u i mekoj moždanoj ovojnici. β_2 receptori su veoma brojni u malom mozgu, glijalnim ćelijama i glatkim mišićnim ćelijama krvnih sudova mozga. Adrenalin je mnogo jači agonist ovih receptora nego noradrenalin, dok su na β_1 receptorima jednako snažni agonisti i adrenalin i noradrenalin.

Tijela noradrenergičkih neurona nalaze se u tegmentumu produžene moždine i moždanom mostu grupisani po grupama A1–A7.

Locus ceruleus, smješten u rostralnom dijelu tegmentuma ponsa, predstavlja najvažniji noradrenergički centar u mozgu. Proizvodi oko 70% ukupnog noradrenalina mozga. Od njega se pružaju ascendentna i descendentna vlakna koja inervišu gotovo sve dijelove mozga.

Tijela adrenergičkih neurona nalaze se u produženoj moždini grupisani u tri grupe C1–C3, pri čemu je C1 grupa najveća adrenergička grupa. Ovaj sistem se bavi kontrolom različitih autonomnih funkcija, kao što su krvni pritisak, srčani rad i respiracija.

SEROTONIN

Serotonin se u najvećoj količini u ljudskom organizmu nalazi u entrohromafilnim ćelijama digestivnog trakta, dok se mali dio nalazi u trombocitima i u mozgu. U CNS-u se biosintetiše iz prekursora triptofana, esencijalne aminokiseline, koja se u organizam mora unijeti hranom. Biosinteza u CNS-u se odigrava u aksonskim završecima serotonergičkih neurona. Oslobođanje iz aksonskih završetaka u sinaptičku pukotinu ostvaruje se mehanizmom egzocitoze po ulasku jona Ca u aksonski završetak kroz voltažno zavisne kalcijumske kanale, pri čemu oslobođanje serotonina može biti modulirano nekim neuropeptidima deponovanim zajedno sa serotoninom. Prestanak dejstva serotonina se odvija preuzimanjem serotonina u presinaptički završetak ili difuzijom u ekstracelularni prostor van sinaptičke pukotine dejstvom odgovarajućih enzima. Serotonergički neuroni se nalaze grupisani u produženoj moždini, ponsu i mezencefalonu, uglavnom u sastavu *nc. raphe* moždanog stabla. Označeni su grupama od B1 do B9.

Centralni serotonergički receptori su klasifikovani na 5-HT₁ (5-HT_{1A}, 5-HT_{1B}, 5-HT_{1C}, 5-HT_{1D}), 5-HT₂, 5-HT₃, 5-HT₄ receptore.

Smatra se da serotonin ima modulatornu ulogu u regulaciji fizioloških i bihevioralnih funkcija. Neke od tih pretpostavljenih funkcija su facilitacija motornih funkcija, centralna kontrola kardiovaskularnih funkcija, regulacija cerebralnog krvotoka, regulacija sekrecije i toka likvora, modulacija tjelesne temperature, antinociceptivno dejstvo, posredovanje i modulacija informacije, anoreksično dejstvo, supresija seksualne aktivnosti, facilitacija procesa spavanja, modulacija cirkadijalnih ritmova, redukcija agresivnog ponašanja, poboljšanje raspoloženja.

Y-AMINOBUTERNA KISELINA – GABA

GABA je transmitter posebno bogato zastupljen u CNS-u. U pojedinim područjima i do 80% sinapsi su GABA-ergičke, obično se taj broj kreće 30–50%, a tamo gdje je srazmjerno slabo zastupljena, procenat je do 20% GABA-ergički neurona. GABA u najvećem broju sinapsi ispoljava inhibitorno dejstvo i predstavlja najrasprostranjeniji inhibitorni neurotransmitter u CNS-u. Glavni prekursor je glukoza koja podliježe glikolizi i nastaje piruvat, koji u procesu Krebsovog ciklusa prelazi u alfa-ketoglutarat, koji podliježe transaminaciji pod dejstvom GABA alfa-oksigtutarat transaminaze i nastaje glutamat (alifatična kiselina koja funkcioniše kao ekscitatorni neurotransmitter). Glutamat pod dejstvom glutamat dekarboksilaze prelazi u GABA.

Prestanak djelovanja GABA-e nastaje njenim preuzimanjem iz sinaptičke pukotine u presinaptički završetak ili u okolne glijalne ćelije.

GABA-ergički neuroni se nalaze u svim dijelovima CNS-a. Uglavnom se radi o lokalnim kratkim aksonima, ali postoje i GABA-ergički neuroni sa projekcijom u udaljene strukture. Lokalni GABA-ergički neuroni s kratkim aksonima – interneuroni – nalaze se u svim dijelovima CNS-a. Uglavnom posreduju pre i postsinaptičkoj inhibiciji, mada u nekim slučajevima mogu uzrokovati ekscitaciju. GABA-ergički neuroni, čiji aksoni se projektuju van lokalnog područja, jesu neuroni smješteni u *neostriatum*-u, *nc. accumbens*-u, neuroni *globus pallidus*-a, *pars reticularis substantia nigrae*, neuroni iz *nc. subthalamicus*-a, kaudalnog dijela *hypothalamus*-a, te neuroni *nc. septalis medialis*-a, *formatio hippocampi, areae enthorinalis*...

Definisana su dva posebna tipa GABA receptora, GABA_A i GABA_B.

GLUTAMAT I ASPARTAT

Glutamat i aspartat su ekscitatorne aminokiseline (AK), veoma rasprostranjene i nalaze se možda u najvećem broju ekscitatornih sinapsi velikog mozga. Glutamat je najrasprostranjenija AK u centralnom nervnom sistemu čovjeka. Oni se u mozgu biosintetišu *in situ* od glukoze i drugih prekursora, pri čemu precizno porijeklo u mozgu nije poznato. Najznačajniji prekursor glutamata u CNS-u su glutamin, α -ketoglutarat, ornitin, prolin, dok su za aspartat najznačajniji prekursori oksaloacetat i asparagin. Glutamat i aspartat se koncentrišu u presinaptičkim završecima u sinaptičkim vezikulama pomoću sekundarnog aktivnog transportnog sistema i mehanizmom Ca^{2+} zavisne egzocitoze oslobađaju se u sinaptičku pukotinu. Mg^{2+} joni inhibišu njihovo oslobađanje.

Receptori za glutamat i aspartat predstavljaju hemijski regulisane jonofore koje se vezivanjem ovih AK na kratko vrijeme brzo otvaraju i postaju propustljivi za katione. Ovi receptori se dijele na četiri tipa. NMDA receptore, koji se praktički nalaze samo u telencefalonu, zatim AMPA/QA receptori, kainatni receptori, AP4 receptori i metabotropni receptori.

Glutamatergičkih i/ili aspartatergičkih neurona najviše ima u korteksu (piramidne ćelija), ali ih nalazimo i u olfaktivnim i limbičkim strukturama, te u malom mozgu.

NEUROPEPTIDI

Pokazalo se da neuropeptidi funkcionišu i kao neurotransmiteri. Učestvuju u neuroendokrinoj regulaciji (hipotalamički rilising faktori, stimulišući hormoni hipofize), odnosno kao neurohormoni. Postoje i u dijelovima CNS-a koji ne učestvuju direktno u sistemu endokrine regulacije. Količina nekih neuropepti-

da u velikom mozgu primiče se koncentraciji klasičnih neurotransmitera, što prevazilazi endokrinu ulogu, odnosno upućuje u njihovu povezanost sa višim nervnim aktivnostima. Neki od njih su izolovani i van CNS-a (digestivni trakt). Zajedničke karakteristike sa klasičnim neurotransmiterima su da se sintetišu u samim neuronima, da se oslobađaju iz presinaptičkog završetka, po istim principima kao i ostali neuromedijatori, da se po oslobađanju vezuju za specifične visokoafinitetne postsinaptičke receptore, dok je dokazano da neki neuropeptidi imaju autoreceptore kao i klasični neurotransmiteri. Čest je i slučaj da neuropeptid koegzistira sa klasičnim neurotransmiterom u istoj ćeliji. Njihov odnos može biti različit, neuropeptid može potencirati ili smanjivati količinu transmitera koji se oslobađa i time facilitira ili umanjuje odgovor na nadražaj. Samim tim, neuropeptidu se može pripisati uloga neuromodulatora.

Djelovanje neuropeptida je trajnije, jer se razgrađuju *in situ* dejstvom peptidaza, pri čemu su neke rastvorljive, dok su druge vezane za postsinaptičku membranu, što pogoduje modulatornoj ulozi neuropeptida.

Poglavlje 12

PUTEVI CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA	215
<i>prof. dr Goran Spasojević</i>	
UVOD	215
MOTORNI PUTEVI	216
Piramidni motorni sistem	216
Kortikospinalni put (<i>tractus corticospinalis</i>)	216
Kortikonuklearni put (<i>tractus corticonuclearis</i>)	218
Ekstrapiramidni sistem puteva	218
Cerebelarni motorni sistem	219
KLINIČKE IMPLIKACIJE	219
SENZITIVNI PUTEVI	220
Uvod.....	220
Spinotalamički put (<i>tractus spinothalamicus – Edinger</i>)	221
Sistem medijalnog lemniscusa (<i>lemniscus medialis</i>)	222
Trigeminalni sistem	223
KLINIČKE IMPLIKACIJE	224
ČULNI PUTEVI	224
Uvod.....	224
Optički put i vidni sistem	224
Kliničke implikacije	229
Akustički put	229
Vestibularni put.....	231
KLINIČKE IMPLIKACIJE	232
Gustativni put.....	233
KLINIČKE IMPLIKACIJE	234
Mirisni (olfaktivni) put.....	234
KLINIČKE IMPLIKACIJE	236
LITERATURA	237

Poglavlje 12

PUTEVI CENTRALNOG NERVNOG SISTEMA

prof. dr Goran Spasojević

UVOD

Putevi centralnog nervnog sistema (*tractus nervosi*) se nalaze u bijeloj masi (*substantia alba*) mozga i kičmene moždine. Putevi omogućavaju prenos informacija između raznih dijelova centralnog nervnog sistema, te prenos i razmjenu informacija sa receptora iz raznih struktura našeg tijela, kao i informacije između spoljašnje sredine i organizma. Prema morfološkoj podjeli razlikujemo asocijacione, komisuralne i projekcione puteve centralnog nervnog sistema.

- Asocijacioni putevi (*tractus nervosi associationes*) povezuju sive mase na istoj (homolateralnoj) strani centralnog nervnog sistema. Asocijacioni putevi su najbrojni i nalaze se u raznim dijelovima centralnog nervnog sistema. U kičmenoj moždini neposredno uz sivu masu nalaze se brojni asocijacioni putevi, to su *tractus proprii-TA. s. fasciculi proprii-TA*. U moždanom stablu najznačajni asocijacioni put je *fasciculus longitudinalis medialis-TA*. U cerebelumu brojni asocijacioni putevi povezuju koru malog mozga i istostrana jedra cerebeluma. U velikom mozgu imamo brojne kratke i duge asocijacione puteve (*fibrae associationes thelencephali*). Kratki asocijacioni putevi povezuju susjedne vijuge. Najznačajni dugi asocijacioni putevi velikog mozga su *fasciculus longitudinalis superior, fasciculus longitudinalis inferior, fasciculus uncinatus, fasciculus arcuatus. cingulum fasciculi occipitales verticales-TA, . Fasciculus longitudinalis superior-TA* je najveći asocijacioni snop koji povezuje koru frontalnog i okcipitalnog režnja, *fasciculus longitudinalis inferior-TA* povezuje okcipitalni režanj sa korom temporalnog režnja, *fasciculus uncinatus-TA* je dio pedunculus temporalis-TA, i povezuje temporalnu koru i donji parijetalni lobulus (Brokino motorno govorno polje) sa orbitalnom frontalnom korom. *Fasciculus arcuatus-TA* povezuje najznačajnija područja za govor, odnosno Brokino i Vernikeovo polje i ima prednji, dugi i zadnji segment. *Cingulum-TA* je dio Papezovog kruga, uključen je u limbički sistem puteva a nalazi se ispod kore girusa cinguli i parahipokampalne vijuge.

- Komisuralni putevi (*tractus nervosi commissurales*) međusobno povezuju sive mase suprotnih (kontralateralnih) polovina centralnog nervnog sistema. Komisuralni putevi se nalaze u raznim dijelovima centralnog nervnog sistema od kičmene moždine do velikog mozga. Najznačajnije komisure međumozga su *commissura posterior* i *commissura habenularum*, a u velikom mozgu najveće komisure su *corpus callosum, commissura anterior* i *commissura fornicis*. Komisuralna vlakna se dijele na homotopna (povezuju iste sive mase na suprotnim stranama nervnog sistema) i heterotopna (povezuju različite sive mase na suprotnim stranama nervnog sistema).

- Projekcioni putevi (*tractus nervosi projectiones*) povezuju različite, udaljene dijelove centralnog nervnog sistema. Projekcioni putevi se dijele na kratke i duge projekcione puteve. Primjer kratkih projekcionih vlakana su projekciona vlakna koja povezuju talamus i koru mozga – *radiatio thalami anterior, centralis, posterior-TA*. Ove veze su u ranijoj TA označavane kao kraci talamusa (*pedunculi thalami- superior, inferior, anterior et posterior*). Ove veze sadrže vlakna koja idu od talamusa ka kori mozga (*tr. thalamocortiales*) ili od kore mozga ka talamusu (*tr. corticothalamici*).

Dugi projekcioni putevi mogu biti ushodni (afarentni; ascendentni) i nishodni (efarentni; descendentni) putevi. U funkcionalnom pogledu putevi se dijele u tri grupe: **motorni, senzitivni i čulni putevi**.

MOTORNI PUTEVI

Motorni (eferentni) putevi polaze iz motornih centara koji se nalaze u kori mozga ili iz nižih centara nervnog sistema. Motorni putevi koji polaze iz kore mozga a završavaju se direktno u prednjim rogovima sive mase kičmene moždine ili u motornim jedrima moždanih živaca nazivaju se **direktni motorni putevi**. Direktni motorni putevi (**piramidni putevi**) imaju dva neurona u svom lancu, to su centralni (gornji) i periferni (donji) motorni neuron. Centralni motorni neuron ima tijelo smješteno u kori mozga a periferni motorni neuron ima tijelo smješteno u prednjim rogovima kičmene moždine ili u motornim jedrima moždanih živaca. Pomoću direktnih motornih puteva vršimo voljne (svjesne) motorne pokrete.

Motorni putevi koji polaze iz motornih centara a imaju više interneurona u svome sastavu prije njihovog završetka u motornim rogovima sive mase kičmene moždine nazivaju se **indirektni motorni putevi**. Ranije često korišten naziv za ove puteve je ekstrapiramidni putevi. Ovi putevi su polisinaptički i imaju više neurona koji povezuju kortikalne i ekstrakortikalne sive mase (npr. striatum, palidum, cerebellum, nucleus ruber, formatio reticularis, substantia nigra, motorna jedra talamusa), a zatim se završavaju u kičmenoj moždini. Pored sistema piramidni i ekstrapiramidnih puteva pojedini autori izdvajaju i cerebelarni sistem kao sistem šireg motornog sistema koji uključuje strukture malog mozga. Motorne puteve, s obzirom na funkcionalne, kliničke i topografsko-anatomske razloge opisaćemo kroz tri sistema: **piramidni sistem, ekstrapiramidni sistem i cerebelarni motorni sistem**.

PIRAMIDNI MOTORNI SISTEM

Piramidni motorni sistem (sistem voljnih pokreta) obuhvata kortikospinalni (*tractus corticospinalis*) i kortikonuklearni put (*tractus corticonuclearis*).

U Terminologia anatomica (2019) pod opštim nazivom *Tractus pyramidalis* nabrojani su: *Fibrae corticorubrales, Fibrae corticoreticulares, Fibrae corticonucleares* i *Fibrae corticospinales*. Kod nas su se za ove strukture u kliničkoj praksi odomaćio termin **put**, koji ćemo koristiti umjesto termina *fibrae* koji ustvari znači vlakna. Najveći klinički značaj imaju kortikospinalni i kortikonuklearni put koje ćemo zbog toga detaljno i opisati.

Kortikospinalni put (*tractus corticospinalis*)

Kortikospinalni put (ranije zvan i piramidni put je direktni motorni put koji reguliše voljne (svjesne) motorne pokrete trupa i ekstremiteta našeg tijela. Neuronu ovog puta povezuju primarne motorne centre (oblasti) u kori ve-

likog mozga sa motoneuronima u prednjim rogovima kičmene moždine. **Neuron 1** ili **centralni (gornji) motorni neuron** piramidalnog puta polazi iz motornih centara u kori velikog mozga. Oko dvije trećine vlakana polazi iz primarnog motornog polja. Primarno motorno polje obuhvata *gyrus precentralis* i prednje dvije trećine *lobulus paracentralis*-a (area 4 - po Brodmanu), ostali njegovi neuroni se nalaze u pedomotornoj kori (area 6 po Brodmanu), dok manji dio vlakana potiče iz neurona koji se nalaze u primarnom somatosenzornom polju (area 3,2 i 1 po Brodmanu). Vlakna piramidnog puta iz moždanih centara odlaze kroz frontalni dio zrakaste krune (*corona radiata*) i ulaze u zadnji krak moždane čaure (*crus posterius capsulae internae*). Iz zadnjeg kraka moždane čaure vlakna prolaze kroz mezencefalon (*crus cerebri mesencephali*). U području *crus cerebri* kortikospinalni put je smješten između *tractus corticonuclearis* koji je medijalno, i *tractus occipitoparieto-temporopontinus*- TA koji je lateralno smješten.

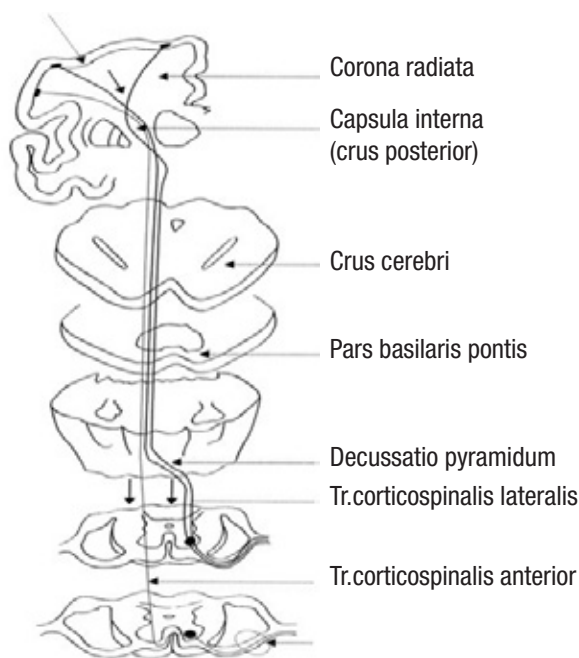
Vlakna kortikospinalnog puta dalje prolaze kroz bazilarni dio ponsa (*pars basilaris pontis*) pri čemu se grupišu u uzdužne snopove (*fibrae pontis longitudinales-TA*) i između relejnih jedara ponsa (*nuclei pontis*) odlaze ka produženoj moždini. U produženoj moždini vlakna piramidalnog puta formiraju obla uzvišenja (*pyramis medullae oblongatae*). Vlakna kortikospinalnog puta pri prelazu iz produžene u kičmenu moždinu (oko 90% vlakana) se ukrštaju (*decussatio pyramidum-TA*) i prelaze u *funiculus posterolateralis* kičmene moždine, a samo neukrštena vlakna (obično oko 10 % vlakana) prolaze kroz *funiculus anterior* kičmene moždine. Ukrštena vlakna formiraju *tractus corticospinalis lateralis*, a neukrštena vlakna *tractus corticospinalis anterior*.

Vlakna iz *tractus corticospinalis anteriora* se distalnije ukrštaju, prelaze na suprotnu stranu kičmene moždine i završavaju u određenom segmentu sive mase kičmene moždine na **neuronu 2 - periferom (donjem) motornom neuronu** - koji prenosi informacije do odgovarajućih mišića. Ovo znači da se vlakna i bočnog i prednjeg piramidnog puta ukrštaju a potom završavaju u prednjim rogovima kičmene moždine suprotne strane. Na taj način vlakna iz lijeve hemisfere inervišu desnu polovinu trupa i desne ekstremitete, a vlakna iz desne hemisfere lijevu polovinu trupa i lijeve ekstremitete. U nekim slučajevima mogu se sva vlakna kortikospinalnog puta kompletno ukrštati u području *decussatio pyramidum*.

Dio vlakana kortikospinalnog puta koji polazi iz primarnog somatosenzornog korteksa (area 3, 2 i 1) završava se u relejnim

jerdima produžene moždine (*nucleus gracilis et nucleus cuneatus*) i smatra se da ova vlakna inhibiraju prenos senzornih impulsa prema kori velikog mozga.

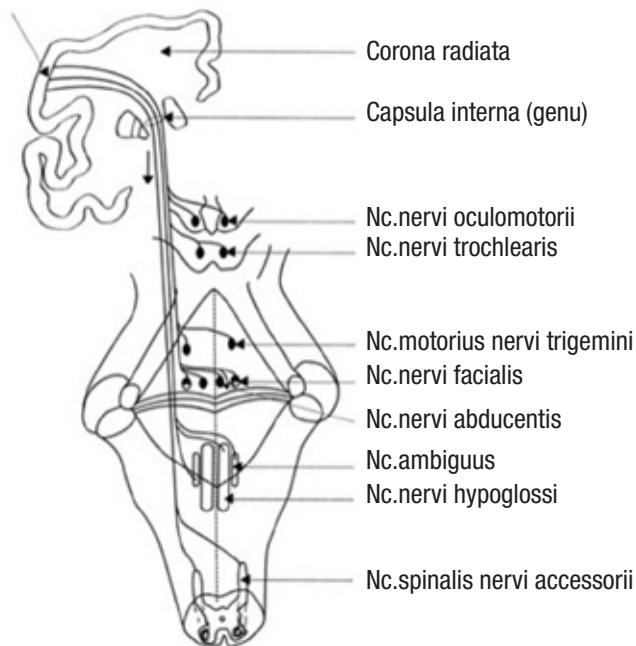
Gyrus precentralis



Slika 12-1. Shematski prikaz kortikospinalnog puta (*tractus corticospinalis*)

Kortikonuklearni put (*tractus corticonuclearis*)

Gyrus precentralis



Slika 12-2. Shematski prikaz kortikonuklearnog puta (*tractus corticonuclearis*)

Kortikonuklearni put (*tractus corticonuclearis*- TA, ranije zvan i *tractus corticobulbaris*) spada u direktne motorne puteve koji povezuje motorna polja kore velikog mozga sa motornim jezdrima moždanih živaca. Vlakna **neurona 1** (gornjeg motornog neurona) ovog motornog puta polaze iz donje trećine primarnog motornog polja precentralne vijuge (*gyrus precentralis* -area 4) kao i iz zadnjeg dijela srednje čeonje vijuge (*gyrus frontalis medius*-area 6). Vlakna

(*fibrae corticonucleare*) prolaze kroz čeonni dio bijele mase (*corona radiata*), zatim kroz koljeno unutrašnje kapsule mozga (*genu capsulae interna-TA*) i odlaze u prednji dio moždanog stabla. U području srednjeg mozga (*mesencephalon*) vlakna *tractus corticonuclearis* prolaze kroz *crus cerebri mesencephali* između vlakana *tractus frontopontinusa* i *tr.corticospinalis-a*. U ponsu vlakna ovog puta odlaze ka dorzalno u tegmentum i završavaju se na motornim jezdrima moždanih živaca. Važno je istaći da se vlakna kortikonuklearnog puta završavaju obostrano u jezdrima motornih živaca osim za motorno jedro n. facijalisa (VII) i n. hypoglossusa (XII). Za jedro n. hypoglossusa dolaze samo ukrštena vlakna (sa suprotne strane) ovog puta, a za veći dio jedra n. facijalisa vlakna stižu sa obe strane, osim onog dijela jedra n. facijalisa koji inerviše mišiće donjeg dijela lica, napr. oko ugla usana. Motorna vlakna za spinalno jedro n. *accessoriusa* dolaze iz *tractus corticospinalisa* suprotne strane.

EKSTRAPIRAMIDNI
SISTEM PUTEVA

Ekstrapiramidni sistem puteva čine indirektni motorni putevi, koji su polisinaptički i imaju više neurona koji povezuju kortikalne i subkortikalne centre (sistem bazalnih ganglija), a zatim se završavaju u kičmenoj moždini. Ekstrapiramidni sistem ima najvažniju ulogu u regulaciji i izvođenju naučenih složenih pokreta- vježbanje ili trening (npr. plivanje, vožnja bicikla, balet i sl.), omogućava održavanje tonusa mišića, obezbjeđuje redosljed pokreta, održavanje ravnoteže i dr. Praktično je to sistem proceduralne memorije kod koje se naučeno teško može riječima objasniti već se vještina mora pokazati. U ekstrapiramidnom sistemu posebno značajno mjesto imaju bazalne ganglije čija se funkcija ostvaruje preko nekoliko **neuronskih krugova**. Dosadašnja saznanja govore da postoji više odvojenih neuronskih krugova bazalnih ganglija, to su: motorni, okulomotorni, limbički, dorzolateralni prefrontalni i lateralni orbito-frontalni neuronski krug. Bazična organizacija ovih neuronskih krugova je sljedeća: svi neuronski krugovi započinju u odgovarajućim dijelovima kore velikog mozga, odlaze ka različitim dijelovima bazalnih ganglija, zatim odlaze u talamus gdje se modulišu, i iz talamusa se vraćaju u odgovarajuće dijelove moždane kore. Neuronski krugovi bazalnih ganglija mogu se funkcionalno ostvariti **preko direktnog ili indirektnog puta** koji imaju suprotno dejstvo

na ciljne regije mozga. **Direktni put** olakšava protok informacija kroz talamus i dovodi do ekscitacije odgovarajuće zone kore mozga, a indirektni put inhibiše protok informacija kroz talamus i posledično vodi ka smanjenju aktivnosti moždane kore. Opisana su tri glavna neuronska kruga bazalnih ganglija: **I neuronski krug** polazi iz somatomotorne kore preko corpus striatum u jedra talamusa (ventralna i intralaminarna jedra). Vlakna iz ventralne grupe jedara talamusa (*nc. ventralis anterior et lateralis*) vraćaju se u koru mozga (motornu i premotornu oblast kore) a manji dio vlakana iz intralaminarnih jedara talamusa odlazi u putamen i *nucleus caudatus*. **II neuronski krug** polazi iz somatomotorne kore a vlakna se povezuju sa *nc. ruber* i *substantia nigra* iz kojih odlaze u talamus (*nc. ventralis anterior thalami*) i ponovo iz talamusa u motorni korteks. **III neuronski krug** (dio cerebelarnog motornog sistema) polazi iz motornih polja kore velikog mozga preko relejnih jedara ponsa (kortikopontinski putevi) kao indirektni motorni putevi dolaze u mali mozak. Vlakna iz malog mozga ponovo preko *nucleus ruber* i jedara talamusa se vraćaju u motorno polje kore velikog mozga. Najznačajni eferentni putevi ekstrapiramidnog sistema su: *tr. rubrospinalis* (Monakow), *tractus vestibulospinalis medialis*, *tractus vestibulospinalis lateralis*, *tractus tegmentalis centralis*, *tractus tectospinalis*, *tractus reticulospinalis* i dr.

CEREBELARNI MOTORNI SISTEM

Cerebelarni sistem predstavlja dio složenog motornog sistema koji uključuje strukture malog mozga u izvođenju automatske (nesvesne) regulacije pokreta. Rad cerebelarnog sistema omogućava veliki i stalni priliv informacija pomoću aferentnih puteva iz raznih dijelova CNS u mali mozak (informacije iz kičmene moždine o položaju dijelova tijela i tonusu mišića odlaze u *spinocerebellum*, iz čula ravnoteže u *vestibulocerebellum*, a informacije o planiranom pokretu iz moždane kore kortikopontinskim putevima dolaze u pons, a iz ponsa u *pontocerebellum*). Informacije pristigle u mali mozak se obrađuju, a zatim se iz cerebeluma prenose na druge dijelove CNS, npr. u *nucleus ruber* i jedra talamusa (*nc. ventralis anterior et nc. ventralis lateralis thalami*). Inače jedra talamusa primaju i informacije preko *fasciculus thalamicus-a* iz bazalnih ganglija i predstavljaju bitno mjesto spoja sva tri motorna sistema (interakcije) jer u ovim jedrima talamusa dolaze informacije iz bazalnih ganglija i cerebeluma a zatim odlaze projekcije u moždanu koru. Dio impulsa iz moždane kore dalje se prosleđuje ka ekstrapiramidnom sistemu da bi se pokrenuli ranije naučeni obrasci pokreta a dio preko kortikopontinskih puteva (*tr. corticopontini*) omogućava kontrolu pokreta sa ciljem izvršenja voljne motorne akcije proistekle iz aktivnosti piramidnog sistema. Postoje najmanje dva zatvorena kruga prenosa informacije kroz koru cerebeluma: 1. Kortiko-ponto-cerebelo-talamo-kortikalni krug, preko koga se regulišu voljni pokreti i 2) rubro-olivo-cerebelo-rubralni za regulaciju nevoljnih automatskih pokreta. Interakcije sva tri sistema se odigravaju u moždanoj kori usled čega dolazi ili ne dolazi do odgovarajućeg pokreta.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

- **Oštećenja piramidnog motornog sistema.** Oštećenja piramidnog (centralnog ili gornjeg) motornog neurona se mogu desiti na raznim nivoima, od motorne kore do sive mase kičmene moždine. Najčešće se manifestuju: gubitkom (*paralysis*) ili smanjenjem amplitude (*paresis*) voljnog motornog pokreta, povećanjem mišićnog tonusa (spastici-

tet), pojačanjem refleksa (hiperefleksija), pojavom kloničnih grčeva i patoloških refleksa (znak Babinskog). Nakon moždanog udara (CVI- cerebrovaskularni incident) oštećenja, obično se manifestuje oduzetošću jedne polovine tijela (*hemiplegia*). Treba zapamtiti da zbog ukrštenosti piramidnog puta, oštećenje mozga jedne strane dovodi do oduzetosti suprotne strane tijela (*hemiplegia*), kao i da se kod centralnog oštećenja kortikonuklearnog puta ne primjećuje paraliza mišića lica osim skretanja jezika i spušenog ugla usta ("centralni facijalis"), jer se obostrano završavaju vlakna kortikonuklearna vlakna (osim za jedro XII nerva i donji dio motornog jedra VII nerva). Kod većih povreda donjih segmenata kičmene moždine može doći do oduzetosti donjih ekstremiteta (*paraplegia*) a ako je povreda u nivou vratnih segmenata kičme može doći do potpune oduzetosti sva četiri ekstremiteta, kvadriplegia (*quadriplegia*).

- Oštećenja *ekstrapiramidnog motornog sistema* mogu se grubo podijeliti u dvije grupe : *hiperkinetičke* i *hipokinetičke* znake. *Hiperkinetički znaci* se mogu manifestovati kao nehotimični pokreti u vidu tremora, atetozni, horeični ili kombinovani pokreti koji ne zavise od volje i iščezavaju u toku spavanja. Horeični pokreti su brzi, neritmički i nehotimični, a atetozni su spori, crvuljasti i nehotimični pokreti. Za hipokinetičku grupu najkarakteristični znak je rigidnost (*rigor*) koja se manifestuje povećanjem mišićnog tonusa koji onemogućava izvođenje brzih pokreta zbog čega se javlja akinezija. Najčešći primjer oboljenja ekstrapiramidnog sistema je Parkinsonova bolest koja nastaje kao poremećaj dopaminergičkog nigrastrijatnog puta. *Parkinsonova bolest* se klinički karakteriše pogrbljenim i ukočenim stavom pacijenta sa amimičnim licem, podrhtavanjem šaka, dizartrijom govora i hodom sa brzim i sitnim koracima.

SENZITIVNI PUTEVI

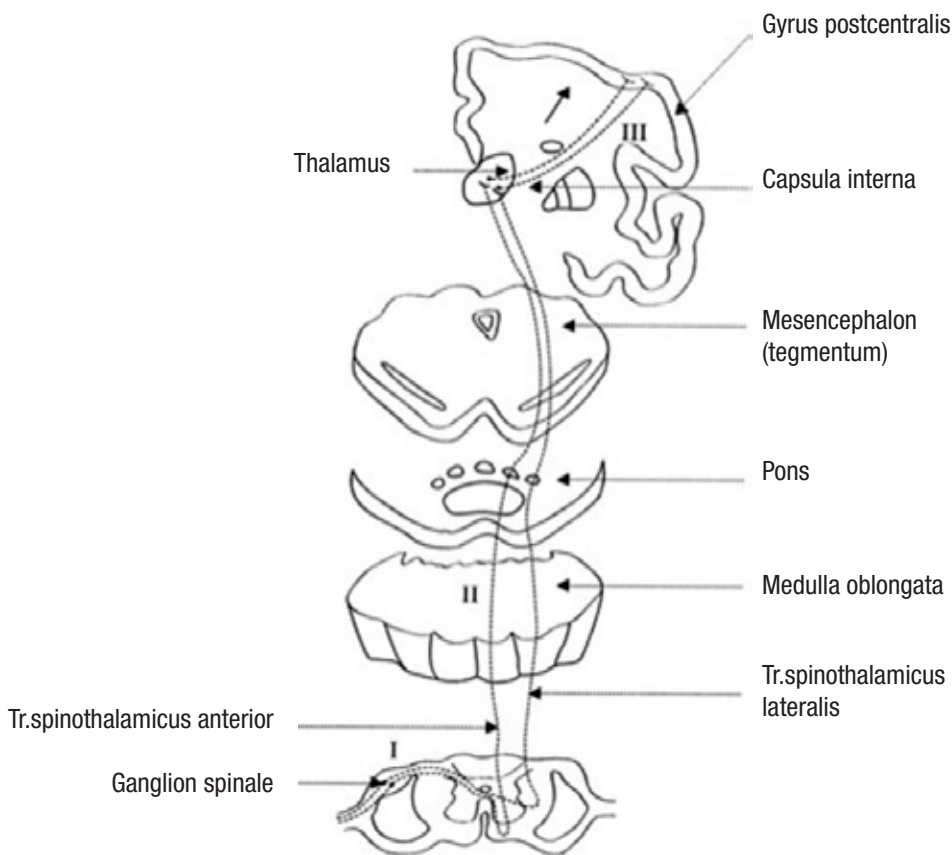
UVOD

Senzitivni (afherentni putevi) dovode informacije u CNS iz receptora koji se nalaze u različitim dijelovima i slojevima ljudskog tijela. Prema smještaju receptora u tijelu senzitivni putevi se dijele u tri grupe: putevi površinskog senzibiliteta, tzv. **eksteroceptivni** senzibilitet, putevi dubokog senzibiliteta, tzv. **proprioceptivni** senzibilitet, i putevi za senzibilitet iz unutrašnjih organa (nesvjesni)- **interoceptivni (visceralni)** senzibilitet. Duboki i površinski senzibilitet mogu se podijeliti na **svjesni** i **nesvjesni** senzibilitet. Svjesni senzibilitet prenose somatosenzitivni putevi od koji su najznačajni *tractus spinothalamicus* i *sistem medijalnog lemniskusa*. Impulsi nesvjesnog senzibiliteta ne dolazi direktno do kortikalnih centara a obuhvataju senzibilitet iz unutrašnjih organa kao i spinocerebelarne puteve koji prenose duboki nesvjesni senzibilitet trupa i udova (spinocerebelarni putevi).

Površinski senzibilitet ima receptore u koži i sluzokoži i dijeli se na **epikritički** i **protopatički** senzibilitet. Epikritički senzibilitet služi za osjete finog dodira, taktilne diskriminacije i za vibratorni senzibilitet, a prenosi ga sistem medijalnog lemniskusa. Protopatički senzibilitet je za bol, temperaturu i grubi dodir, a prenose ga prvenstveno spinotalamički i trigeminotalamički putevi. Duboki (proprioceptivni) senzibilitet ima receptore smještene u tetivama, mišićima i zglobnim kapsulama u vidu Goldžijevih tetivnih organa i mišićnih vretena. Proprioceptivni senzibilitet može se podijeliti na svjesni koji prenosi prije svega *lemniscus medialis* i nesvjesni duboki senzibilitet koji prenosi informacije preko cerebeluma. Somatosenzitivni putevi opisuju se pomoću sistema ili nivoa od tri neurona (periferni-neuron 1, centralni-neuron 2, i kortikalni-neuron 3), čija oštećenja daju različite kliničke slike.

SPINOTALAMIČKI
PUT (*TRACTUS
SPINOTHALAMICUS* –
EDINGER)

Spinotalamički put predstavlja senzitivni (aferentni) put nervnog sistema koji sprovodi površni svjesni protopatički senzibilitet trupa i ekstremiteta. Ovim putem se prenose bol, temperatura, grubi dodir i pritisak iz kože trupa i ekstremiteta. **Neuron 1** (periferni neuron) ovog puta ima tijela smještena u spinalnim ganglionima zadnjih korjenova kičmenih živaca. Tijelo neurona je pseudounipolarno i njegovi periferni produžeci u vidu perifernih živaca dolaze od receptora za bol, temperaturu, pritisak i grubi dodir. Centralni produžeci (aksoni) neurona odlaze preko zadnjih korjenova spinalnih živaca i završavaju se u laminama I-V zadnjih rogova sive mase kičmene moždine. **Neuron 2** (centralni neuron) je smješten u zadnjim rogovima sive mase u laminama I-V. Periferni produžeci neurona II se povezuju sa centralnim nastavcima neurona I, a centralni produžeci (aksoni) neurona 2 formiraju *tractus spinothalamicus*. Aksoni neurona 2 koji se ukrštaju i prelaze na suprotnu stranu kroz bijelu spojnicu (*commissura anterior alba*) kičmene moždine penju se kroz funiculus anterolateralis i grade *tractus spinothalamicus lateralis*, dok dio aksona neurona 2 koji prolazi kroz funiculus anterior formira *tractus spinothalamicus anterior*. Preko *tractus spinothalamicus anteriora* prenosi se grubi dodir i pritisak, a kroz *tractus spinothalamicus lateralis* prenose se informacije o bolu i temperaturi. Raspored vlakana ovog puta u kičmenoj moždini je takav da su cervikalna vlakna smještena ventromedijal-



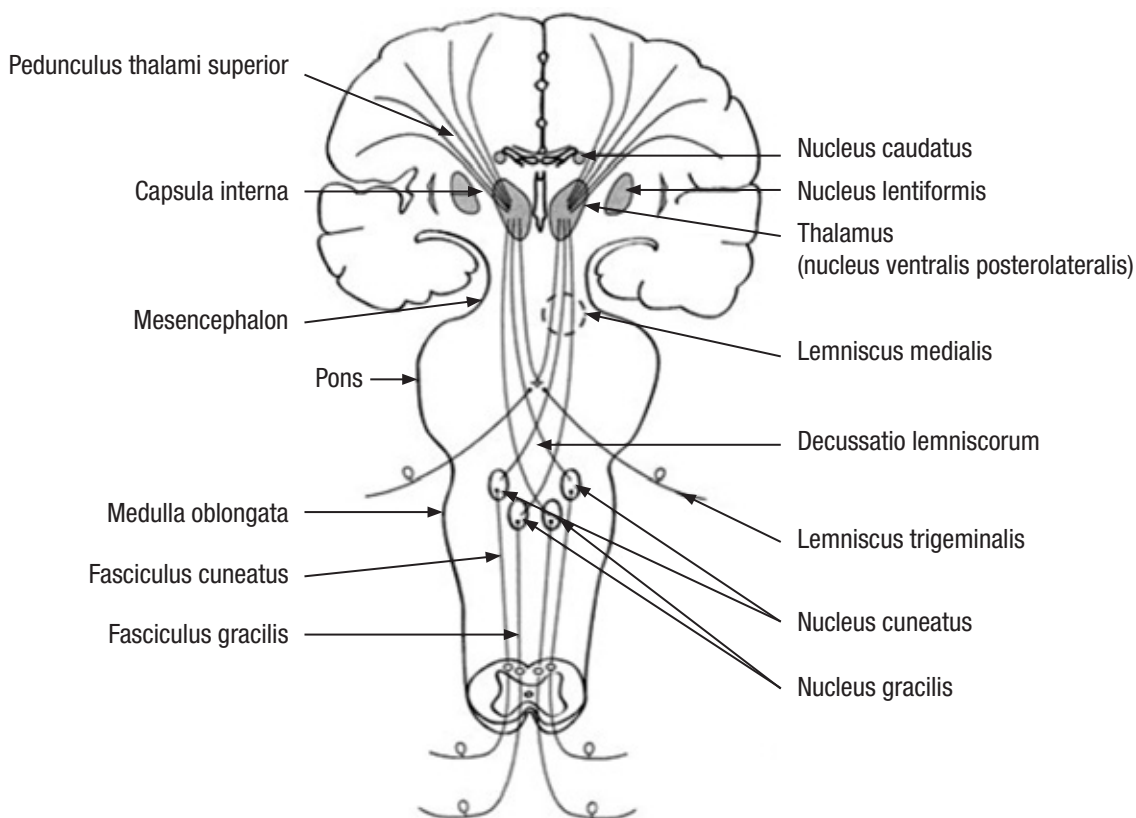
Slika 12-3. Shematski prikaz spinotalamičkog puta (*tr. spinothalamicus*):
I - neuron 1, II - neuron 2 i III - neuron 3 spinotalamičkog puta

no, a lumbosakralna dorzolateralno. Vlakna tractus spinothalamicus anteriora i posteriora se potom penju zajedno kroz lateralni dio tegmentuma moždanog stabla gdje im se pridružuje tractus spinotectalis u ponsu i ova tri puta zajedno formiraju *lemniscus spinalis ili tractus anterolateralis- TA*. Poslije prolaska kroz tegmentum ponsa odvaja se tractus spinotectalis i završava u tectumu mesencephalona, a tractus spinothalamicus daje brojne kolaterale za retikularnu formaciju i odlazi u talamus. Spinotalamički put najvećim dijelom vlakana se završava u *nucleus ventralis posterolateralis thalami- TA (VPL)*, a samo vlakna za bol idu u *nuclei posteriores thalami- TA*. **Neuron 3** (kortikalni neuron) je smješten u senzitivnim jedrima talamusa (*VPL i nuclei posteriores thalami*). Centralni produžeci (aksoni) neurona 3 sprovode impulse u sastavu gornjeg snopa talamusa (*pedunculus thalami superior- TA*) kroz zadnji krak kapsule interne (*crus posterior capsulae internae- TA*) i zrakastu krunu (*corona radiata*) u somatosenzitivno polje kore velikog mozga koje se nalazi u girus postcentralisu i zadnjoj trećini lobulus paracentralisa (Brodmanova area 3, 2, i 1).

SISTEM MEDIJALNOG
LEMNISCUSA
(*LEMNISCUS
MEDIALIS*)

Medijalni lemniskus predstavlja senzitivni (aferentni) put kojim se prenosi svjesni epikritički i duboki senzibilitet trupa i ekstremiteta kao i opšti (eksteroceptivni, proprioceptivni i gustativni) senzibilitet glave. Opšti senzibilitet glave prenosi **trigeminalni sistem** koji se priključuje medijalnom lemniskusu u tegmentumu moždanog stabla i završavaju se u jedrima talamusa. Medijalni lemniskus se takođe opisuje pomoću sistema od tri neurona. **Neuron 1** (periferni neuron) se nalazi u kičmenim ganglionima (*ganglion spinale*) zadnjih korjenova kičmenih živaca. Periferni produžeci neurona 1 dolaze od receptora u koži za epikritički senzibilitet, kao i od receptora u zglobnim čahurama, tetivama i kostima gdje su receptori za protopatički senzibilitet trupa i udova. Centralni produžeci (aksoni) neurona 1 prolaze kroz zadnji korijen kičmenog živca, ulaze u kičmenu moždinu i dijele se u silazne i uzlazne grane. Silazne grane završavaju se u susjednim nižim segmentima na interneuronima i motoneuronima sive mase kičmene moždine, a uzlazne grane grade dva snopa, *fasciculus gracilis- TA* i *fasciculus cuneatus- TA*, koji prolaze kroz zadnju vrpce bijele mase kičmene moždine (*funiculus posterior medullae spinalis*). Fasciculus gracilis prolazi kroz medijalni dio zadnje vrpce i prenosi senzitivne informacije iz lumbosakralnih segmenata kičmene moždine, odnosno prenosi duboki senzibilitet iz područja noge. Fasciculus cuneatus polazi iz torakocervikalnih segmenata kičmene moždine, smješten je u lateralnom dijelu funikulus posteriora, kraći je i sadrži senzitivna vlakna snezibiliteta iz područja ruke. *Fasciculus gracilis* i *fasciculus cuneatus* prolaze kroz kaudalni dio produžene moždine i završavaju se u istoi- menim relejnim jedrima *nucleus gracilis* i *nucleus cuneatus* produžene moždine. **Neuron 2** (centralni neuron) se nalazi u *nucleus gracilis* i *nucleus cuneatus* produžene moždine. Dendriti neurona 2 su povezani sa aksonima *fasciculus gracilisa* i *fasciculus cuneatusa*, a aksoni neurona 2 odlaze iz *nucleus gracilisa* i *nucleus cuneatusa* i u produženoj moždini grade snopove vlakana koji čine unutrašnja lučna vlakna (*fibrae arcuatae internae- TA*) koja se ukrštaju (*decussatio lemniscorum medialium- TA*) i potom formiraju senzitivni put koji se naziva **lemniscus medialis- TA**. Lemniscus medialis prolazi kroz medijalni dio tegmentuma produžene moždine i ponsa, dorzalno od piramidnog puta, a u srednjem mozgu ide kroz

lateralni tegmentum mezencefalona. Raspored vlakana lemniskus medijalisa je takav da se senzitivna vlakna iz donjeg dijela tijela nalaze ventrolateralno, a iz gornjeg dijela tijela su postavljena dorzomedijalno. Vlaknima lemniskus medijalisa se u tegmentumu kičmene moždine i ponsa priključuju vlakna koja prenose **opšti senzibilitet** iz područja glave i vrata i koja predstavljaju dio **trigeminalnog sistema**.



Slika 12-4. Shematski prikaz puta vlakana medijalnog lemniskusa (*lemniscus medialis*)

TRIGEMINALNI SISTEM

Trigeminalni sistem prenosi eksteroceptivni i proprioceptivni senzibilitet iz glave i vrata. **Neuron 1** trigeminalnog sistema se nalazi u senzitivnim ganglionima V, VII, IX i X moždanog živca. Ovaj neuron čine pseudounipolarne ćelije. Tijela neurona se nalaze u sastavu gangliona trigeminale (V), gangliona geniculi (VII), gangliona superiusa (IX i X živca). Periferni produžeci neurona (dendriti) prenose nadražaje sa receptora iz kože i dubokih tkiva glave i vrata. Centralni produžeci (aksoni) nervus trigeminusa grade senzitivni korijen (*radix sensoria- TA nervosa trigeminusa*) koji zajedno sa aksonima senzitivnih gangliona VII, IX i X moždanog nerva formiraju kičmeni senzitivni snop (*tractus spinalis nervi trigemini- TA*) koji se završava u *nucleus principalis nervi trigemini-TA* (*nucleus sensorius superior*) i *nucleus spinalis nervi trigemini- TA*. **Neuron 2** trigeminalnog sistema grade tijela neurona smještena u *nucleus principalis nervi trigemini-TA* i *nucleus spinalis nervi trigemini*. Oni se tu svojim dendritima povezuju sa centralnim produžecima (aksonima) neurona I trigeminalnog sistema,

a centralnim produžecima grade *tractus trigeminothalamicus anterior- TA* i *tractus trigeminothalamicus posterior- TA*.

Tractus trigeminothalamicus anterior najvećim dijelom grade aksoni neurona 2 iz oba jedra trigeminusa, i oni se ukrštaju dorzolateralno od *lemniscus medialis*. *Tractus trigeminothalamicus posterior* je mali snop vlakana neurona 2 koji polazi iz *nucleus sensorius superior n.trigemini* i neukršten prolazi dorzomedijalno od *lemniscus medialis*. *Tractus trigeminothalamicus anterior* i *tractus trigeminothalamicus posterior* zajedno grade ***lemniscus trigeminalis***. Najveći dio vlakana *lemniscus medialis* i *tractus spinothalamicus* završava se u *nucleus ventralis posterolateralis thalami (VPL)- TA*, a iz *lemniscus trigeminalis* u *nucleus ventralis posteromedialis thalami (VPM)- TA*. Vlakna za prenos bola odlaze u *nuclei posteriores thalami- TA*. **Neuron 3** (kortikalni neuron) se nalazi u jedrima talamusa (*VPL, VPM* i *nuclei. posteriores* iz kojih aksoni odlaze u sastavu *pedunculus thalami superiora* u somatosenzornu koru. Somatosenzorna polja obuhvataju *gyrus postcentralis* i zadnju trećinu *lobulus parietalis* potiljačne kore (area 3, 2, 1 po Brodmanu).

KLINIČKE IMPLIKACIJE

- **Promjena osjetljivosti za bol.** Usljed različitih patoloških ili traumatskih oštećenja senzitivnog sistema **osjetljivost za bol** može biti promijenjena. Ako je osjetljivost za bol snižena naziva se hipalgezija (*hypoalgesia*), potpuna neosjetljivost za bol je analgezija (*analgesia*), a preosjetljivost na bolne stimuluse naziva se hiperalgezija (*hyperalgesia*).

- **Tabes dorsales** je oboljenje koje nastaje usljed oštećenja puteva zadnje vrpce kičmene moždine (*fasciculus gracilis et cuneatus*) nastalo usljed demijelizacionih oboljenja ili neurosifilisa. Posljedica je gubitak dubokog senzibiliteta. Oboljenje se manifestuje poremećajem u vidu ataksije pri hodu tako da pacijenti obavezno gledaju kuda idu jer kada zatvore oči gube ravnotežu i padaju "sindrom lavabo", zbog oštećenja puteva dubokog senzibiliteta. Takođe pacijenti imaju "pijetlov hod" koji karakteriše hod sa tijelom nagnutim unapred i prvo imaju oslonac na petu pa zatim na prste.

ČULNI PUTEVI

UVOD

Senzibilitet prenose opšti somatosenzitivni putevi (površinski i duboki senzibilitet) i putevi posebnih (specijalnih) čula. U posebna čula spadaju čulo vida, čulo sluha, čulo ravnoteže, čulo ukusa i čulo mirisa. Od njihovih čulnih receptora informacije ne samo da pasivno prenose, već i prerađuju i analiziraju, pa se putevi posebnih čula zbog toga često nazivaju i sistemi. Ovi aferentni putevi sprovode nadražaje od specijalizovanih receptora (za vid, sluh, ravnotežu, ukus i miris) do kore velikog mozga. Kao i kod somatosenzitivnih puteva, može se reći i da čulne puteve po pravilu gradi više neurona (neuron 1 ili periferni, neuron 2 ili centralni, i neuron 3 ili kortikalni neuron).

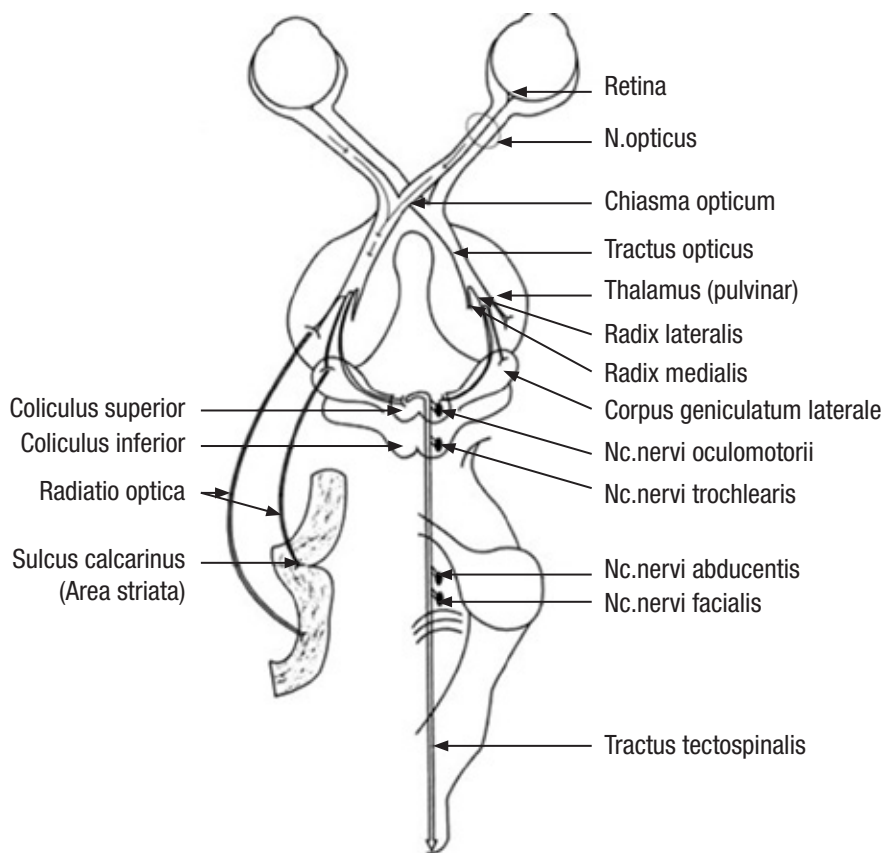
OPTIČKI PUT I VIDNI SISTEM

Čovjek daleko najveći broj predstava i podataka o spoljašnjem svijetu dobija čulom vida pa se može reći da je čovjek prije svega vizuelno biće.

Odgovarajući rad čula vida je omogućen funkcijom čitavog vidnog sistema koji prikuplja, transformiše i stvara predstavu o pojavama koje su vezane za prisustvo i manifestaciju svetlosne energije. Organ čula vida koji dobija vidnu informaciju je oko, u njemu se vrši pretvaranje svetlosnih signala, prva obrada tako dobijene informacije vrši se u mrežnjači (retini) i preko **optičkog puta** se te

informacije šalju ka višim dijelovima mozga. U vidni sistem, koji je širi pojam od vidnog puta, posebno treba uključiti sistem pokreta očiju, sisteme analize boja, sisteme analize pokreta, sisteme prepoznavanja lica i slično. Dio vlakna vidnog sistema koji se može označiti kao refleksni neuron, usmjeren je ka centrima (*area pretectalis*, *colliculus superior*, i drugim) koji omogućuju praćenje pokretnih predmeta ili različite optičke reflekse. Najzad, važna retinohipotalamička vlakna donose mozgu informacije od značaja za cirkadijalne ritmove (ponašanje u vezi sa ciklusom dan-noć) ili sezonsko ponašanje (vezano za godišnja doba). Osnovni ulazni dio vidnog sistema je optički (vidni) put koji obezbjeđuje centralnom nervnom sistemu, prije svega moždanoj kori, informacije o boji, osvetljenosti, obliku i pokretima, čime omogućava dalju analizu značaja opaženih objekata i pojava i najzad, reakciju na njih. Naime, po dolasku informacija u primarno kortikalno vidno polje one se dalje računaju na tokove (struje) koje se bave pojedinim osobinama vidne informacije. Ovdje ćemo zbog kliničkih razloga opisati samo optički put, odnosno veze do primarne vidne kore (areje strijate), kao i refleksne neurone.

Optički put ima tri neurona (nivoa), od kojih su dva u mrežnjači, a treći je u spoljašnjem koljenastom tijelu (*corpus geniculatum laterale*) diencefalona. Pored ovoga, refleksni neuroni ovog puta povezuju refleksne optičke centre (*strata grisea colliculi superioris* i *area pretectalis*) sa motornim jedrima moždanih



Slika 12-5. Shematski prikaz optičkog puta

živaca (*tractus tectobulbaris*), kičmenih živaca (*tractus tectospinalis-TA*), kao i sa nekim drugim sivim masama (*tractus tectoreticularis* i *tractus tectocerebellaris*). Preko ovih veza ostvaruju se brojni i često složeni optički refleksi (pokreti glave i vrata, pokreti očiju, širenje ili sužavanje zenice, akomodacija, konvergencija očiju). Optički put povezuje preko više sinapsi (neurona) retinu sa kortikalnim vidnim centrima.

Mrežnjača (retina) je najdublji sloj očne jabučice koji ima dva dijela: ima slijepi dio (*pars caeca-TA*) mrežnjače, koji je ispred zupčaste linije (*ora serrata*) dok je iza zupčaste linije vidni dio (*pars optica-TA*) mrežnjače, koji je potpuno razvijen i posjeduje složenu građu. Dva osnovna sloja retine su pigmentni sloj (*stratum pigmentosum retinae-TA*) i živčani sloj ili *stratum nervosum retinae-TA* (**neuralna retina**).

Živčana ili neuralna retina je razvojno porijeklom iz mozga (dijencefalona) i ima veoma složenu građu u kojoj pored fotoreceptora učestvuju brojne ćelije za primarnu obradu impulsa dobijenih iz fotoreceptora. Njena složena građa se može pojednostavljeno prikazati u tri (anatomska) sloja retinalne analize i kodiranja vidne informacije, idući od spolja ka unutra (ka staklastom tijelu), a prema toku impulsa: neuroepitel ili sloj čepića i štapića (*stratum neuroepitheliale* ili *stratum bacilorum et conorum*), sloj bipolarnih neurona (ganglijski sloj retine) i ganglijski sloj retine (ganglijski sloj vidnog živca).

Receptori su produžeci (segmenti) neuroepitelnih ćelija vidnog dijela (pars optica) retine. Fotoreceptorske ćelije apsorbiraju kvante svetlosti (fotone) i preobraćaju ih u električni signal. Postoje dva osnovna tipa fotoreceptora, čepići (*coni*) i štapići (*bacilli*). Fotoreceptori sadrže protein **opsin** za koji je vezan ligand, derivat A vitamina, 11- cis retinol. Štapići (*epithelocytes baciliferi*) su veoma osjetljivi na slabo svjetlo (npr. gledanje na mesečini), ne razlikuju boje, nema ih u žutoj mrlji i brojniji su na periferiji retine. Čepići (*epithelocytes coniferi*) posebno aktivni pri jakoj svjetlosti, predstavljaju receptore za boje i specifično su osjetljivi za pojedine talasne dužine svjetlosti: za crveno svjetlo (L- čepići za duge talasne dužine), za zeleno svjetlo (M-čepići za srednje talasne dužine) i za plavu svjetlost (S- čepići za kratke talasne dužine). Ovo je osnova našeg normalnog trihromatskog viđenja. Čepići su nazastupljeniji u predjelu zadnjeg pola očne jabučice, a isključivi su receptori u žutoj mrlji (*macula lutea*) čiji je udubljeni centar *fovea centralis*. Najveći dio informacija iz oka ka mozgu potiče upravo iz središnje jamice- foveje. Pri srednjoj jačini svjetla aktivni su i čepići i štapići. Svaka tačka na mrežnjači odgovara izvjesnoj tački u vidnom polju i kasnije je i u strukturama vidnog puta takođe zastupljena na uvijek određeni odgovarajući način, što se naziva **retinotopski raspored**.

Impulsi iz fotoreceptora se prenose na interneurone retine, na bipolarne ćelije, koje dalje sprovode impulse, i na horizontalne ćelije koje bočno povezuju ove ćelije retine. **Neuron 1** optičkog puta su praktično **bipolarne ćelije mrežnjače** sa drugim interneuronima u stratumu ganglionare retinae. Pri tome postoje izvjesne razlike u provođenju impulsa iz čepića i štapića (razlike u provođenju viđenja boja, u brzini provođenja impulsa). Pojednostavljeno govoreći, jer su procesi u retini ipak mnogo složeniji, mogu se razlikovati brži, direktni put i sporiji, indirektni put. Čepići pripadaju bržem, **direktnom putu** sprovođenja impulsa koji se sa njih neposredno prenose na bipolarne, pa na ganglijske će-

lije mrežnjače. Štapići pripadaju sporijem, **indirektnom putu** sprovođenja koji prenosi impulse sa više štapića na bipolarne neurone, sa njih na amakrine i tek onda na ganglijske neurone.

Na kraju oba ova puta koji se nalaze u retini, impulsi se sa bipolarnih ćelija (**neuron 1**) prenose na ganglijske neurone (**neuron 2**) koji su projekcioni neuro-ni mrežnjače i njihovi aksoni grade vidni živac (*n. opticus*).

Ganglijske ćelije retine se fiziološki mogu odrediti i kao P (X) ćelije i kao M (Y) ćelije. Oko 80% ganglijskih neurona retine pripada P sistemu, i imaju mala ćelijska tijela, srednje brzine provođenja aksona, mala receptivna polja i prenose informacije o bojama. Ove P (X) ćelije se projektuju i u pretektalnu oblast i u corpus geniculatum laterale, provode impulse sporije od M ćelija i učestvuju u obradi boja (spororeagujući X- sistem). Oko 10% ganglijskih neurona retine pripada M sistemu i imaju velika ćelijska tijela, veliku brzinu provođenja kroz aksone (brzoreagujući Y- sistem), osjetljivi su na brze promjene jačine svjetla (viđenje u sumraku) i informišu o kretanju. Projektuju se u spoljašnje koljenasto tijelo (*corpus geniculatum laterale*) i u gornje kvržice srednjeg mozga (*colliculus superior*). Ova dva sistema (P-parvocelularni i M- magnocelularni) ostaju razdvojeni i kasnije u spoljašnjem kolenastom tijelu i tokom kortikalne obrade impulsa.

Iz retine polaze i vlakna koja se neposredno završavaju u *nucleus suprachiasmaticus- TA*, *nuclei pretectales* i akcesornim okulomotornim jedrima, ali se velika većina vlakana završava u corpus geniculatum laterale metotalamusa.

Neuron 2 vidnog puta su ganglijske ćelije u *stratum ganglionicum retinae- TA* (*stratum ganglionare n. optici*), njihovi aksoni se skupljaju na zadnjem polu očne jabučice i grade *n. opticus*. Vidni živac prolazi kroz orbitu i optički kanal (*canalis opticus*), ulazi u srednju lobanjsku jamu (*fossa cranii media*) i pruža se do optičke raskrsnice (*chiasma opticum*), u kojoj se ne ukrštaju sva vlakna *n. opticus*, već dolazi do djelimičnog ukrštanja vlakana vidnog puta. Ovo **ukrštanje u hijazmi je djelimično**, jer se vlakna iz temporalnih delova retine ne ukrštaju, iz nazalnih dijelova retine se ukrštaju, a neka vlakna iz žute mrlje i foveae centralis (makularna vlakna) se ukrštaju, a neka nastavljaju ipsilateralno.

Dalje od hijazme, neuron 2 optičkog puta nastavlja kao optička traka- *tractus opticus* koji obilazi oko *crus cerebri* srednjeg mozga i završava se najvećim dijelom u *corpus geniculatum laterale (nucleus dorsalis corporis geniculati lateralis- TA)* metotalamusa, ali i u drugim subkortikalnim optičkim centrima (*pulvinar thalami* i *colliculus superior*). *Tractus opticus* sadrži vlakna iz temporalne polovine mrežnjače istostranog oka, vlakna iz nazalne polovine mrežnjače suprotnog oka i makularna vlakna iz oba oka. Ovde treba istaći da zbog ukrštanja svjetlosnih zrakova, lijeve polovine obje retine primaju sliku iz desne polovine **vidnog polja**, a desne polovine obje retine iz lijeve polovine **vidnog polja**. Mali dio vlakana traktusa optikusa direktno odlazi u *pulvinar thalami*. Brojna vlakna iz pulvinara odlaze u parijeto- temporo- okcipitalni korteks i time ostvaruju vezu sa vidnim asocijacionim kortikalnim poljima.

Spoljašnje koljenasto tijelo (*corpus geniculatum laterale*) ima složenu građu i u njemu postoji retinotopska organizacija projekcija iz oba oka. Sastoji se iz 6 slojeva neurona koji slojevi se broje od najdubljeg, 1 sloja, do 6 sloja koji je najpovršniji.

U slojeve 1, 4, 6 stižu impulsi iz suprotnog oka (ukrštena ili nazalna vlakna), a u 2, 3 i 5 iz ipsilateralnog oka (neukrštena ili temporalna vlakna). Najdublja dva sloja (1 i 2) sastavljena iz velikih neurona, nazivaju se **magnocelularni slojevi** ("ventralno jedro"), i dobijaju vlakna iz M (Y) ganglijskih ćelija brzog prijenosa informacija, odnosno koja prenose impulse iz štapića. Slojevi od 3 do 6 sastavljeni iz sitnih neurona su **parvocelularni slojevi** koji dobijaju impulse iz P (X) tipa ganglijskih neurona retine. Parvocelularni slojevi dobijaju impulse od sporije provodećih P vlakana, koja prenose nadražaje od čepića, te učestvuju u sporijem prenosu informacija o bojama i prostoru i to po pravilu "tačka na tačku".

Dio M (Y) vlakana optičkog puta preko *brachium colliculi superioris* završava se i u colliculus superioru, dok su neka od vlakana optičkog puta usmjerena za *area pretectalis* i *nucleus suprachiasmaticus* hipotalamusa. Dok sivi slojevi gornje kvržice imaju ulogu u regulaciji pokreta očiju, *area pretectalis* je od značaja u optičkim refleksima, a suprahijazmatsko jedro u regulaciji cirkadijanih i drugih bioloških ritmova.

Posle složene obrade impulsa unutar *corpus geniculatum laterale*, iz njega polazi **neuron 3** optičkog puta. Tijela **neurona 3** optičkog puta su smještena u slojevima *corpus geniculatum laterale* i njegovi aksoni grade *radiatio optica-TA* ili *fibrae geniculo-calcarinae-TA* (*tractus geniculocalcarinus*). *Radiatio optica* prolazi kroz pars retro- i sublentiformis unutrašnje moždane čaure (*capsula interna*) i završava se u primarnom vidnom polju- *area striata-TA*. Primarno vidno polje se označava kao V1 ili area 17 po Brodmanu (BA 17). Area striata obuhvata koru zidova i dna kandžastog žlijeba (*sulcus calcarinus*) i dijelove kore *cuneusa* i *gyrus lingualis* oko kandžastog žlijeba. Neuroni unutar areje V1 su retinotopski organizovani: neuroni koji su odgovorni za susjedne dijelove vidnog polja smješteni su blizu jedni drugima u kori. Retinotopski raspored u vidnom putu zadržava se i u kortikalnoj vidnoj oblasti jer dio areje strijate iznad sulkus kalkarinusa dobija projekcije iz donjih dijelova vidnog polja, odnosno gornjih polovina retine, a dio ispod sulkus calcarinusa iz donjih dijelova retine, odnosno gornjih polovina vidnog polja. Unutar kandžastog žlijeba i više pozadi prema potiljačnom polu su makularne projekcije. žlijeba ili žljeba?

Oko polja V1 je peristrijatna kora, area V2 ili BA 18. Od areje V2 počinje **razdvajanje** impulsa pomenuta dva toka obrade impulsa, nazvanih M tok i P tok. **M (magnocelularni) tok impulsa** se iz polja V2 projektuje u polje V3 i informiše o lokaciji i kretanju u vidnom polju, a impulsi dalje idu u medijalnu temporalnu koru, u oblast V5. Drugi, **P (parvocelularni) tok impulsa** iz polja V2 ide u polje V4 i prenosi informacije o obliku i bojama, i dalje u donje temporalne predele kore. U skladu sa njihovim daljim usmjerenjem ka odgovarajućim kortikalnim regionima tok informacija o prepoznavanju i razlikovanju boja i oblika (P) naziva se i **ventralni put**, dok se tok informacija o pokretima, lokaciji i vizuelnoj pažnji (M) naziva i **dorzalni put**.

Refleksni neuron produžava vlaknima iz tractus opticus i corpus geniculatum laterale preko *brachium colliculi superioris* do colliculus superiora (refleksni optički centar) iz koga postoje veze za areu pretectalis ili prema fasciculus longitudinalis medialisu (FLM). Iz gornje kvržice polaze refleksni neuroni gradeći *tractus tectospinalis*, *tractus tectobulbaris*, *tractus tectoreticularis* i *tractus tectocere-*

bellaris, kao i u sastavu *fasciculus longitudinalis medialis* (FLM). Dalje veze su opisane ranije sa refleksima zenice i akomodacije.

Dakle, aksoni neurona iz spoljašnjeg koljenastog tijela završavaju se ne samo u potiljačnoj kori, već neki odlaze i u *colliculus superior*, *area pretectalis*, *nucleus suprachiasmaticus hypothalami* i u *zona incerta*, čime se uključuju u važne refleksne i ekstrapiramidne puteve.

Kliničke implikacije

Raspored vlakana tokom optičkog puta, naročito u optičkom živcu, hijazmi i optičkom traktu je takav da oštećenja ovih struktura mogu dati tačno određene ispade. Kod razmatranja oštećenja vidnog puta treba jasno razlikovati pojmove **vidno polje i retina**. Naime, temporalna retina prima sliku iz nazalnog vidnog polja tog oka, a njegova nazalna retina prima sliku iz temporalnog vidnog polja istog oka.

Sljepilo kao stanje se naziva anopia (*anopia*), dok se defekt u vidnom polju naziva *anopsia*. Oštećenje jedne polovine vidnog polja je *hemianopia* (*hemianopsia*). Zavisno da li su oštećena ista ili različita vidna polja oba oka, može biti *homonimna* ili *heteronimna hemianopia*.

Tako, potpuno oštećenje jednog optičkog živca dovodi do sljepila na jednom oku, a oštećenje optičkog trakta dovodi do hemianopije na način da postoje ispadi u oba vidna polja, temporalnom i nazalnom. Pritisak na centralni dio hijazme (npr. kod tumora hipofize), može dovesti do bitemporalne hemianopsije u oba oka, jer su oštećena ili uništena samo ukrštena (nazalna) vlakna (slike iz temporalnih vidnih polja oba oka). Ispadi u jednom delu vidnog polja, često u vidu nepravilnih oblasti (mrlja), nazivaju se *skotomi*.

Kolor selektivna areja je u donjem okcipito- temporalnom regionu, blizu sredine sulkus kolateralisa. Oštećenje polja V4 (**gyrus fusiformis**) dovodi do ahromatopsije- nemogućnosti prepoznavanja boja.

AKUSTIČKI PUT

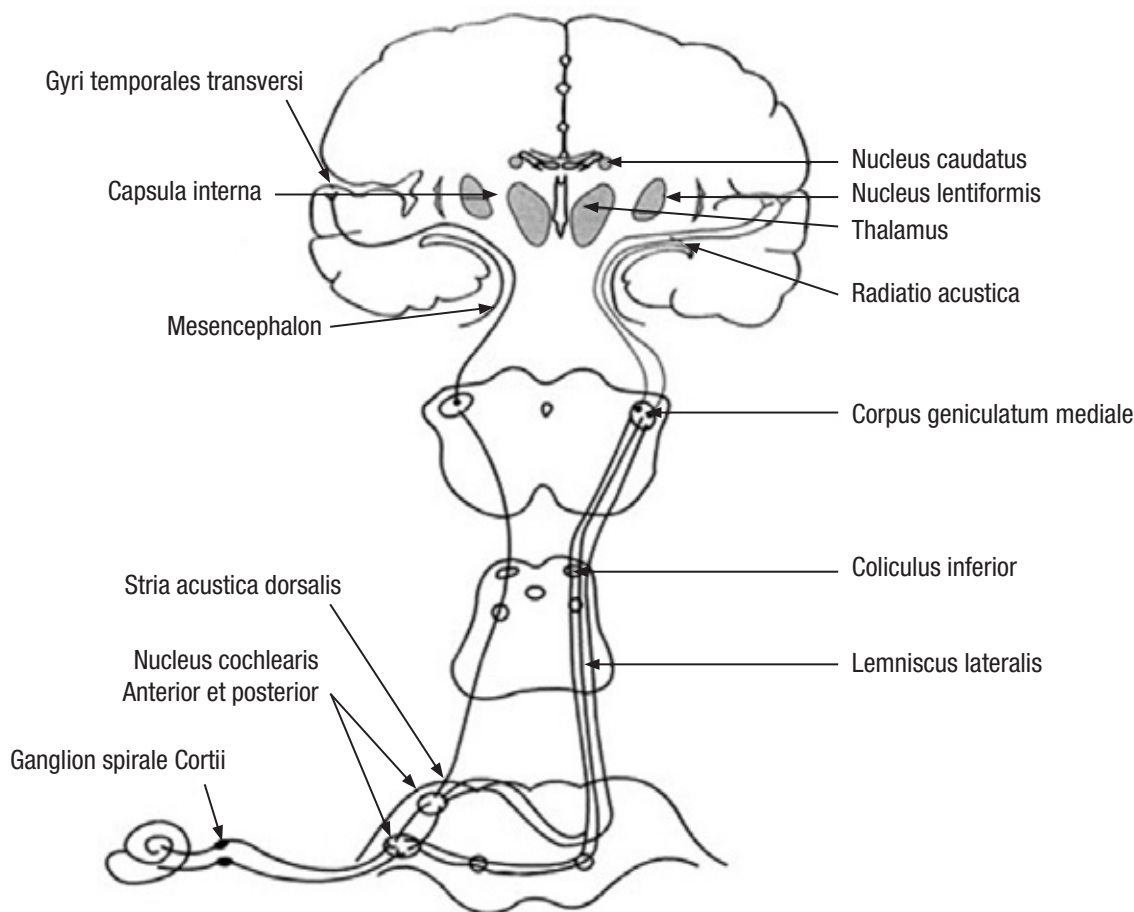
Organ sluha je uho, pri čemu su srednje i unutrašnje uho uključeni u prenošenje i pretvaranje mehaničke energije zvučnih talasa u nervne impulse.

Receptori vibracija endolimfe

Zvučni talasi izazivaju vibracije bubne opne, koje se preko sistema slušnih košćica i fenestre vestibuli prenose na perilimfu, koja potom izaziva vibracije endolimfe u ductus cochlearisu. Na paries tympanicus ductus cochlearis je Kortijev spiralni organ čije trepljaste ćelije reaguju na vibracije endolimfe i prenose impulse na neuron 1 akustičkog puta.

Neuroni 1 akustičkog puta čine bipolarni neuroni Kortijevog spiralnog ganglion (*ganglion spirale cochleare-TA*) koji leže u spiralnom kanalu modiolusa. Njihovi dendriti (periferni produžeci) inervišu bazalne dijelove receptorskih ćelija Kortijevog organa, a centralni produžeci (aksoni) obrazuju *nervus cochlearis* (dio n. vestibulocochlearisa –VIII). Ovaj živac (zajedno sa vestibularnim dijelom VIII kranijalnog živca, sa oba dijela VII živca i sa a. labyrinthi) prolazi kroz unutrašnji slušni hodnik (*meatus acusticus internus*) i pontocerebelarni ugao, dospijeva u bočni kraj *sulcus bulbopontinusa* i potom u najniži dio ponsa. Svaki od aksona neurona 1 se u moždanom stablu račva na dva kraka koji se završavaju u ventralnom i dorzalnom akustičkom jedru (*nucleus cochlearis anterior et*

posterior). Ascendentna vlakna završavaju se u dorzalnom kohlearnom jedru (*nucleus cochlearis posterior*), a descendentna u ventralnom kohlearnom jedru (*nucleus cochlearis anterior*).



Slika 12-6. Shematski prikaz akustičkog puta

Neuroni zadnjeg ili dorzalnog, i prednjeg ili ventralnog kohlearnog jedra su **neuron 2** akustičkog puta i njihova vlakna prelaze većim dijelom kontralateralno (na suprotnu stranu) gradeći *corpus trapezoideum-TA* i *striae cochleares-TA* (*striae acusticae*). Ovi aksoni se po napuštanju kohlearnih jedara grupušu u dvije akustičke strije: *stria cochlearis posterior-TA* i *stria cochlearis anterior-TA*, dok oko postojanja srednje strije (*stria cochlearis intermedia*) kod čovjeka nema usaglašenih mišljenja. Ove strije se pružaju kroz dubinu tegmentuma prelazeći na suprotnu stranu (kontralateralno). Lijeve i desne ventralne kohlearne strije se ukrštaju gradeći na poprečnom presjeku ponsa tvorevinu nazvanu *corpus trapezoideum*. Zadnja (ili dorzalna) kohlearna strija učestvuje u građi lateralnog lemniskusa (*lemniscus lateralis*), dok prednja (ili ventralna) kohlearna strija (sa najviše vlakana) daje vlakna i za istostrani lemniskus lateralis i za lemniskus lateralis suprotne strane.

Vlakna (aksoni) neurona 2 ukrštena, kao i dio vlakana sa iste strane, mogu se pružati bez prekida (sinapse) ili sa prekidom (sinapsom) ili u jednom, ili u

više sljedećih relejnih jedara akustičkog puta: *nucleus olivaris superior medialis et lateralis- TA* (za određivanje pravca iz koga dolazi zvuk), *nucleus corporis trapezoides- TA*, *nuclei lemnisci lateralis- TA*, *nucleus brachii colliculi inferioris- TA* (refleksno jedro akustičkog sistema) ili se pobočno odvajaju za *ascendentni retikularni aktivirajući sistem* (ARAS).

Vlakna kohlearnih (akustičkih strija) i iz relejnih akustičkih jedara posle prelaska na suprotnu stranu skreću naviše i grade veliki put, *lemniscus lateralis*, koji prolazi kroz tegmentum ponsa i mezencefalona. *Lemniscus lateralis* (neuron 2 akustičkog puta) se dijelom prekida u donjoj kvržici mezencefalona (*colliculus inferior mesencephali*), a potom sva njegova, i prekinuta i neprekinuta vlakna prolaze kroz *brachium colliculi inferioris* i završavaju u *corpus geniculatum mediale*, gde ostvaruju sinapse sa **neuronom 3** akustičkog puta.

Neuroni untrašnjeg koljenastog tijela su **neuron 3** akustičkog puta i njihovi aksoni kroz *pars sublentiformis capsulae internae* kao *radiatio acustica-TA* stižu do primarnog akustičkog polja- *gyri temporales transversi* (Heschl) i *planum temporale* (areae 41 i 42 po Brodmanu). U primarnoj slušnoj kori temporalnog režnja postoji tonotopski raspored, a oko nje je sekundarna slušna kora sa više polja.

VESTIBULARNI PUT

Čulo za ravnotežu može se podijeliti na receptorni dio i na vestibularni put koji polazi od organa za ravnotežu ka drugim strukturama CNS.

Receptori za ravnotežu vestibularnog aparata su najvećim dijelom smješteni u koštanom vestibulumu, (u utrikulusu i sakulusu za statičku ravnotežu), ali i u proširenjima (ampulama) koštanih polukružnih kanala, odakle obavještavaju o promjenama brzine (dinamička ravnoteža).

Receptori za statičku ravnotežu makule utrikulusa i makule sakulusa obavještavaju o položaju glave u odnosu na silu zemljine teže. Makula utrikuli leži na dnu utrikulusa, približno u horizontalnoj ravni kada je čovjek u uspravnom položaju, i obavještava o promjenama položaja glave. Makula sakuli je na medijalnom zidu sakulusa u vertikalnoj ravni, značajna je za ravnotežu kada čovjek leži, a obavještava i o bočnom savijanju glave.

Polukružni kanali prednji, zadnji i spoljašnji (horizontalni) su međusobno pod pravim uglom i predstavljaju tri ravni prostora. Lateralni (horizontalni) polukružni kanal je skoro vodoravan (ustvari je pod uglom od oko 30⁰ stepeni nagnut unazad), a ostala dva kanala su skoro u vertikalnim ravnima. Stoga je prednji kanal jedne strane skoro paralelan zadnjem kanalu suprotne strane. Polukružni kanali reaguju na promjene ubrzanja (angularno ubrzanje) kod rotacije glave, ali ne mogu otkriti trajnu rotaciju koja je i inače rijetka pojava u u prirodi.

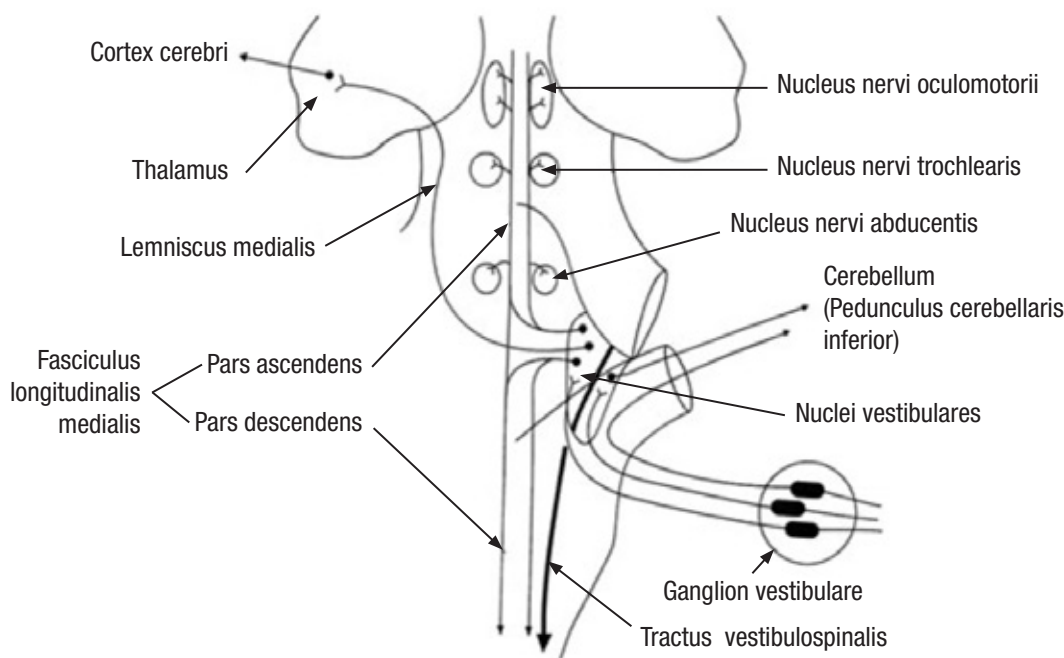
Od receptorskih trepljastih ćelija impulsi se prenose na **neuron 1** vestibularnog puta Neuron I vestibularnog puta grade bipolarne ganglijske ćelije vestibularnog gangliona (*ganglion vestibulare-TA*; ganglion vestibulare - Scarpa) smještenog u unutrašnjem slušnom hodniku (*meatus acusticus internus*). Njihovi periferni produžeci primaju nadražaje od receptornih ćelija polukružnih kanala (*cristae ampullares*), mještinice (*macula utriculi*) i vrećice (*macula sacculi*). Centralni produžeci neurona 1 grade *nervus vestibularis-Ta n. vestibulocochlearisa* (VIII) koji prolazi kroz unutrašnji slušni hodnik i pontocerebelarni ugao (sa VII, VII-bis i sa a. labyrinthi) i ulazi u spoljašnji kraj *sulcus bulbopontinus*. Po ulasku kroz ovu granicu produžene moždine i ponsa, neuron 1 se završava u svojim,

vestibularnim jedrima koja su ispod bočnog ugla rombaste jame (*fossa rhomboidea*). Vestibularna jedra su *nucleus vestibularis superior-TA*, *nucleus vestibularis medialis-TA*, *nucleus vestibularis lateralis-TA* i *nucleus vestibularis interstitialis-TA*, i iz njih polazi **neuron 2** vestibularnog puta.

Neki od aksona **neurona 1** direktno produžavaju ka flokulonodularnom reznju i susjednim dijelovima cerebeluma (*vestibulocerebellum-TA*).

Neuron 2 vestibularnog puta leži u vestibularnim jedrima i njegovi aksoni su najvećim dijelom usmjereni prema malom mozgu (*flocculus* i *nodulus*, *nucleus fastigii*), ili se pružaju naniže ka kičmenoj moždini (*tractus vestibulospinalis*- lateralni i medijalni vestibulospinalni trakt), kao i vestibularna komponenta *fasciculus longitudinalis medialis* (**FLM**), prema retikularnoj formaciji i motornim jedrima III, IV i VI moždanog živca. Manji dio vlakana se pruža obostrano ka jednom malom jedru u donjem dijelu talamusa u blizini VPL i VPM i u samom VPL.

Tijela **neurona 3** leže u jedrima lateralne grupe talamusa (*nucleus ventralis posterolateralis* (VPL) - TA, *nuclei ventrales laterales* (VL) -TA). Iz *nucleus ventralis posterolateralis* (VPL) talamusa polazi **neuron 3** vestibularnog puta za koru oko prednjeg dijela intraparijetalnog žleba (blizu postcentralne vijuge i zadnji dio insule koji je uz slušnu koru, a vjerovatno i više kortikalnih oblasti dobija vestibularne projekcije.



Slika 12-7. Shematski prikaz vestibularnog puta

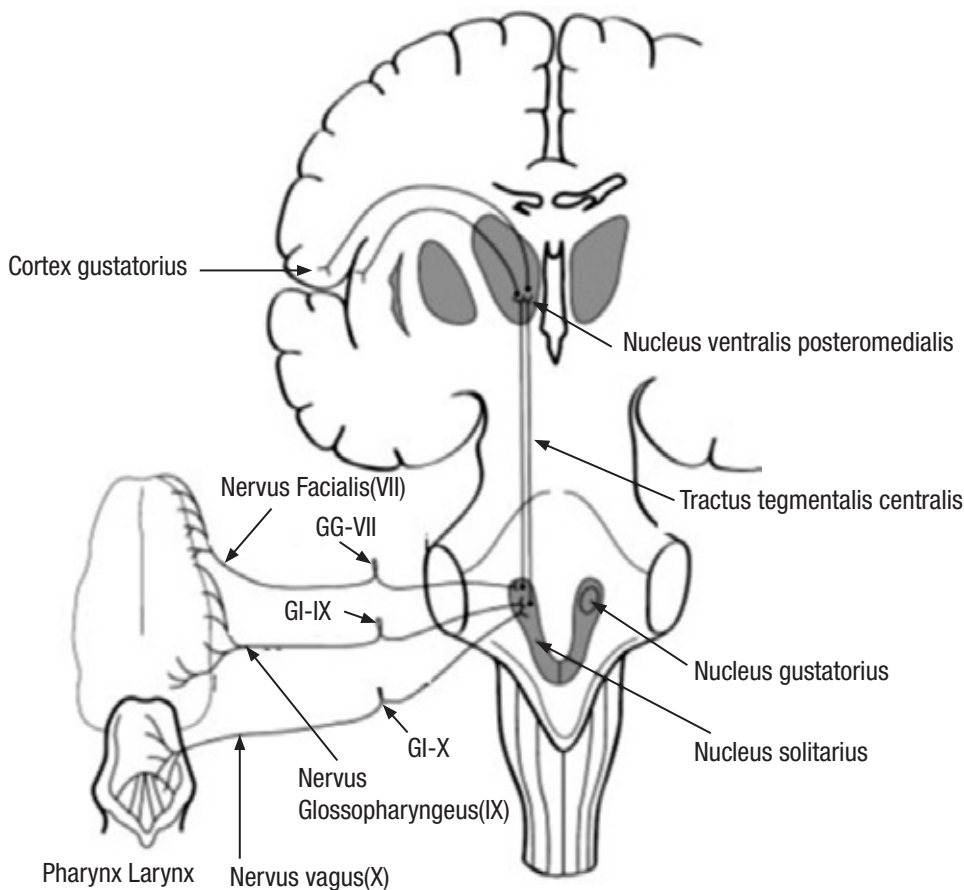
KLINIČKE IMPLIKACIJE

Kao posljedica raznih zapaljenja, krvarenja, otoka, pritiska, trauma i sl. može doći do oštećenja labirinta unutrašnjeg uha koje može da se manifestuje kao *Meniereov sindrom*. Karakteriše ga iznenadni napad vrtoglavice (vertigo), zujanje u uhu (tinnitus), prolazno sniženje sluha na istoj strani i pojava nistagnusa koji obično mijenja pravac u toku jednog napada.

GUSTATIVNI PUT

Čulo ukusa koje je (kao i čulo mirisa) hemijsko čulo, ima receptore smještene u ustima, najviše na jeziku, ali ih ima i na nepcu, i početnim dijelovima grkljana (epiglottis), ždrijela i jednjaka. Smatra se da utisku ukusa neke hrane doprinosi i njen miris, pa i osjeti dodira i temperature iz usne duplje. Gustativni receptori razlikuju više vrsta ukusa, koji se prepoznaju kao **slano** (vrh jezika), **slatko** (vrh jezika), **kiselo** (na bočnim stranama), **gorko** (korjen jezika i meko nepce) i **umami** (specifičan ukus definisan u novije vreme). Ipak, bez obzira na ovo svi dijelovi jezika su osjetljivi na sve ove vrste ukusa. Na sluzokoži jezika opšancene, listaste i pečurkaste kvržice (papile) sadrže gustativne receptore.

Neuron 1 gustativnog puta su pseudounipolarni gustativni neuroni čija tijela leže u ganglionima VII, IX i X moždanog živca (*ganglion geniculi-VII, ganglion inferius -IX i ganglion inferius - X živca*). Njihovi periferni nastavci u sastavu VII i IX moždanog živca prenose nadražaje iz gustativnih pupoljaka. Nešto nadražaja čula ukusa prenose i vlakna n. vagusa porijeklom iz sluzokože ždrijela, grkljana i gornjeg dijela jednjaka. Pri tome n. *facialis* nosi vlakna iz pečurkastih papila (*papillae fungiformes*) sadržana u bubnoj vrpici (*chorda tympani*), a n. *glossopharyngeus* nosi nadražaje iz opšancenih i listastih papila (*papillae vallatae et foliatae*). Centralni produžeci **neurona 1** posredstvom n. *glosofaringeusa* i n.



Slika 12-8. Shematski prikaz gustativnog puta:

GG-VII (Ganglion geniculi nervi VII), GI-IX (Ganglion inferior nervi IX), GI-X (Ganglion inferior nervi X)

facialis (mnogo manje i *n. vagusa*), prolaze kroz produženu moždinu kao usamljeni snop (*tractus solitarius-TA*) i stižu do tzv. *nucleus gustatoriusa*. Ovo jedro (*nucleus gustatorius*) je ustvari gornji dio najvažnijeg velikog viscerosenzitivnog kompleksa (11 jedara) moždanog stabla nazvanog *nuclei tractus solitarii-TA*. Dio neurona gustativnog puta učestvuje u važnim refleksima gutanja ili kivanja. Iz solitarnog jedra najveći dio vlakana (aksoni) gustativnog puta pruža se dalje kao njegov **neuron 2** u sastavu **lemniskus medialis** iste strane (vidi *lemniscus medialis*), ali i kroz centralni tegmentalni trakt, i završavaju se na **neuronima 3**, u najmedijalnijem dijelu *nucleus ventralis posteromedialis* (VPM)-*TA* talamusa.

U VPM jedru smeštena su tijela **neurona 3** čiji se aksoni kroz zadnji ili retro-lentiformni dio kapsule interne (u sastavu *radiatio thalami centralis -TA*) pružaju do dva kortikalna gustativna polja. Prvo kortikalno gustativno polje je post-centralnoj vijuzi ispod somatosenzitivnog polja za jezik (donji, operkularni dio *gyrus postcentralisa*), dok je drugo kortikalno gustativno polje u susjednoj kori insule (insuloperkularno područje) i medijalnoj strani frontalnog operkuluma.

Izvjese gustativne projekcije postoje i za orbitofrontalnu koru iz koje se, integrisane sa mirisnim informacijama, usmjeravaju ka limbičkom sistemu (hipotalamusu).

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Kao posljedica raznih oboljenja ili povreda nervnih struktura, oboljenja jezika, upotrebe nekih lijekova, pušenja, psihičke depresije i slično, mogu se javiti poremećaji gustativnog sistema, koji se mogu manifestovati raznim promjenama čula ukusa: gubitak čula ukusa (*ageusia*), snižena osjetljivost čula ukusa (*hypo-geusia*), pojačana osjetljivost čula mirisa (*hypergeusia*). *Parageusia* je izopačenost čula ukusa jer pacijent osjeća sasvim drugi ukus nego što u stvari treba.

MIRISNI (OLFAKTIVNI) PUT

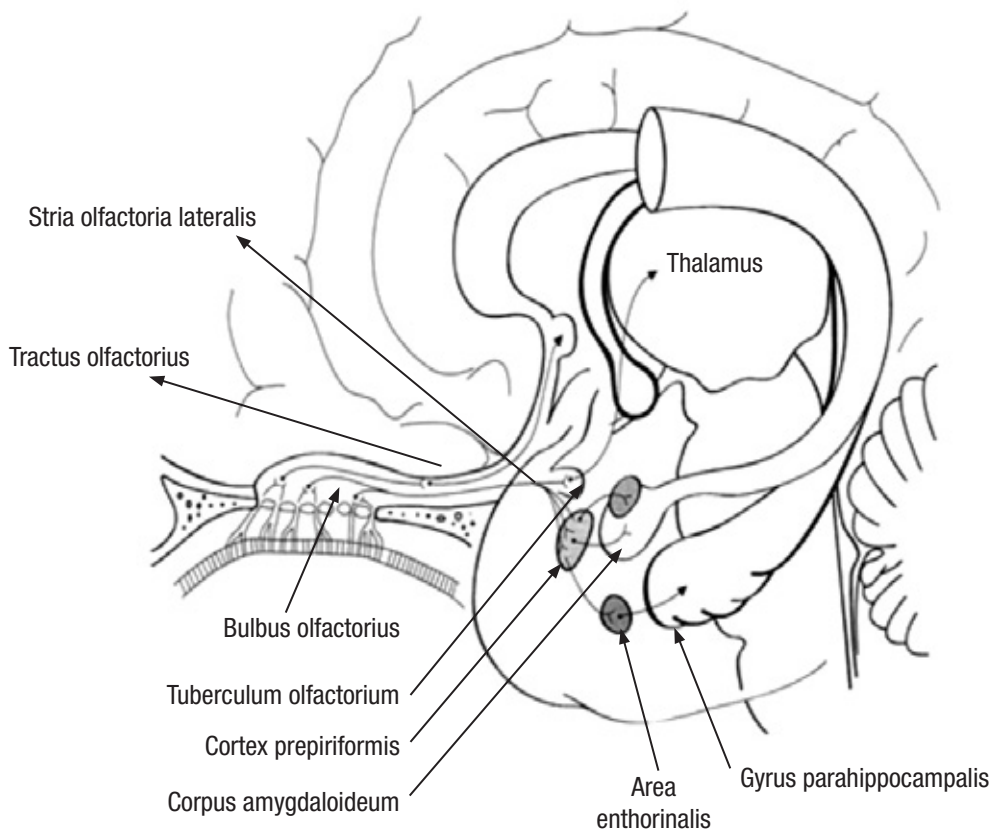
Neuroepitelne ćelije (bipolarni neuroni) koje se nalaze u *regio olfactoria* nosne duplje su receptori čula mirisa (spada u hemijska čula). Oni su **neuron 1** olfaktivnog (mirisnog) puta i njihovi tanki (0.2 μm) amijelinski aksoni u vidu oko 20 snopića- *fila olfactoria*- svi zajedno predstavljaju *nervus olfactorius* (I kranijalni živac).

Pošto **neuron 1** mirisnog puta prođe iz mirisnog epitela nosne duplje kao *n. olfactorius- TA* ili *fila olfactoria -TA* kroz otvore laminae kribroze, završava se u mirisnoj glavici (*bulbus olfactorius-TA*). U bulbusu olfaktorijusa nalaze se brojne (nekoliko hiljada) ovalne tvorevine, olfaktivni glomeruli (dijametar 100-200 μm). U specifičnoj građi ovih glomerula učestvuju završeci aksona receptorskih mirisnih ćelija koji se tu spajaju sa dendritima mitralnih i žbunastih neurona. Aksoni mitralnih i žbunastih ćelija bulbus olfaktorijusa koje su **neuron 2** ovog puta, grade mirisni trakt (*tractus olfactorius-TA*). Unutar tractus olfactoriusa dio vlakana neurona 2 ima sinapse (završava se, prekida se) u prednjem olfaktivnom jedru.

Traktus olfactorius se pozadi dijeli na tri olfaktivne strije (lateralna, medijalna i intermedijarna). Većina aksona **neurona 2** produžava unazad i upolje u sastavu strije olfaktorije lateralis i najviše vlakana neurona 2 se završava se u primarnoj mirisnoj kori, koju čine *prepiriformna kora* (duž *stria olfactoria lateralis-TA*) i *piriformna kora* (odgovara unkušu parahipokampalne vijuge). Dio neurona 2 završava se u tuberkulumu olfaktorijumu u predelu prednje rupičaste

supstance (*substantia perforata anterior-TA*). Dio olfaktivnih vlakana odlazi i ka hipotalamusu i septalnim jezdrima preko strije olfaktorije medijalis, a dio stiže i u periamigdaloidnu koru. Iz ovoga vidimo da se neuron 2 mirisnog puta ne završava u talamusu (diencephalonu), kao što je to slučaj kod ostalih senzitivnih puteva.

Piriformni korteks (*cortex piriformis-TA*) je *paleocortex-TA* bazalne strane frontalnog režnja i medijalne strane temporalnog režnja (dio parahipokampalne vijuge rostralno od unkusa). U piriformnoj i prepiriformnoj kori, koje su primarna mirisna kora, leže tijela **neurona 3** mirisnog puta. Aksoni **neurona 3** mirisnog puta se u vidu dvije grupe vlakana pružaju prema prema entorinalnoj areji (*cortex entorhinalis-TA*) i kaudalnoj orbitofrontalnoj kori. Veći dio vlakana se pruža prema entorinalnoj areji koja je sekundarno olfaktivno polje povezano pomoću *fasciculus uncinatusa* sa orbitalnim delom frontalne asocijativne kore. Entorinalna area pokriva medijalnu površinu *gyrus parahippocampalis* i iz nje veze takođe idu u kaudalnu orbitofrontalnu koru (asocijativno olfaktivno polje), periamigdaloidnu koru i kortikomedijalni dio amigdala. Olfaktivni asocijacioni korteks je na orbitalnoj površini frontalne kore i u prednjem dijelu insule (uz gustativnu koru). Manji dio vlakana **neurona 3** iz moždane kore se pruža naniže prema mediodorzalnom jedru (*nucleus mediodorsalis-TA*) talamusa, a iz ovog jedra u kaudolateralni dio orbitofrontalne kore.



Slika 12-9. Shematski prikaz mirisnog puta

Vidljivo je da aksoni neurona 3 mirisnog puta odlaze u one dijelove kore koji pripadaju limbičkom sistemu. Uočavamo i da primarna mirisna kora (*paleocortex*) šalje informacije u orbitofrontalnu koru direktno ili preko dorzomedijalnog jedra talamusa i entorinalne areje.

Sve opisane strukture mirisnog puta kod čovjeka (koji je mikrozmatski sisar) nisu toliko brojne i razvijene kao kod nekih sisara koji imaju izuzetno razvijeno čulo mirisa (npr. pas- makrozmatski sisari). One se sve zajedno često nazivaju i **rhinencephalon (mirisni mozak)** i mnoge od struktura koje su kod nižih životinja pripadale rinencefalonu su u ustvari u sastavu **limbičkog sistema**. Mirisni mozak čovjeka (*rhinencephalon*) se sastoji iz sljedećih dijelova: mirisni epitel (*pars olfactoria-TA*) nosne duplje, nn. olfactorii, mirisna glavica (*bulbus olfactorius*), mirisna traka (*tractus olfactorius*), *nucleus olfactorius anterior*, *stria olfactoria lateralis* i olfaktivni korteks. U složeniju analizu mirisnih senzacija, često nerazdvojno od funkcija limbičkog sistema, uključene su i oblasti baze mozga kao što su: *stria olfactoria medialis*, *stria olfactoria intermedia*, *tuberculum olfactorium*, *trigonum olfactorium*, *corpus amygdaloideum* i *gyrus paraterminalis*.

KLINIČKE IMPLIKACIJE

Kao posljedica raznih oboljenja ili povreda struktura mirisnog sistema mogu se javiti razni poremećaji mirisa, koji se mogu manifestovati na razne načine: gubitak čula mirisa (*anosmia*), snižena osjetljivost čula mirisa (*hyposmia*), pojačana osjetljivost čula mirisa (*hyperosmia*). *Parosmia* je izopačenost čula mirisa (tzv. mirisne obmane) ili *kakosmia* koja se javlja u vidu iznenadnih pojava neprijatnog mirisa (miris izgorjele gume, kože, leša i sl.) a javlja se obično poslije povrede glave u području hipokampusu, amigdala odnosno medijalnog temporalnog režnja .

LITERATURA

- Afifi AK, Bergman RA. Functional neuroanatomy: text and atlas. New York: McGraw-Hill, Health Professions Division; 1998.
- Ahmed-Leitao F, Spies G, van den Heuvel L, Seedat S. Hippocampal and amygdala volumes in adults with posttraumatic stress disorder secondary to childhood abuse or maltreatment: A systematic review. *Psychiatry Res Neuroimaging*. 2016 Oct 30;256:33-43.
- Aird T. Functional anatomy of basal ganglia. *Journal of Neuroscience nursing*. 2000 Oct;32:5.
- Azevedo FA, Carvalho LR, Grinberg LT, Farfel JM, Ferretti RE, Leite RE, et al. Equal numbers of neuronal and nonneuronal cells make the human brain an isometrically scaled-up primate brain. *J. Comp. Neurol.* 2009; 513: 532–41.
- Bassetti C, Bogousslavsky J, Mattle H, Bernasconi A. Medial medullary stroke: report of seven patients and review of the literature. *Neurology* 1997;48(4):882–90.
- Berlucchi G. One or many arousal systems? Reflections on some of Giuseppe Moruzzi's foresights and insights about the intrinsic regulation of brain activity. *Arch Ital Biol.* 1997; 135(1): 5-14.
- Bostanc AC, Dumb RP, Strick PL. Functional Anatomy of Basal Ganglia Circuits with the Cerebral Cortex and the Cerebellum. *Prog Neurol Surg*. Basel, Karger. 2018;33:50–61.
- Brodal A. Neurological Anatomy, Oxford University Press, New York, London, Toronto, 1969.
- Brodmann K. Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde. Leipzig: Johann Ambrosius Barth; 1909.
- Carpenter MB, Sutin J. Human Neuroanatomy, Williams and Wilkins, Baltimore, 1985.
- Cavalheiro S, Chaddad-Neto F. A Technical Guide for Fiber Tract Dissection of the Internal Capsule. *Turk Neurosurg*. 2018;28(6):934-39.
- Chowdhury F, Haque M, Sarkar M, Ara S, Islam M. White Fiber Dissection of Brain; the Internal Capsule: A Cadaveric Study. *Turkish Neurosurgery*. 2010;20(3):314-22.
- Da Costa MDS, Braga VL, Yagmurlu K, Centeno RS, Cavalheiro S, Chaddad-Neto F. A Technical Guide for Fiber Tract Dissection of the Internal Capsule. *Turk Neurosurg*. 2018;28(6):934-39.
- Damasio A. The feeling of what happens: body and emotion in the making of consciousness. New York: Harcourt Brace; 1999.
- den Donkelaar HJ, Cruysberg J, Pennings R, Lammens M. Development and developmental disorders of the brain stem. In: *Clinical neuroembryology*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2014.
- Di Ieva A, Tschabitscher M, y Baena RR. Lancisi's nerves and the seat of the soul. *Neurosurgery*. 2007; 3(6): 563-68.
- Dorsher PT, McIntosh PM. Neurogenic bladder. *Adv Urol*. 2012; 2012: 816274.
- Đulejić V, Marinković S, Georgievski B, Stijak L, Aksić M, Puškaš L, Milić I. Clinical significance of blood supply to the internal capsule and basal ganglia. *J Clin Neurosci*. 2016 Mar;25:19-26.
- Everett NB. Functional Neuroanatomy, 6th ed, Philadelphia, Lea Febiger, 1971.
- Fabri M, Pierpaoli C, Barbaresi P, Polonara G. Functional topography of the corpus callosum investigated by DTI and fMRI. *World J Radiol*. 2014;6(12):895–906.
- Fanghanel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (urednici). *Waldeyerova anatomija čovjeka*. Prvo hrvatsko izdanje. Golden marketing – tehnička knjiga, Zagreb. 2009.
- Fernández-Gil MA, Palacios-Bote R, Leo-Barahona M, Mora-Encinas JP. Anatomy of the Brainstem: A Gaze Into the Stem of Life. *Semin Ultrasound CT MRI*. 2010;31:196-219.
- Fernández-Miranda JC, Rhoton AL Jr, Kakizawa Y, Choi Ch, Alvarez-Linera J. The claustrum and its projection system in the human brain: a microsurgical and tractographic anatomical study. *J Neurosurg*. 2008 Apr;108(4):764-74.
- Filipović B, Đulejić V. Osnovi bazične i primenjene anatomije centralnog nervnog sistema. Romanov, Banjaluka. 2007.
- Fitsiori A, Nguyen D, Karentzos A, Delavelle J, Vargas MI. The corpus callosum: white matter or terra incognita *The British Journal of Radiology*. 2010;84(2011): 5–18.
- Floresco SB. The nucleus accumbens: an interface between cognition, emotion, and action. *Annu Rev Psychol*. 2015 Jan 3;66:25-52.
- Fowler CJ, Griffiths D, de Groat WC. The neural control of micturition. *Nat Rev Neurosci*. 2008; 9(6): 453-66.
- Green JH, Heffron PF. The origin of the right aortic nerve in the rabbit. *Q J Exp Physiol Cogn Med Sci*. 1966; 51(4): 276-83.

- Groenewegen HJ, Trimble M. The ventral striatum as an interface between the limbic and motor systems. *CNS Spectr*. 2007 Dec;12(12):887-92.
- Gudović R, Krivokuća Z. Anatomija centralnog nervnog sistema za studente stomatologije. Ortomedics, Novi Sad, 2003.
- Haber SN, McFarland NR. The concept of the ventral striatum in nonhuman primates. *Ann NY Acad Sci*. 1999;877:33-48.
- Hasan S, Arain A. Neuroanatomy, Spinal Cord Arteries. 2022 Aug 15. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022 Jan.
- Heimer L, De Olmos JS, Alheid G F, Person J, Sakamoto N, Shinoda K, et al. The human basal forebrain. Part II. Bloom FE, Bjorkland A, Hokfelt T. Amsterdam: Elsevier; Handbook of Chemical Neuroanatomy. 1999:57-226.
- Heimer L. The human brain and spinal cord: functional neuroanatomy and dissection guide. New York: Springer-Verlag; 1995.
- Herculano-Houzel S. The human brain in numbers: a linearly scaled-up primate brain. *Front Hum Neurosci*. 2009; 3:31.
- Herrero MT, Barcia C, Navarro JM. Functional anatomy of thalamus and basal ganglia. *Childs Nerv Syst*. 2002 Aug;18(8):386-404.
- Holford LC, Case P, Lawson SN. Substance P, neurofilament, peripherin and SSEA4 immunocytochemistry of human dorsal root ganglion neurons obtained from post-mortem tissue: a quantitative morphometric analysis. *J Neurocytol*. 1994; 23(9): 577-89.
- Hollinshead WH, Cornelius R. Textbook of Anatomy, Forhed. Ed., Harper and Row, Philadelphia, 1985.
- Hudak R, Kachlik D, Volny O et al. Memorix anatomy. 2nd edition. Triton, 2017.
- Hurley RA, Flashman LA, Chow TW, Taber KH. The brainstem: anatomy, assessment, and clinical syndromes. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci*. 2010 Winter;22(1):iv1-7.
- Ilić A, Blagotić M, Malobabić S, Radonjić V, Prostan M, Toševski J. Anatomija centralnog nervnog sistema. 11 izdanje. Savremena administracija, Beograd, 2010.
- Jackson J, Smith JB, Lee AK. The Anatomy and Physiology of Claustrum-Cortex Interactions. *Annu. Rev. Neurosci*. 2020;43:231-47.
- Kahilogullari G, Comert A, Ozdemir M, Brohi RA, Ozgural O, Esmer AF, et al. Arterial Vascularization Patterns of the Splenium: An Anatomical Study. *Clinical Anatomy*. 2012;26(6):675-81.
- Kaličanin P. Psihijatrija. Beograd: Draslar Partner; 2002.
- Kim JS. Pure lateral medullary infarction: clinical-radiological correlation of 130 acute, consecutive patients. *Brain* 2003;126(Pt 8):1864-72.
- Klein MO, Battagello DS, Cardoso AR, Hauser DN, Bittencourt JC, Correa RG. Dopamine: Functions, Signaling, and Association with Neurological Diseases. *Cellular and Molecular Neurobiology*. 2019;39:31-59.
- Kumral E, Bayülkem G, Evyapan D. Clinical spectrum of pontine infarction: clinical-MRI correlations. *J Neurol* 2002;249(12):1659-70.
- Lanciego JL, Luquin N, Obeso JA. Functional Neuroanatomy of the Basal Ganglia. *Cold Spring Harb Perspect Med*. 2012 Dec 1;2(12):a009621.
- LeDoux J. The amygdala. *Curr Biol*. 2007 Oct 23;17(20):R868-74.
- LeDoux JE, Farb CR, Romanski LM. Overlapping projections to the amygdala and striatum from auditory processing areas of the thalamus and cortex. *Neurosci Lett*. 1991;134:139-44.
- Lotrić N, Jovanović S. Deskriptivna i topografska anatomija čoveka - Glava i vrat (za studente stomatologije). Beograd: Naučna knjiga; 1990.
- Mai JK, Paxinos G. The human nervous system. 3rd edition. London: Academic Press; 2012.
- Malobabić S, Krivokuća D, Puškaš L. Osnovni principi funkcionalne neuroanatomije. Beograd: Medicinski fakultet Univerziteta u Beograd; 2007.
- Marić J. Klinička psihijatrija. Beograd: Megraf; 2005.
- Marinković R, Marković Lj. Vascularization of the insular cortex and claustrum in human development. *Srp Arh Celok Lek*. 1990 Jan-Feb;118(1-2):17-21.
- Marinković S, Ilić A, Milisavljević M, Kostić V. Funkcionalna i topografska neuroanatomija. Savremena administracija. Beograd, 1988.
- Marinković S, Milisavljević M, Antunović V. Arterije mozga i kičmene moždine. Bitinženjering. Beograd 2001.
- McDonald AJ. Cortical pathways to the mammalian amygdala. *Prog Brain Res*. 1998;55:257-332.

- McDonald AJ. Topographical organization of amygdaloid projections to the caudatoputamen, nucleus accumbens, and related striatal-like areas of the rat brain. *Neuroscience*. 1991;44:15–33.
- Milnor WR. *Cardiovascular physiology*. New York: Oxford University Press; 1990.
- Mithani K, Davison B, Meng Y, Lipsman N. The anterior limb of the internal capsule: Anatomy, function, and dysfunction. *Behav Brain Res*. 2020 Jun 1;387:112588.
- Moore KL, Dailey A. *Klinički orijentisana anatomija*. 1. izdanje, Beograd, 2014.
- Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. *Clinically oriented anatomy*, 7th edition. Lippincott Williams&Wilkins, 2011.
- Moruzzi G, Magoun HW. Brain stem reticular formation and activation of the EEG. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1949; 1(4): 455-73.
- Mtui E, Gruener G, Dockery P. *Fitzgerald's clinical neuroanatomy and neuroscience*. 7 izdanje. Elsevier, 2016.
- Netter FH. *The ciba collection of medical illustrations*. Volume I, Nervous system, Part I, Anatomy and physiology. CIBA, 1991.
- Nieuwenhuys R, Voogd JC, Huijzen C. *The Human Central Nervous System*. Springer, Berlin, New York; 2008.
- Noback Ch, Stroninger NL. *The human nervous system*, 4th ed. Lea-Fibiger, Philadelphia, 1991.
- Olds J, Milner P. Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain. *Journal of comparative and physiological psychology* 1954; 47(6): 419–27.
- Olson JS. *The history of cancer: An Annotated Bibliography*. Connecticut: Greenwood Press; 1989.
- Ortiz de Mendivil A, Alcalá-Galiano A, Ochoa M, Salvador E, Millán JM. Brainstem stroke: anatomy, clinical and radiological findings. *Semin Ultrasound CT MR*. 2013;34(2):131–41.
- Parent A, Hazrati LN: Functional anatomy of the basal ganglia. I. The cortico-basal ganglia-thalamocortical loop. *Brain Res Brain Res Rev* 1995;20:91–127.
- Park YS, Sammartino F, Young NA, Corrigan J, Krishna V, Rezai AR. Anatomic Review of the Ventral Capsule/Ventral Striatum and the Nucleus Accumbens to Guide Target Selection for Deep Brain Stimulation for Obsessive-Compulsive Disorder. *World Neurosurg*. 2019 Jun;126:1-10.
- Paulsen F, Böckers TM, Waschke J. *Sobotta anatomy textbook*. Elsevier, 2018.
- Paunović VR, Babinski T. *Biološka psihijatrija 1*. Medicinski fakultet. Beograd, 1995.
- Pavlović S, Stefanović N, Vučetić R, Antić S, Čukuranić R, Arsić S. *Anatomija centralnog nervnog sistema i čula*. Medicinski fakultet Niš. 2006.
- Pelvig DP, Pakkenberg H, Stark AK, Pakkenberg B. Neocortical glial cell numbers in human brains. *Neurobiol Aging*. 2008; 29(11): 1754-62.
- Pescatori L, Tropeano MP, Manfreda A, Delfini R, Santoro A. Three dimensional anatomy of the white matter fibers of the temporal lobe: surgical implications. *World Neurosurg*. 2017; 100:144–58.
- Petrovich GD, Canteras NS, Swanson LW. Combinatorial amygdalar inputs to hippocampal domains and hypothalamic behavior systems. *Brain Res*. 2001;38:247–89.
- Phillipson OT. Afferent projections to the ventral tegmental area of Tsai and interfascicular nucleus: A horseradish peroxidase study in the rat. *The Journal of Comparative Neurology* 1979; 187(1):117–43.
- Pinel JPJ. *Biopsychology (fourth edition)*. Boston. Allyn and Bacon, 2000.
- Price JL, Russchen FT, Amaral DG. *The Limbic Region. II: The Amygdaloid Complex*. New York: Elsevier Science, 1987.
- Qian C, Tan F. Internal capsule: The homunculus distribution in the posterior limb. *Brain and Behavior*. 2017;7:e00629.
- Rai S, Srivastava S, Kamath M, Murlimanju BV, Parmar G, Chebroli G. Delineation of Subarachnoid Cisterns Using CT Cisternography, CT Brain Positive and Negative Contrast, and a Three Dimensional MRI Sequence: A Pictorial Review. *Cureus*. 2022 Apr;14(4):e23741.
- Raybaud C. The corpus callosum, the other great forebrain commissures, and the septum pellucidum: anatomy, development, and malformation. *Neuroradiology*. 2010;52(6):447–77.
- Reihe D. *Anatomija*. 3. prerađeno izdanje. Medicinska naklada, Zagreb, 2018.
- Ribas EC, Yağmurlu K de Oliveira E, Ribas GC, Rhoton A Jr. Microsurgical anatomy of the central core of the brain. *J Neurosurg*. 2018;129:752–69.
- Romijn JA, Fliers E. Sympathetic and parasympathetic innervation of adipose tissue: metabolic implications. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2005;8(4): 440-4.
- Ruchalski K, Hathout GM. A medley of midbrain maladies: a brief review of midbrain anatomy and syndromology for

- radiologists. *Radiol Res Pract* 2012;2012:258524.
- Ruiz NAL, Del Ángel DS, Olguín HJ, Silva ML. Neuroprogression: the hidden mechanism of depression. *Neuropsychiatr Dis Treat*. 2018;14:2837-45.
- Sah P, Faber ESL, Lopez de Armentia M, Power J. The Amygdaloid Complex: Anatomy and Physiology. *Physiol Rev*; 2003;83:803–34.
- Sasaki M. Role of Barrington's nucleus in micturition. *The Journal of Comparative Neurology* 2005; 493(1): 21-6.
- Schmahmann JD, Smith EE, Eichler FS, Filley CM. Cerebral white matter: neuroanatomy, clinical neurology, and neurobehavioral correlates. *Ann N Y Acad Sci*. 2008;1142:266–309.
- Sciacca S, Lynch J, Davagnanam I, Barker R. Midbrain, Pons, and Medulla: Anatomy and Syndromes. *RadioGraphics* 2019;39:1110–25.
- Seifer C. Carotid sinus syndrome. *Cardiol Clin*. 2013; 31(1): 111-21.
- Shah A, Jhavar S, Goel A, Goel A. Corpus Callosum and Its Connections: A Fiber Dissection Study. *World Neurosurg*. 2021 Jul;151:e1024-e1035.
- Shenoy SS, Lui F. Neuroanatomy, Ventricular System. 2022 Jul 25. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan.
- Shi C, Davis M. Visual pathways involved in fear conditioning measured with fear-potentiated startle: behavioral and anatomic studies. *J Neurosci*. 2001;21:9844–55.
- Shi CJ, Cassell MD. Cortical, thalamic, and amygdaloid connections of the anterior and posterior insular cortices. *J Comp Neurol*. 1998;399:440–68.
- Šimunović J. Vladimir. *Neurokirurgija*. Zagreb: Medicinska naklada; 2007.
- Smith E, Delargy M. Locked-in syndrome. *BMJ*. 2005;330(7488):406–9.
- Smith JB, Alloway KD. Functional specificity of claustrum connections in the rat: interhemispheric communication between specific parts of motor cortex. *J. Neurosci*. 2010;30:16832–44.
- Smythies J. Section II. The dopamine system. *Int Rev Neurobiol*. 2005;64:123-72.
- Smythies J. Section III. The Norepinephrine System. *Int Rev Neurobiol*. 2005;64:173-211.
- Smythies J. Section IV. The adrenaline system. *Int Rev Neurobiol*. 2005;64:213-5.
- Smythies J. Section V. Serotonin system. *Int Rev Neurobiol* 2005;64:217-68.
- Snell R. *The brainstem. U: Clinical Neuroanatomy (6th edition)*. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, 2006:185-218.
- Stojanovic Z, Vukadinovic Stojanovic S. Correlation analysis between depressive manifestations and morphological lesion characteristics in patients with stroke. *Sanamed* 2014; 9:31-40.
- Stojanovic Z, Vukadinovic Stojanovic S. Emotional reactions in patients after frontal lobe stroke. *Vojnosanit Pregl* 2015; 72(9): 770–78.
- Synnattamby S. *Last Anatomy regional and applied*, Churchill-Livingstone, NewYork-Edinbourg-London-Tokio, Melbourne, 1999.
- Thompson JM, Neugebauer V. Cortico-limbic pain mechanisms. *Neurosci Lett*. 2019 May 29;702:15-23.
- Toerien MJ, Gous AE. The orbital muscle of Müller. *S Afr Med J*. 1978; 53(4): 139-41.
- Vinter I. Werner Platzer. *Priručni anatomski atlas*. Medicinska naklada – Zagreb, 2011.
- Vujašković G, Malobabić S, Mucić D. *Centralni nervni sistem : deskriptivna i topografska anatomija čoveka : za studente stomatološkog i srodnih fakulteta*. Autorsko izdanje, Beograd 2002.
- Williams P. et al. *Gray's anatomy, 38th edition*. Churchill-Livingstone, New York-Edinbourg-London-Tokio, Melbourne, 1990.
- Yim SH, Kim JH, Han Z-A, Jeon S, Cho JH, Kim GS, et al. Distribution of the corticobulbar tract in the internal capsule. *J Neurol Sci*. 2013 Nov 15;334(1-2):63-8.
- Zingg B, Dong HW, Tao HW, Zhang LI. Input-output organization of the mouse claustrum. *J Comp Neurol*. 2018 Oct 15;526(15):2428-43.

