



FAKULTET ZA SPECIJALNU EDUKACIJU I REHABILITACIJU
Medicinska fiziologija - predavanja

Motorni nervni sistem (2)

Doc. dr Maja Milovanović

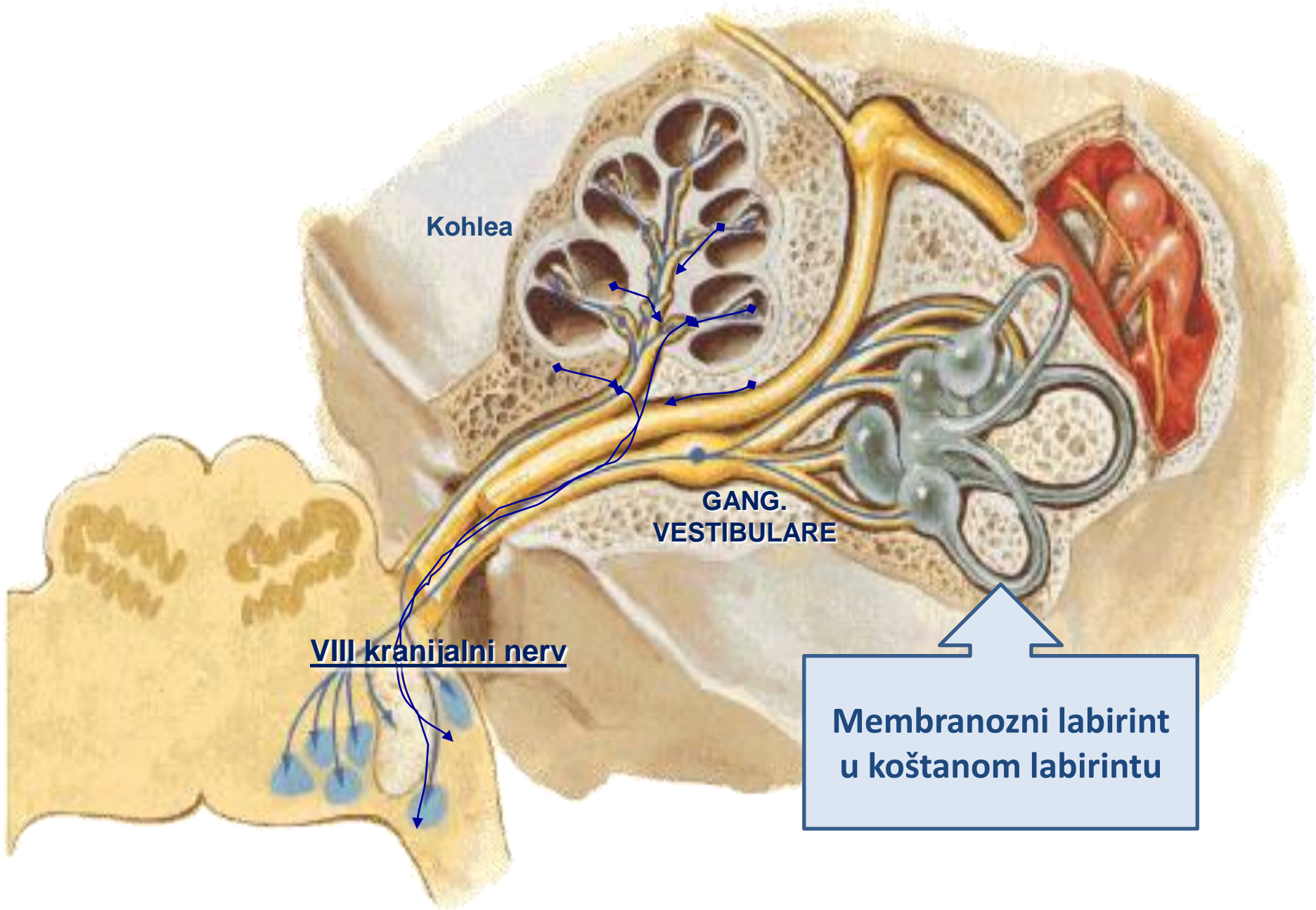
Sadržaj prezentacije

- Vestibularni sistem
- Mali mozak (cerebelum)
- Bazalne ganglije

VESTIBULARNI SISTEM

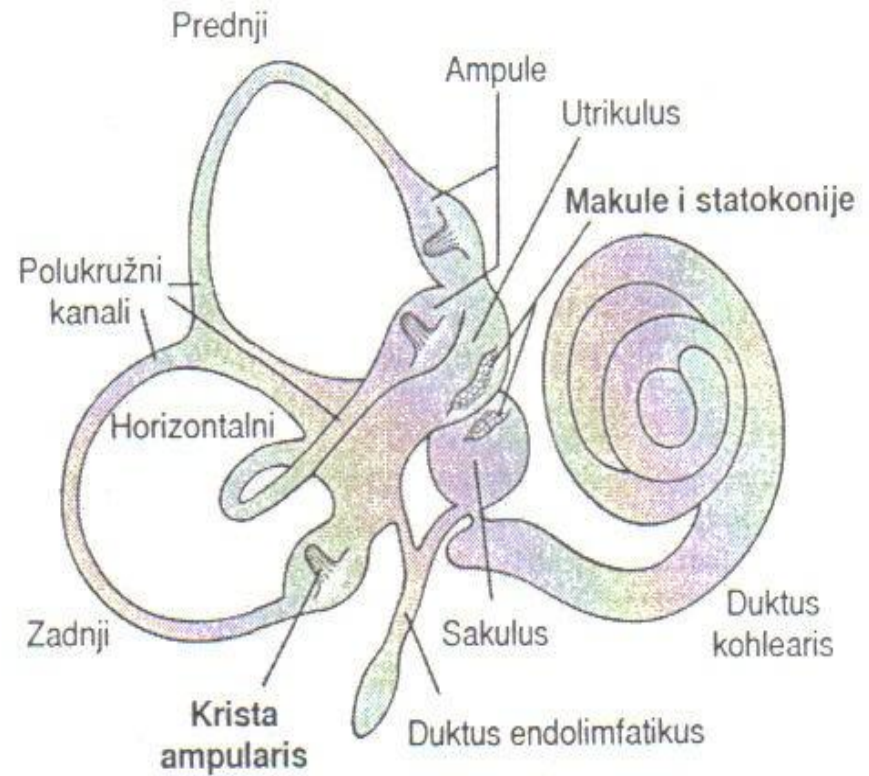
Vestibularni aparat

- Vestibularni aparat je sastavljen od sistema koštanih kanala i šupljina u petroznom delu slepoočne kosti nazvan **koštani labirint** unutar koga je sistem membranoznih kanala i šupljina nazvan **membranozni labirint.**



Membranozni labirint

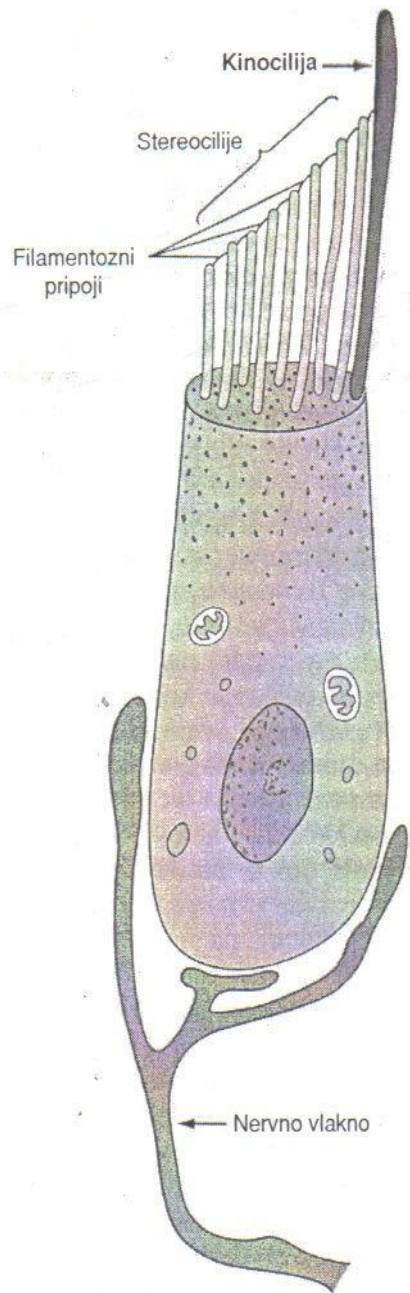
- Membranozni labirint čine:
 - tri polukružna kanala
 - kohlea (ductus cochlearis) koji ih povezuje sa,
 - dve šupljine poznate kao utrikulus i sakulus.
- **Kohlea je glavni senzorni organ za sluh**
- **Polukružni kanali, utrikulus i sakulus su integralni delovi mehanizma ravnoteže.**



MEMBRANOZNI LABIRINT

Utrikulusi i sakulusi - makula

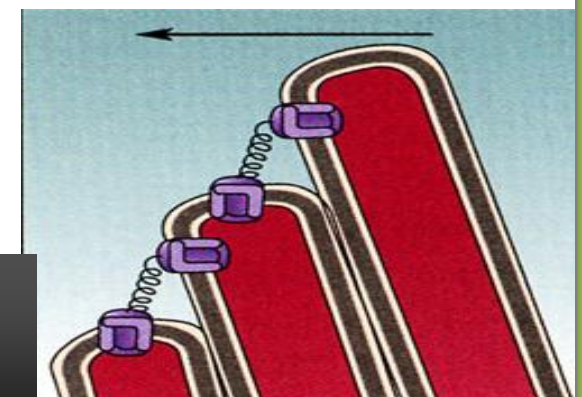
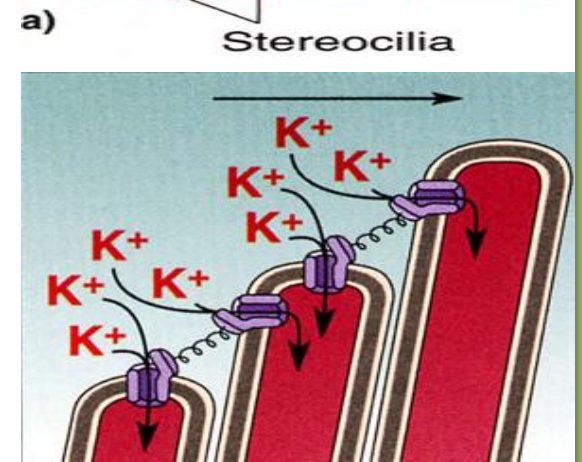
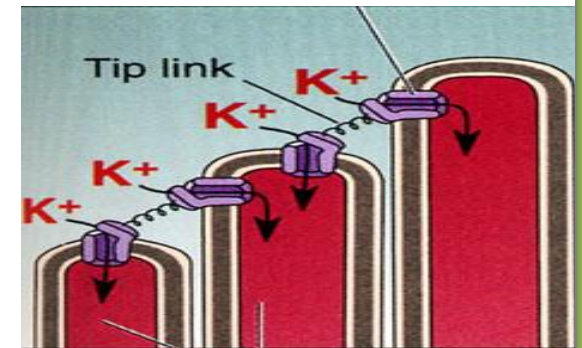
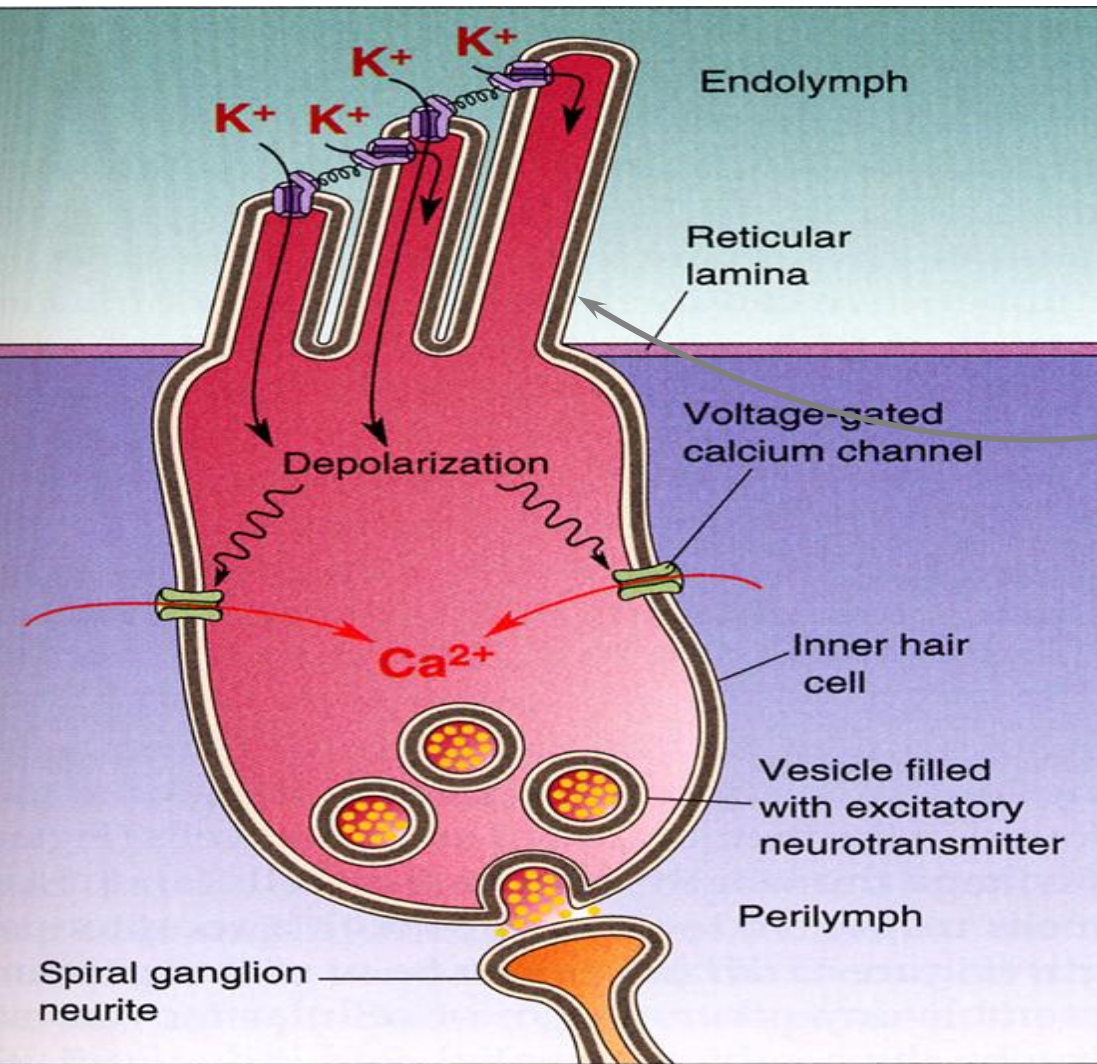
- Na unutrašnjoj površini svakog utrikulusa i sakulusa nalazi se mali senzorni (receptorski) region (oko 2mm u dijametri) nazvan **makula**.
- Svaka makula je pokrivena želatinoznim slojem u koji je uronjeno mnogo malih kristala kalcijum karbonata nazvanih otoliti.
- U makuli: potporne ćelije, i receptorske **ćelije sa dlačicama** koje pružaju cilije u želatinozni sloj.
- Baze i strane ovih ćelija prave sinapse sa senzornim završecima vestibularnog nerva.
- Težina otolita savija cilije u smeru dejstva sile gravitacije.



- Svaka ćelija sa dlačicama u makuli ima 50 – 70 malih cilija nazvanih **stereocilije** i jednu mnogo veću **kinociliju**. Kinocilija se nalazi na jednoj strani, a stereocilije se progresivno skraćuju prema drugoj strani ćelije.
- Vrh svake stereocilije vezuju sitni filamentozni pripoji za sledeću dužu stereociliju i na kraju za kinociliju.
- Kada se stereocilije i kinocilija savijaju u pravcu kinocilije **otvaraju se jonski kanali što dovodi do depolarizacije ćelije**.
- Obratno savijanje cilija u suprotnom pravcu smanjuje tenziju na pripojima i to zatvara jonske kanale što uzrokuje **hiperpolarizaciju**.

Ćelija sa dlačicama aparata za ravnotežu i njene sinapse sa vestibularnim nervom.

Vestibularne ćelije sa dlačicama



Svaka ćelija sa dlačicama sadrži 60-100 stereocilija i jednu kinociliju

Uloga makule

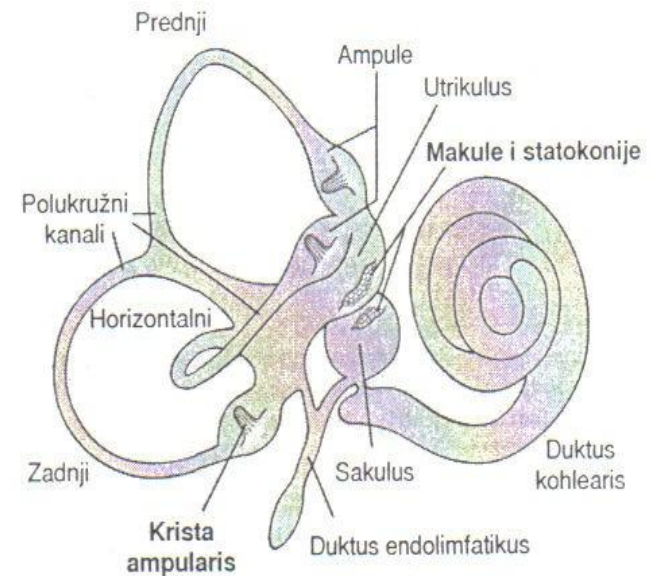
- Makula utrikulusa igra ulogu u određivanju pozicije glave u odnosu na pravac sile gravitacije kada je čovek u uspravnom položaju.
- Makula sakulusa je značajna za ravnotežu kada čovek leži.

Utrikulusi i sakulusi - makula

- Kako se orijentacija glave u prostoru menja, težina otolita savija cilije, i odgovarajući signali za kontrolu ravnoteže se prenose do mozga.
- U svakoj makuli, svaka ćelija sa dlačicama je orijentisana u različitom pravcu pa se za svaki položaj glave pojavljuje različit obrazac razdraženja koji obaveštava mozak o orijentaciji glave u odnosu na gravitaciju.
- **Funkcija utrikulusa i sakulusa je u održavanju statičke ravnoteže.**

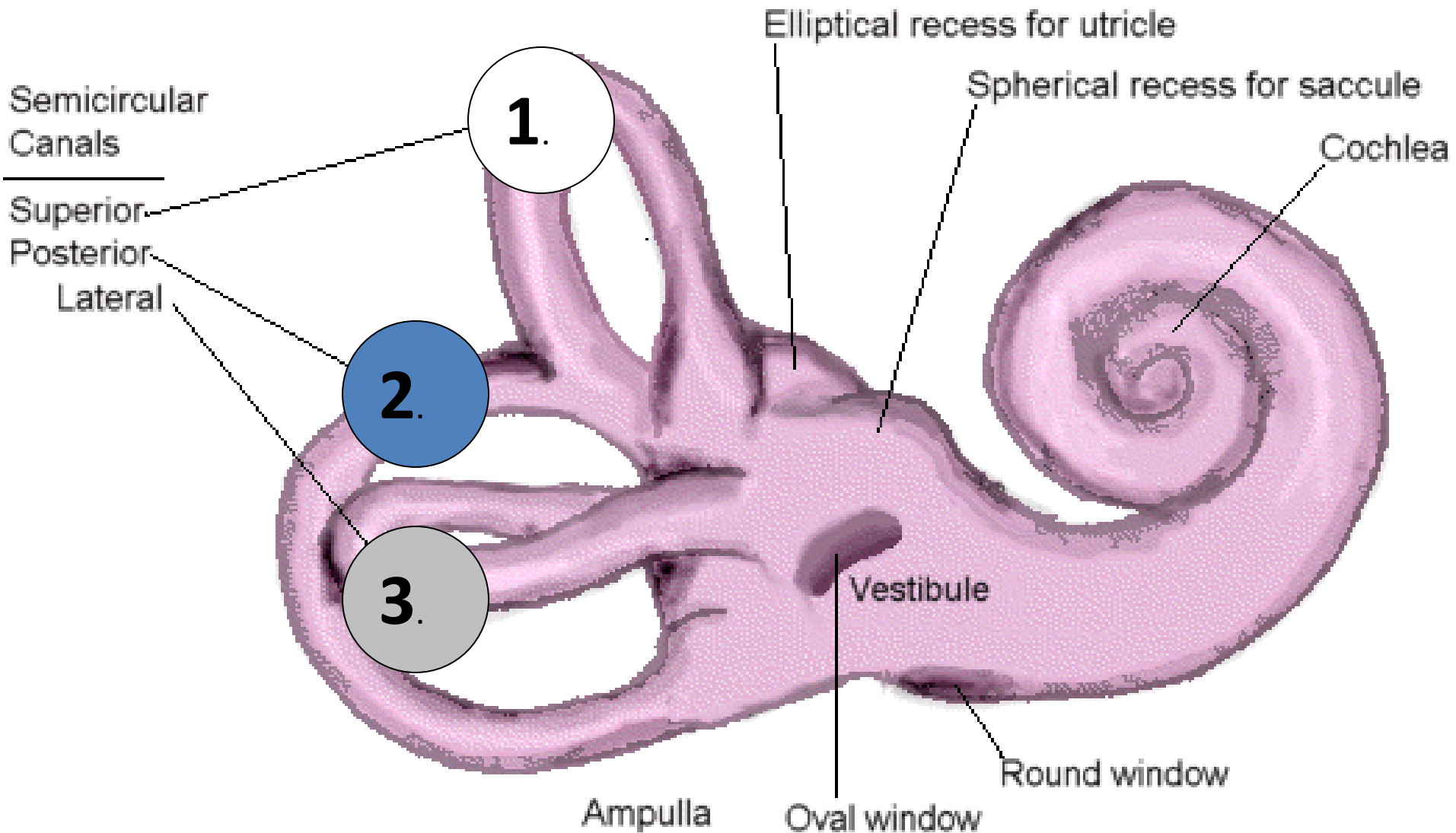
Polukružni kanali

- Tri polukružna kanala u svakom vestibularnom aparatu: **prednji, zadnji i lateralni (horizontalni)**, postavljeni su pod pravim uglom jedan na drugi, tako da predstavljaju sve tri ravni u prostoru.



MEMBRANOZNI LABIRINT

Polukružni kanali (PPK)

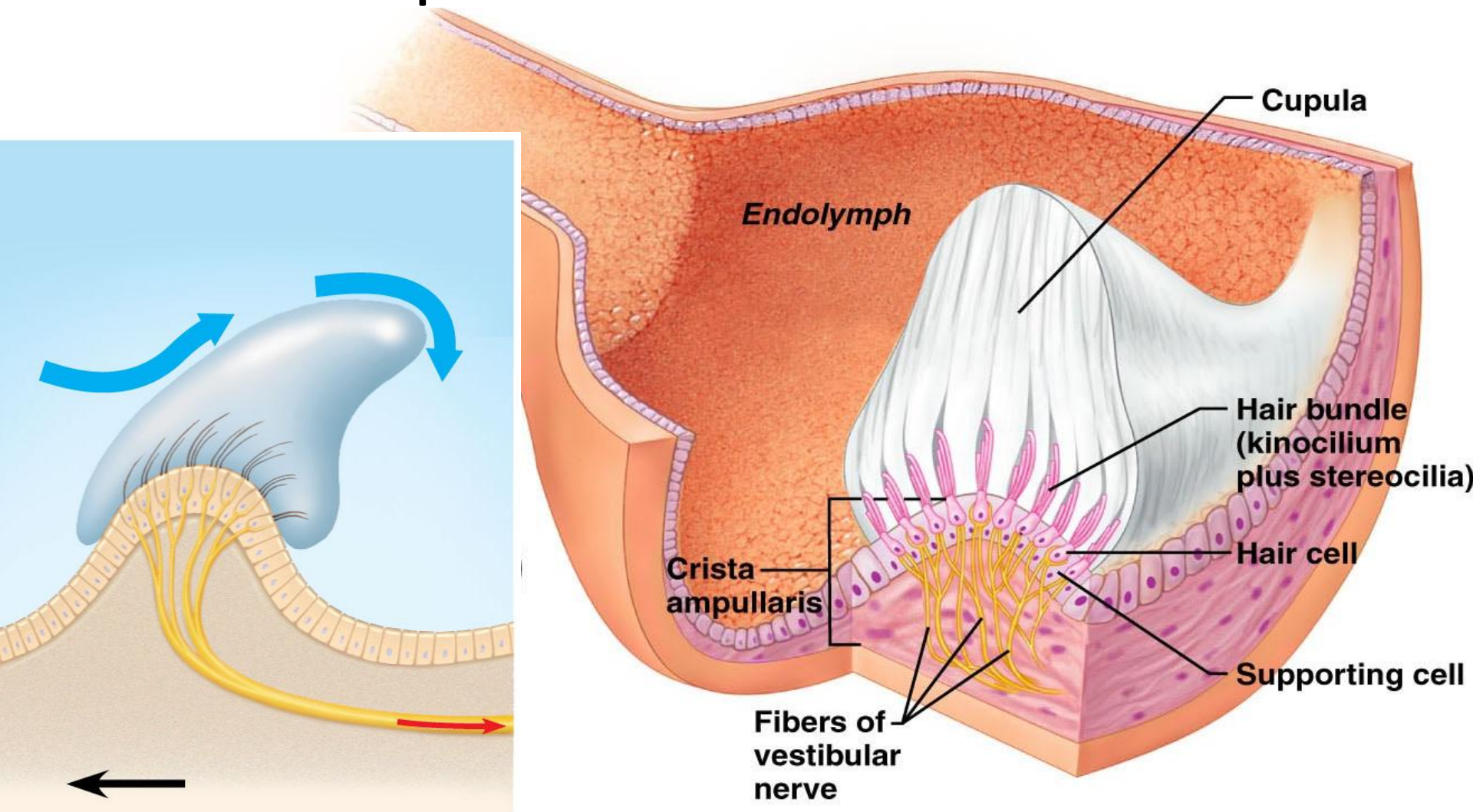


1. Gornji i 2. Zadnji PPK su u vertikalnoj ravni; **3. Lateralni** PPK je u horizontalnoj ravni

Polukružni kanali

- Svaki polukružni kanal ima proširenje na jednom od svojih krajeva nazvano **ampula – receptivna struktura polukružnih kanala koja se sastoji od receptorskih ćelija sa dlačicama koje čine kristu ampularis.**
- Na vrhu kriste ampularis je meka želatinozna masa – **kupula.**
- Kanali i ampula ispunjeni su tečnošću - endolimfom koja se slobodno pokreće **ROTACIJOM GLAVE.**

Ampula – receptivna struktura polukružnih kanala



Polukružni kanali

- U kupulu se projektuju stotine cilija iz ćelija sa dlačicama koje se nalaze duž kriste ampularis.
- Kinocilije svih ovih ćelija su uvek orijentisane prema istoj strani kupule i savijanje kupule u tom smeru izaziva depolarizaciju, dok savijanje u suprotnom smeru hiperpolariše ćeliju.
- Tako se iz ovih ćelija šalju odgovarajući signali putem vestibularnog nerva da obaveste centralni nervni sistem o **promeni brzine i smera rotacije glave u tri različite prostorne ravni.**

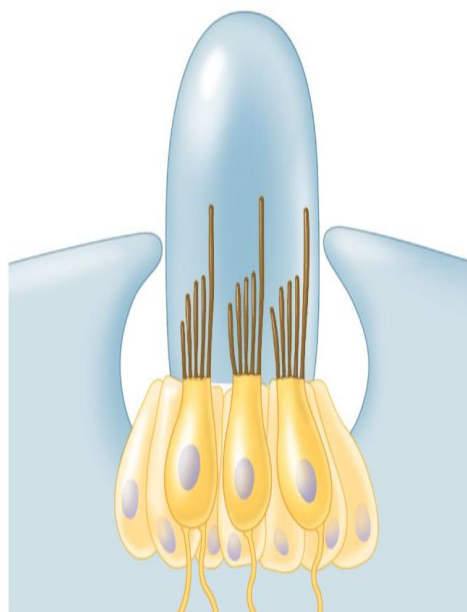
Polukružni kanali

- Kada glava naglo počinje da se rotira (**angularno ubrzanje**), endolimfa u polukružnim kanalima zbog svoje inercije teži da ostane u mirovanju, dok se sami polukružni kanali okreću.
- To uzrokuje **relativno kretanje tečnosti u kanalima u pravcu suprotnom od rotacije glave.**

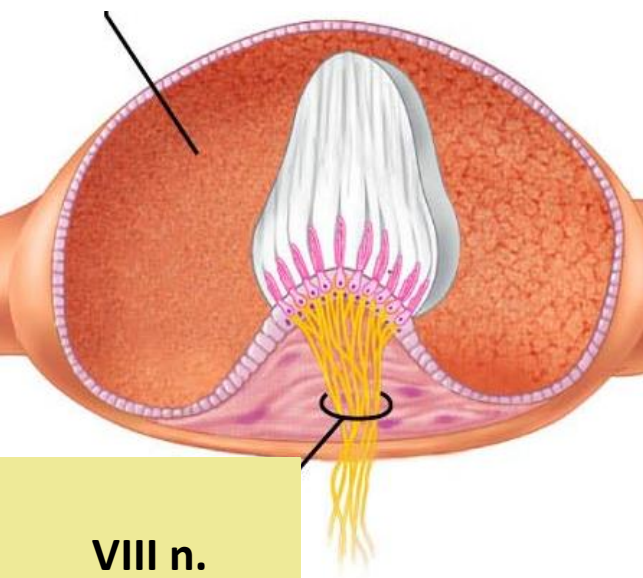
Strukture i funkcije krista ampularis



1. Head held still

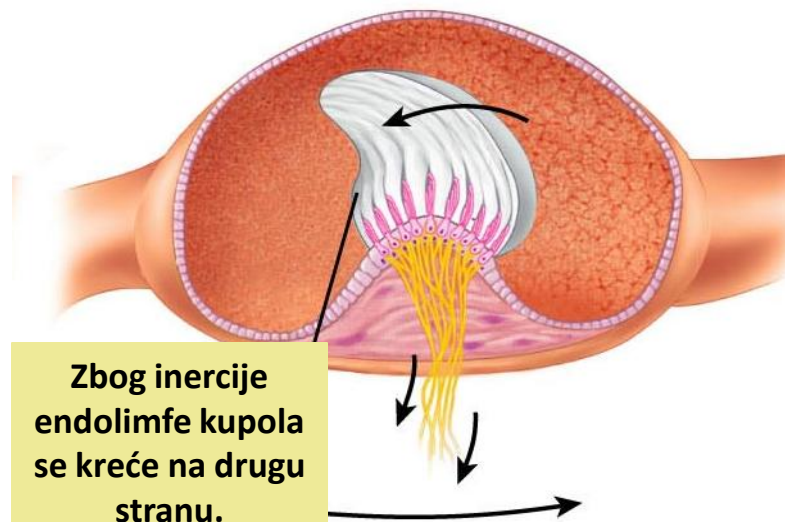


2. Head rotating



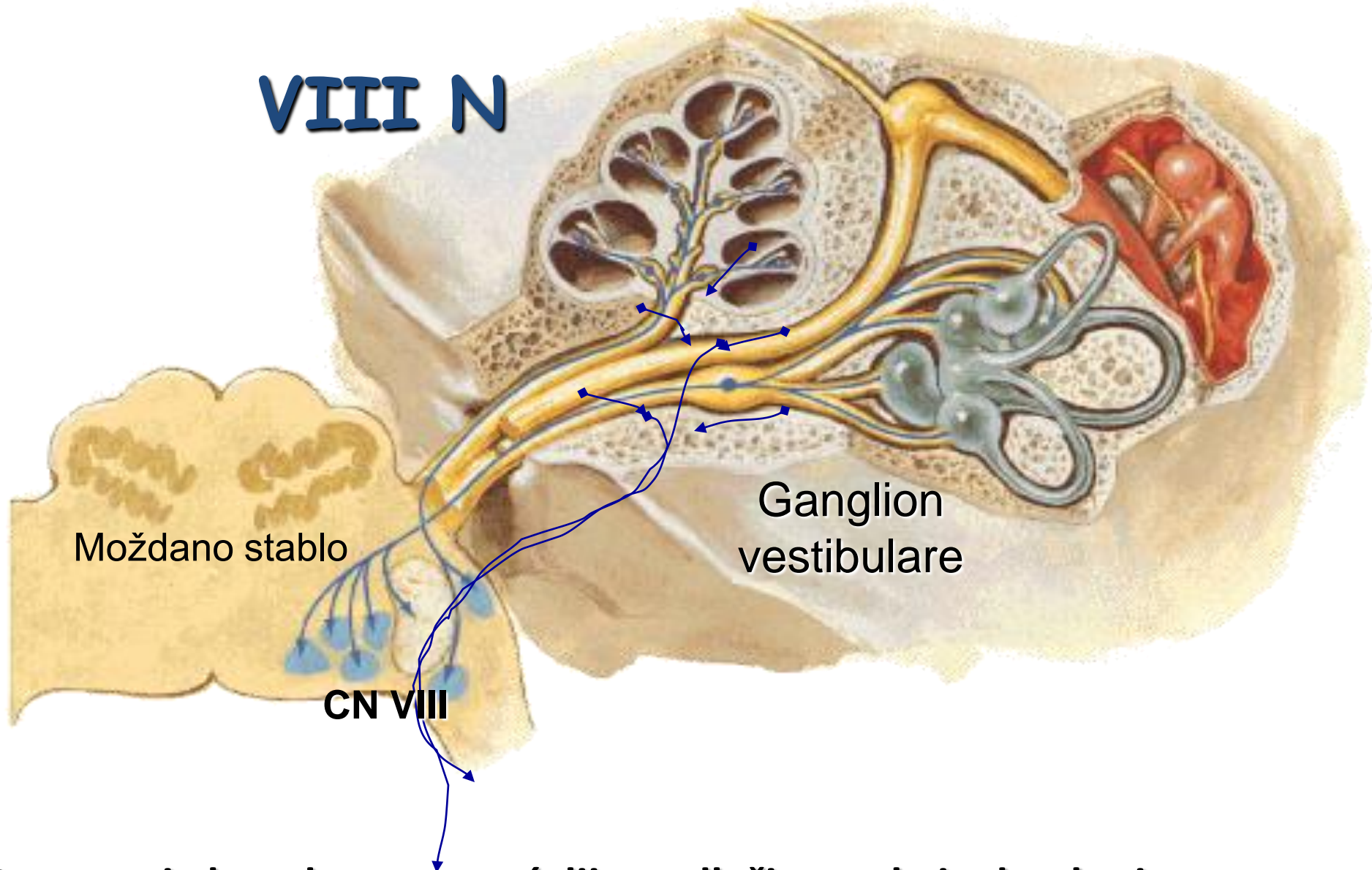
VIII n.

Rotacija glave na jednu stranu stvara inerciju endolimfe polukružnih kanala koji je u ravni rotacije i zato kupolu pomera na suprotnu stranu od kretanja glave.



Zbog inercije endolimfe kupola se kreće na drugu stranu.

VIII N



Moždano stablo

Ganglion vestibulare

CN VIII

Pomerenje kupule pomera ćelije sa dlačicama koje detektuju promenu i odnose informaciju kroz kohlearni nerv (VIII kranijalni nerv)

Polukružni kanali

- Čak i kada je kupula u stanju mirovanja, ćelije sa dlačicama emituju toničke signale od oko 100 impulsa u sekundi.
- Kada otpočne rotacija, dlačice se savijaju na jednu stranu i frekvencija okidanja znatno raste.
- Pri kontinuiranoj rotaciji višak impulsa se spontano smanjuje do mirovnog nivoa.
- Kada rotacija naglo prestane nastaju sasvim suprotni efekti.
- **Tako polukružni kanal prenosi signale jednog smera kada glava počinje da se rotira, a suprotnog smera kada prestane rotacija.**

Polukružni kanali

- Polukružni kanali će detektovati da se osoba okrenula i obavestiti centralni nervni sistem o činjenici da će se ravnoteža izgubiti ako se unapred ne učine odgovarajuće korekcije.
- **Polukružni kanali nemaju veliku ulogu u očuvanju ravnoteže već signaliziraju početak / kraj rotiranja glave.**
- **Mehanizam polukružnih kanala predviđa da će doći do gubitka ravnoteže.**

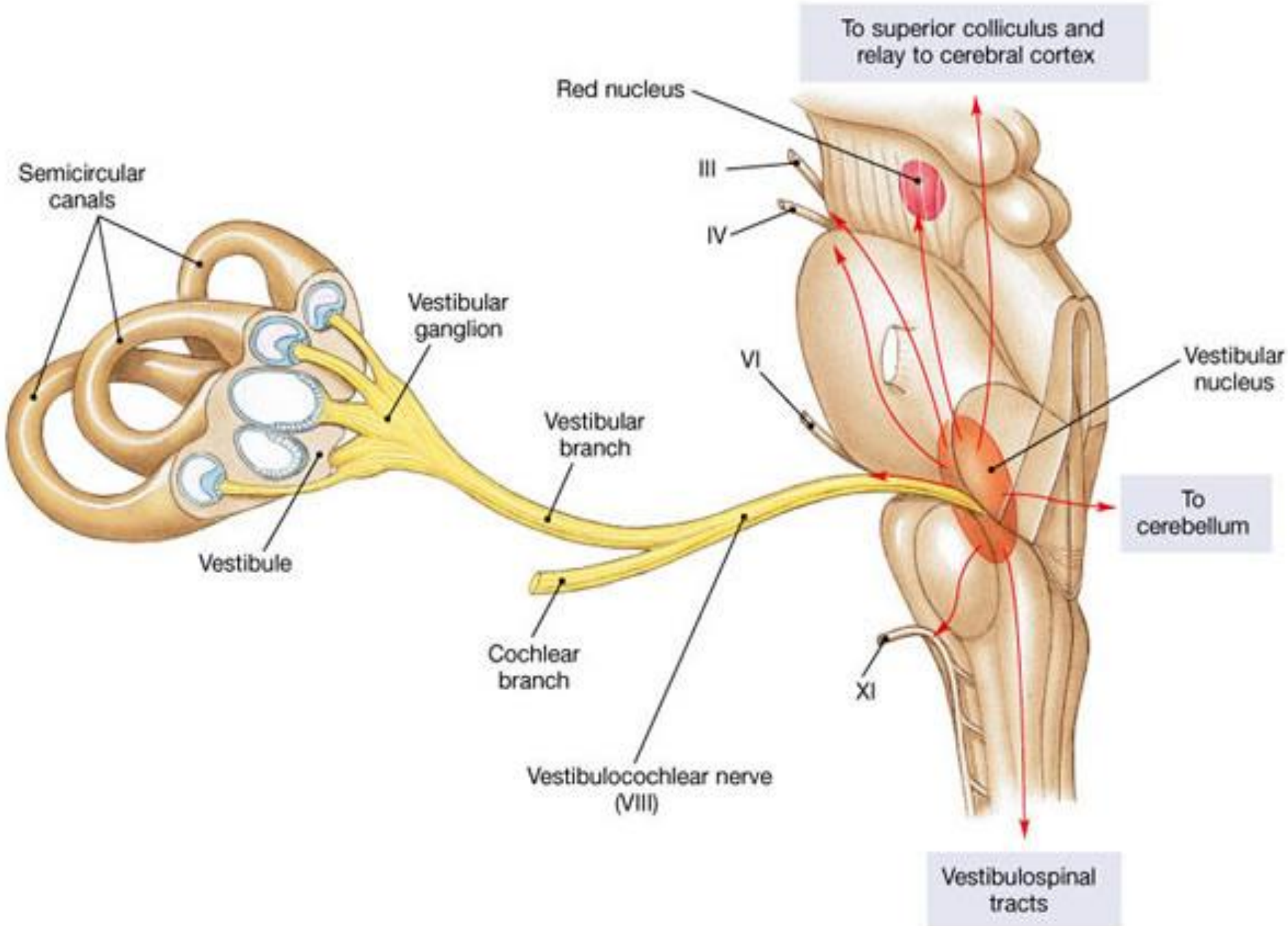
Vestibularni refleksni luk

- Nagle promene u orijentaciji glave dovode do posturalnog prilagođavanja

**Aktivnost
vestibularnih
receptora**

**Projekcije iz
vestibularnih
jedara**

**Lateralni
vestibulospinalni
put**



Vestibularna jedra u moždanom stablu

- **Gornja i medijalna jedra**

- Primaju signale uglavnom iz vestibularnih kanala
- Šalju signale u medijalni longitudinalni fascikulus za korektivne pokrete očiju, kao i signale u **medijalni vestibulospinalni put** da uzrokuju odgovarajuće pokrete vrata i glave;

- **Lateralno vestibularno jedro**

- Primaju signale uglavnom iz utrikulusa i sakulusa
- Prenosi signale go kičmene moždine kroz **lateralni vestibulospinalni trakt** za kontrolu statičkih pokreta tela;

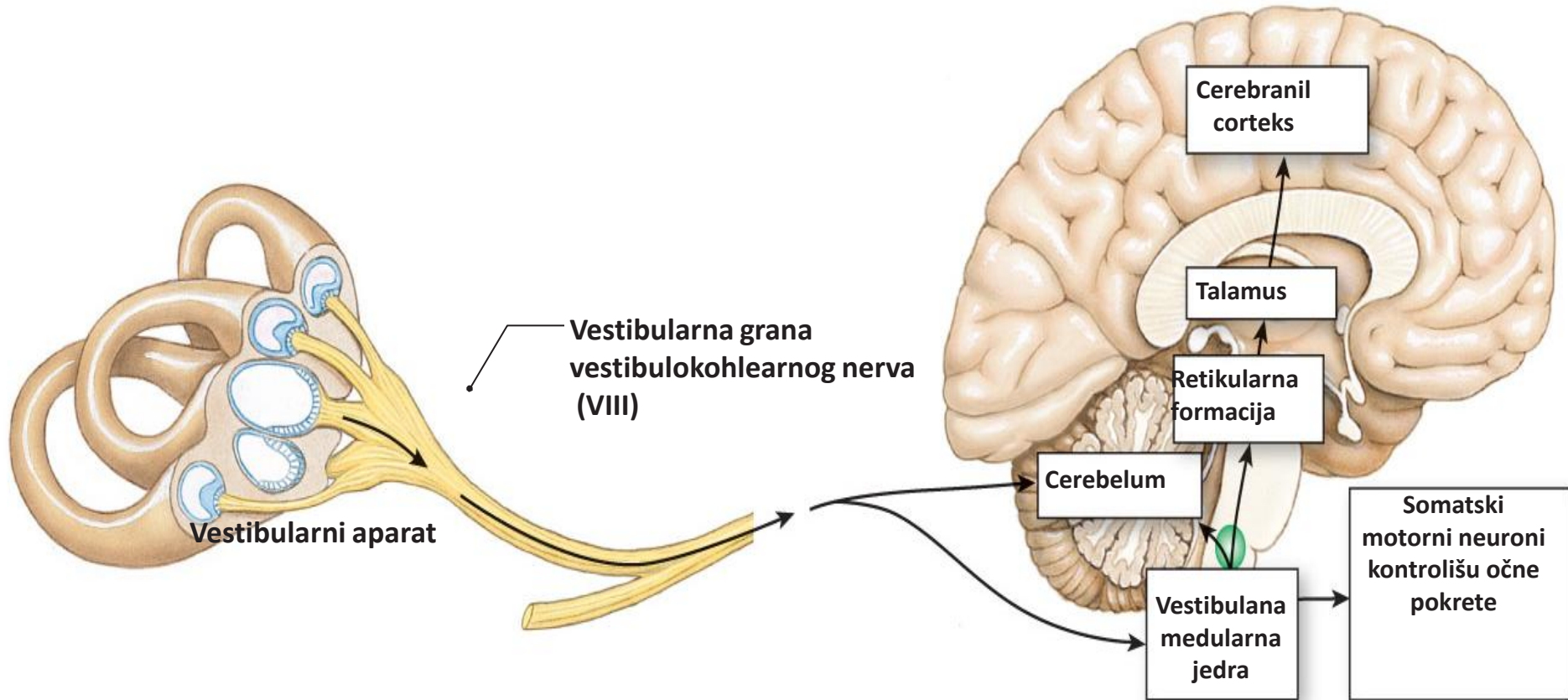
- **Donje vestiularno jedro**

- Prima signale iz utrikulusa, sakulusa i semicirkularnih kanala
- Šalje signale u cerebelum (mali mozak) i u retikularnu formaciju moždanog stabla.

Centralne veze vestibularnog sistema

- Većina vlakana vestibularnog nerva završava se u **moždanom stablu u vestibularnim jedrima**;
- Nešto vlakana ide **direktno do retikularnih jedara moždanog stabla, do uvule, fastigijalnog jedra i flokulonodularnih lobusa cerebeluma (malog mozga)**.
- Vlakna koja se završavaju u vestibularnim jedrima prave sinapse sa neuronima drugog reda koji takodje šalju vlakna u **cerebelum, vestibulospinalni trakt, medijalni longitudinalni fascikulus i u ostala područja moždanog stabla, posebno u retikularna jedra**.

Centralni vestibularni put



Ostali faktori održavanja ravnoteže

- **Vratni propioceptori** (posebno signali iz receptora zglobova u vratu) koji sprečavaju da vestibularni aparat obavesti čoveka o poremećenoj ravnoteži kada se glava nagne u jednom pravcu;
- **Proprioceptivne i eksteroceptivne informacije iz ostalih delova tela;**
- **Vizuelne informacije** – osobe sa razorenim vestibularnim aparatom imaju gotovo normalnu ravnotežu sve dok su im oči otvorene ili sve dok pokrete izvode sporo.

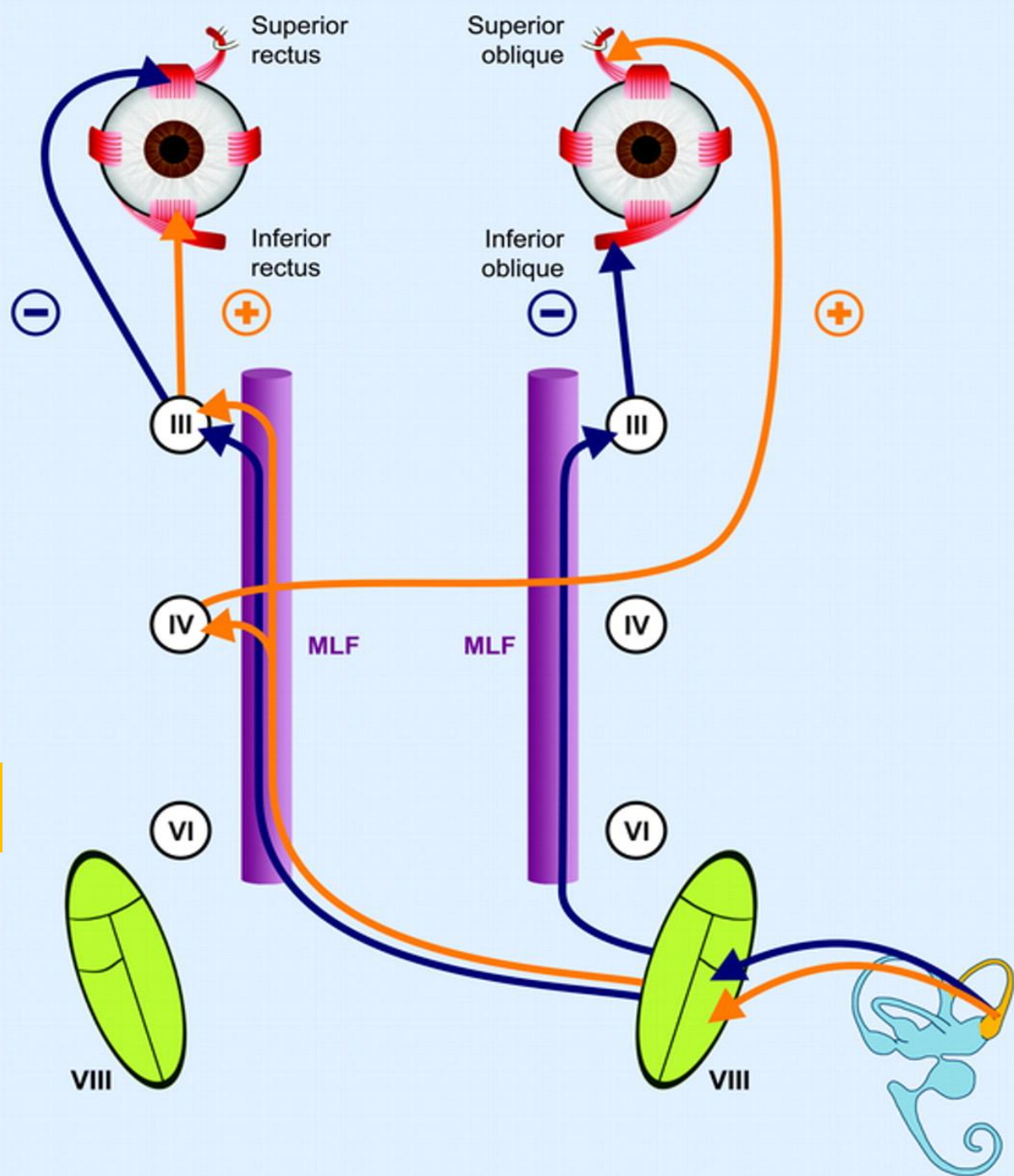
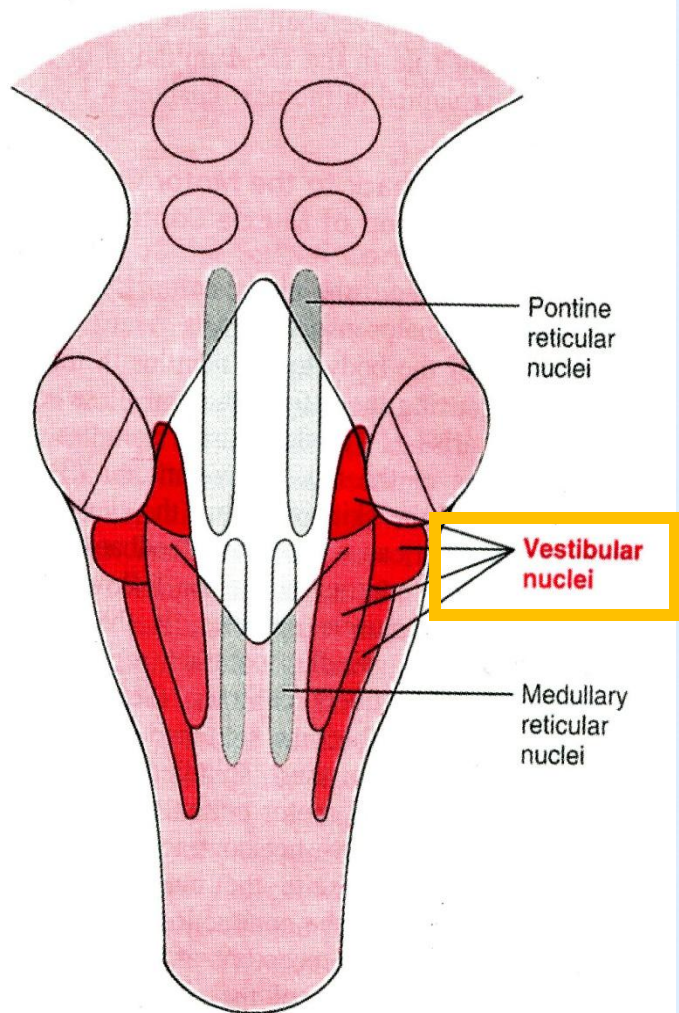
Veze sa cerebelumom

- Flokulonodularni lobusi cerebeluma su naročito povezani sa signalima o **dinamičkoj ravnoteži iz polukružnih kanala.**
- Teško oštećenje lobusa ili kanala uzrokuje gubitak dinamičke ravnoteže u toku brzih promena pravca kretanja, ali ne ugrožava ozbiljno ravnotežu pod statičkim uslovima.

Fasciculus longitudinalis medialis

- Signali preneti navise iz oba vestibularna jedra i cerebeluma preko **medijalnog longitudinalnog fascikulusa** uzrokuju korektivne **pokrete oči** svaki put kada se glava rotira tako da oči mogu ostati fiksirane na vizuelni objekat.

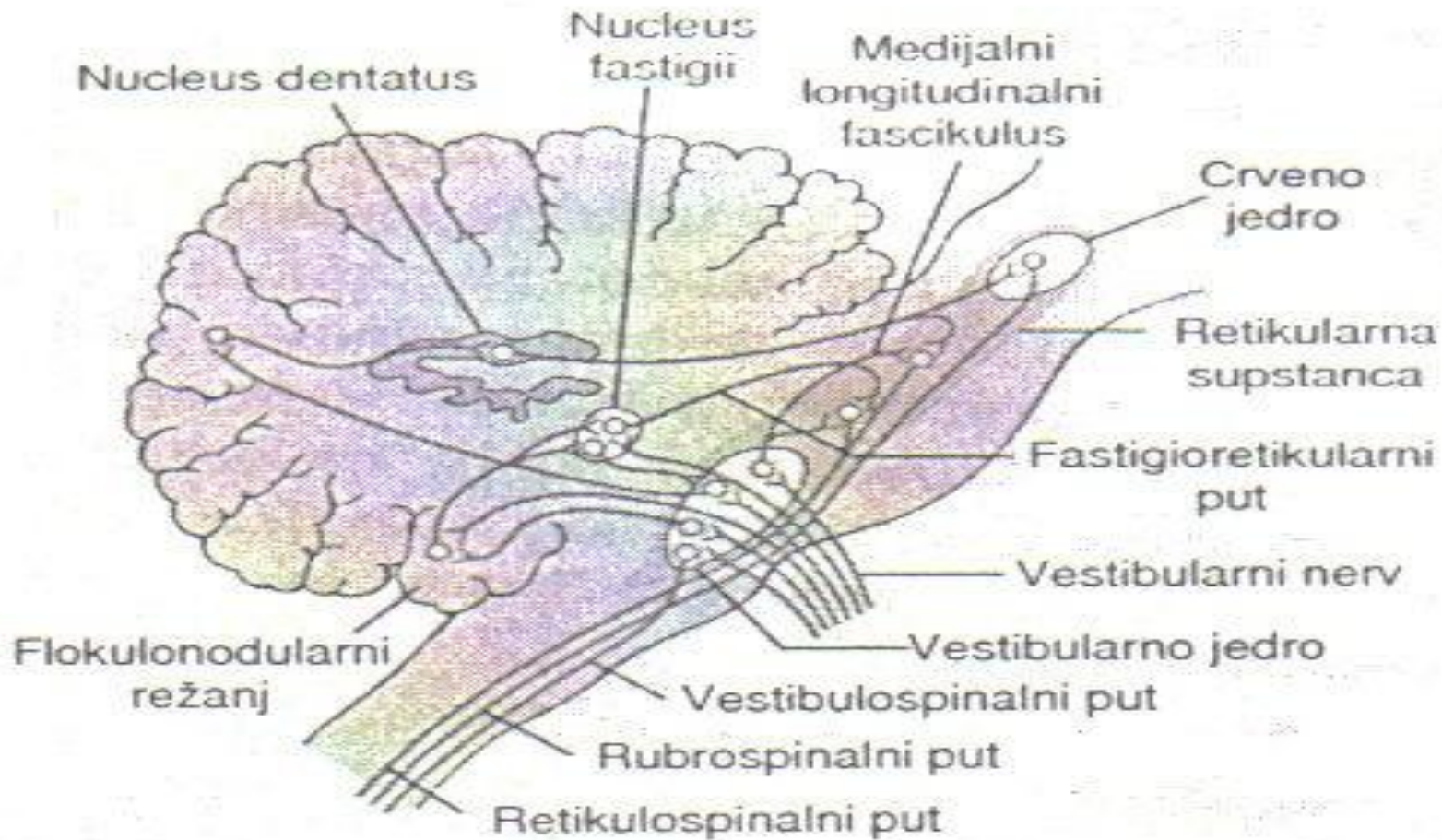
Fasciculus longitudinalis medialis



Veze sa korom mozga

- Signali takodje putuju do **kore velikog mozga** do **primarnog kortikalnog centra za ravnotežu (u parijetalnom režnju duboko u Silvijevoj fisuri)** – ovi signali daju svesnu senzaciju stanja ravnoteže tela.

Veze vestibularnih nerava preko vestibularnih jedara sa ostalim područjima u centralnom nervnom sistemu



Ravnoteža je visoko integrisana mreža

Vestibularni sistem:

rotaciona i linearna akceleracija

Proprioceptivni sistem:

ulazne informacije iz stopala, skočnog zgloba, kuka, vrata

Eksteroreceptori:

Majsnerov, Rufinijev, Krausov korpuskul i dr.

Vizuelni sistem:

vizuelne informacije o prostornoj orijentaciji

Cerebelum:

integracija vestibularnih, proprioceptornih i dr

Centralni nervni sistem:

integracija informacija i prenos do motornih pokreta

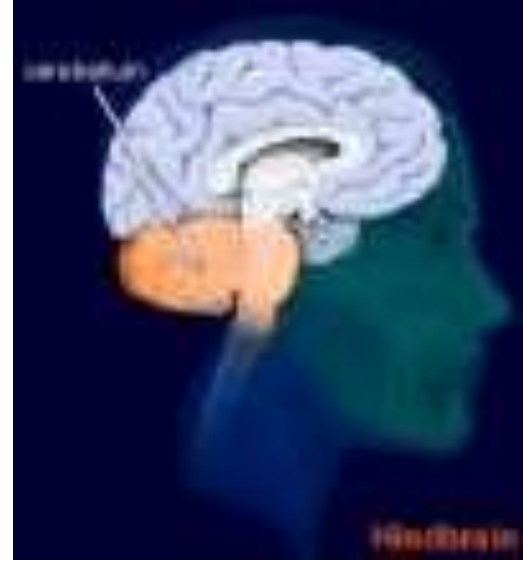
Vestibularni refleksi

Rotacija glave (angularno ubrzanje – ugaono ubrzanje)

- Polukružni kanali
- Pokreti očiju (vestibulookularni refleks)
- Posturalno podešavanje
 - Aktivacija ekstenzora (tr. vestibulospinalis lateralis)
 - Kontrakcija mišića vrata (tr. vestibulospinalis medialis)

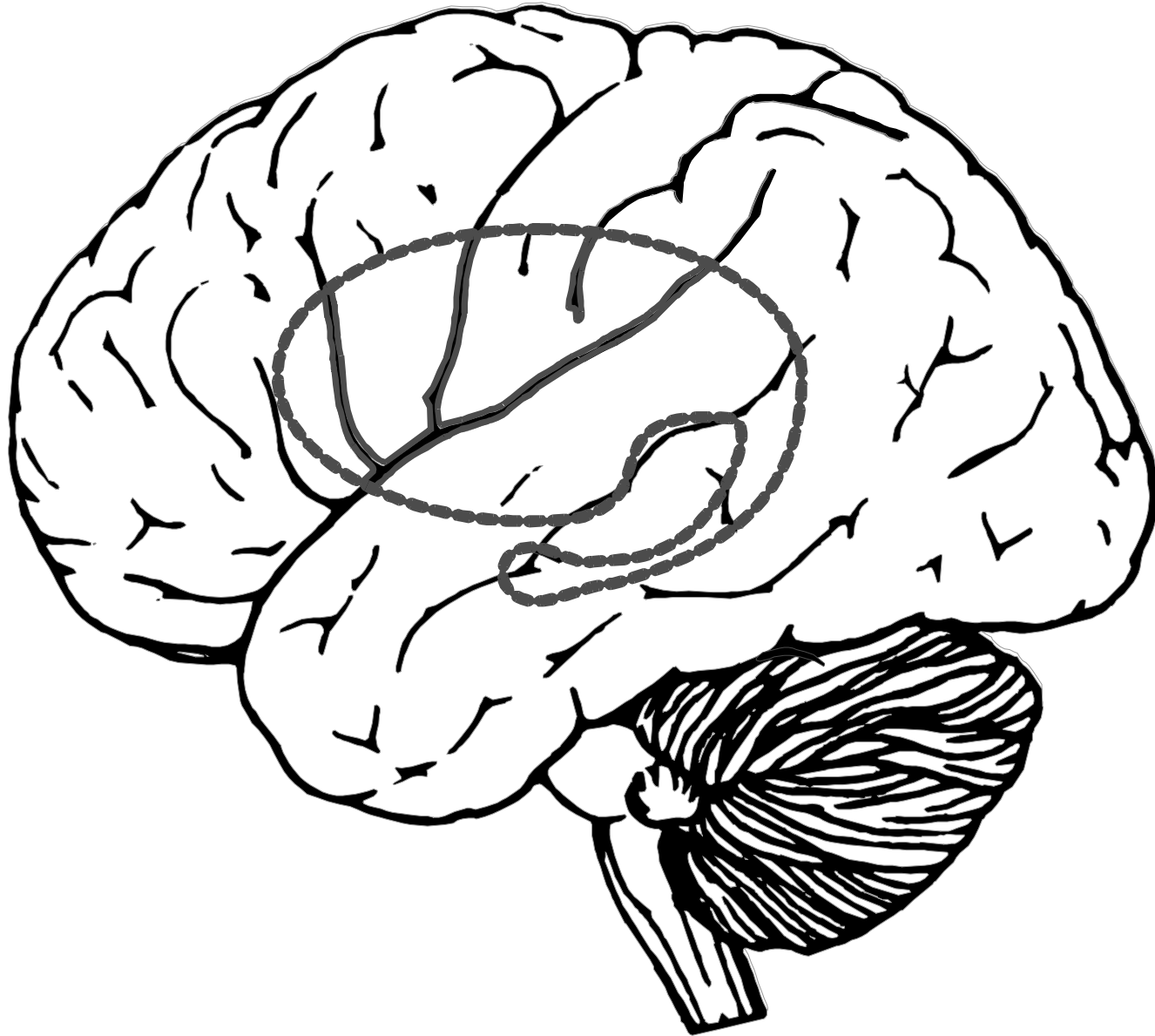
Trzaji glave (linearno ubrzanje)

- Utrikulus i sakulus
- Pokreti očiju (aktivacija otolit. organa izaziva rotaciju očiju u suprotnom smeru-zadrži sliku na retini)
- Posturalno podešavanje
 - Napred- ekst. prednjih ekstremiteta, fleksija zadnjih ekstremiteta
 - Nazad- fleks. prednjih ekstremiteta, ekst. zadnjih ekstremiteta.



CEREBELUM (MALI MOZAK)

Mali mozak - cerebelum



Čini oko 10% volumena mozga

Uloge cerebeluma

- **Kontrola motorike – brzih i preciznih pokreta**
 - Omogućava da se motorne radnje nadovezuju jedna na drugu. Pomaže kori mozga da planira naredni pokret u nizu pokreta koji se nadovezuju, delić sekunde unapred dok je prethodni pokret još u toku.

Uloga cerebeluma

- **Upoređuje stvarne pokrete (onako kako se izvode) sa nameravanim pokretima.**
 - Cerebelum neprestano prima sveže informacije o planiranom programu mišićnih kontrakcija koje dolaze iz **moždane kore i drugih delova mozga.**
 - Takođe, prima **senzorne informacije iz perifernih delova tela.**
 - Ako se te dve slike ne podudare na odgovarajući način, odmah nastaje odgovarajući **korektivni signal.**

Uloga cerebeluma

- **Uključen je u učenje motornih radnji:**
 - ako se pokret ne izvodi tačno onako kako je nameravano, cerebelarno kolo uči da sledeći put poveća ili smanji obim izvršenja – to se postiže promenama ekscitabilnosti odgovarajućih cerebelarnih neurona što omogućava da se naredne kontrakcije bolje usaglase sa nameravanim pokretima.
- **Kognitivne funkcije**

Anatomija malog mozga

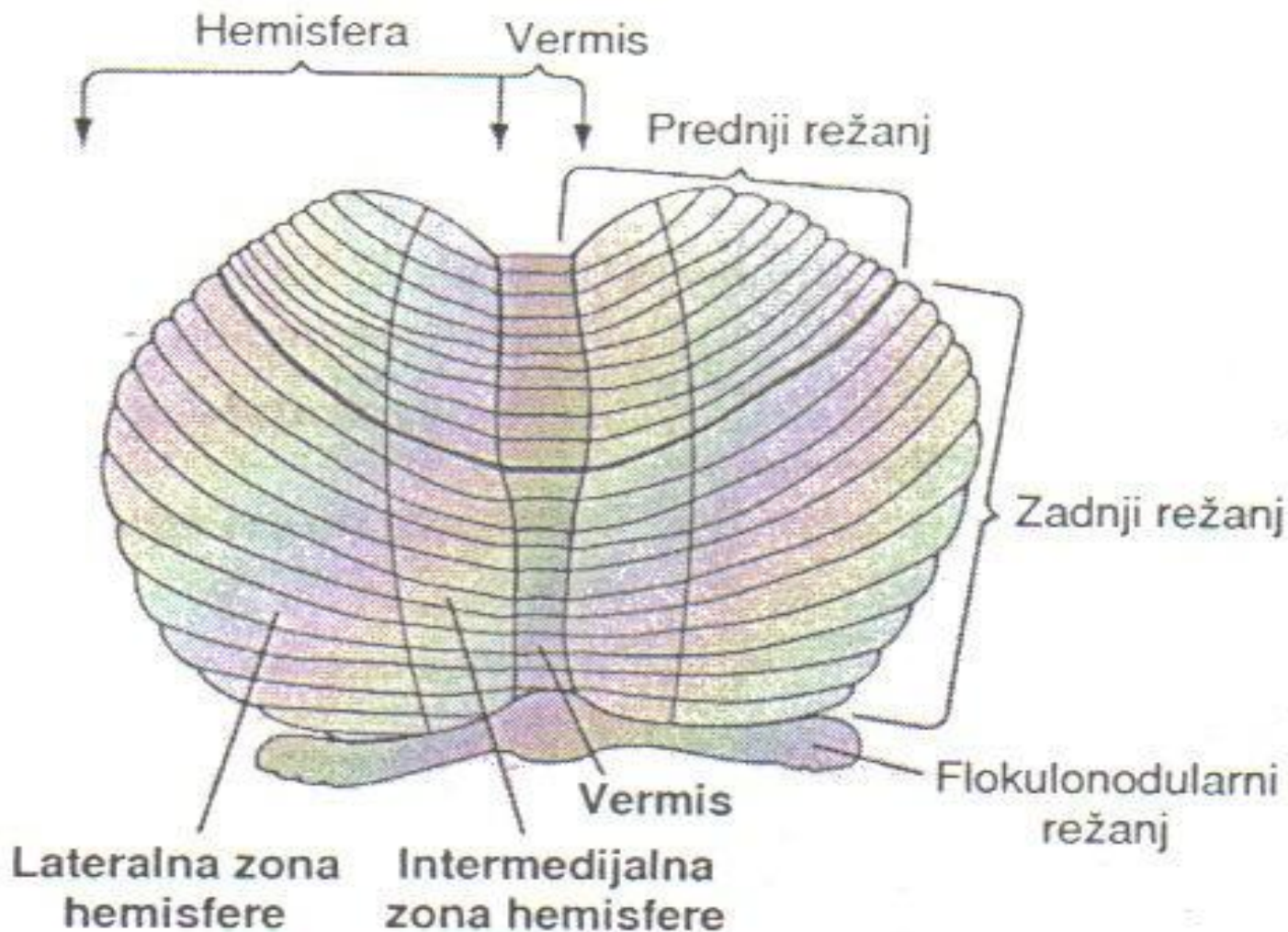
Longitudinalna podela:

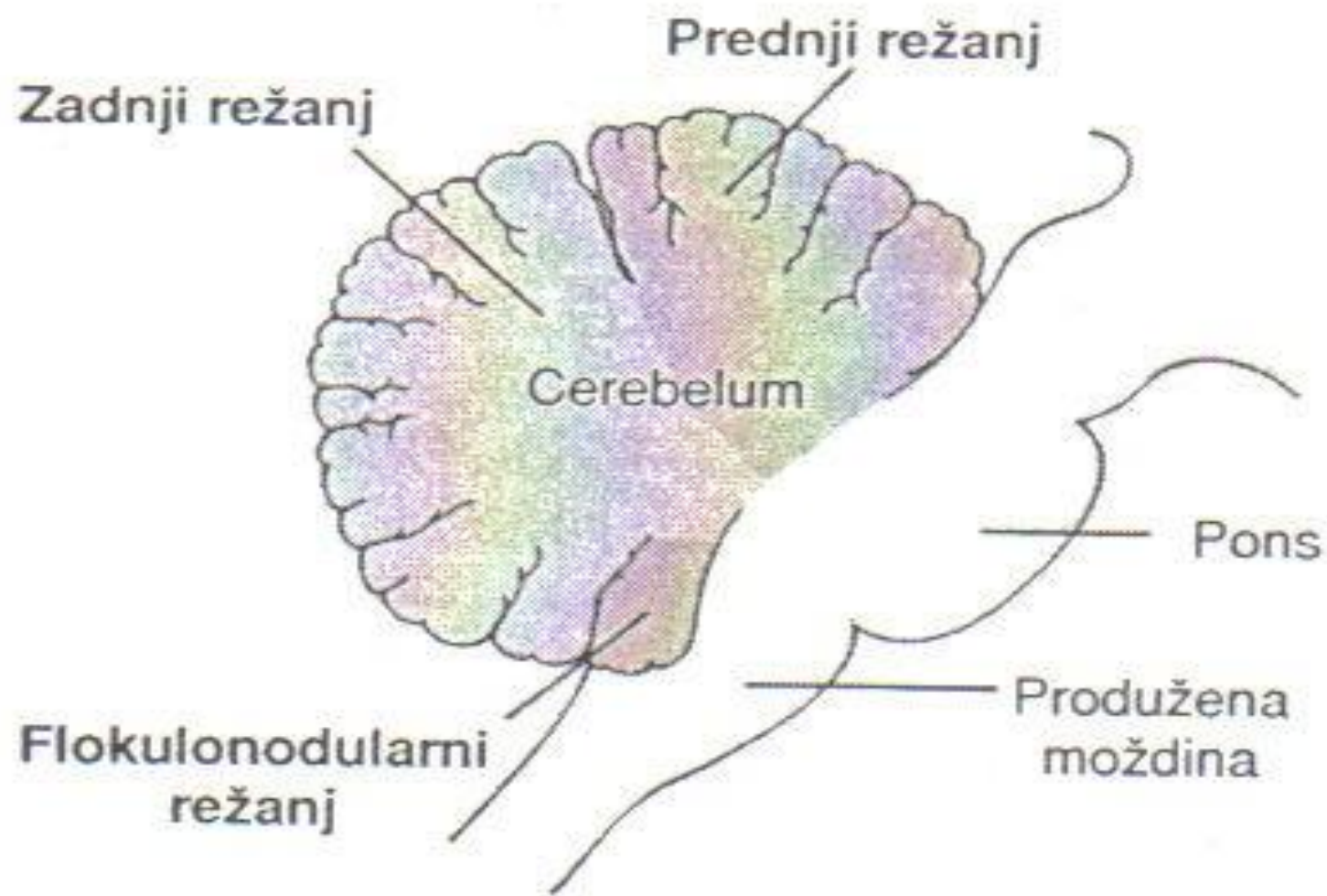
Sastoji se od dve hemisfere povezane vermisom

Transverzalna podela:

- 1. Prednji režanj**
- 2. Zadnji režanj**
- 3. Flokulonodularni režanj**

Cerebelum (pogled sa zadnje strane)





Funkcionalna anatomija cerebeluma

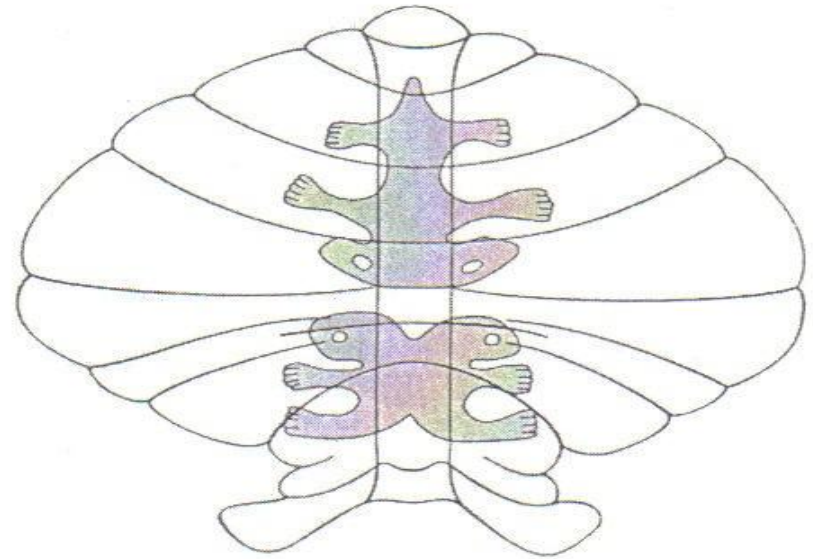
- **Funkcionalno je organizovan prema longitudinalnoj osovini:**
 - Vermis
 - Intermedijalne strukture
 - Lateralne hemisfere

Funkcionalna organizacija cerebeluma

- **Centralni deo (vermis):**
 - najveći deo cerebelarnih funkcija za kontrolu pokreta aksijalne muskulature tela, muskulature vrata, ramenog i karličnog pojasa.
- **Intermedijalna zona:**
 - kontrola mišićnih kontrakcija distalnih delova ekstremiteta, a posebno šake i prstiju.
- **Lateralna zona:**
 - Kompleksnija uloga: zajedno sa korom velikog mozga učestvuje u planiranju redosleda motornih pokreta (vremenska usklađenost, koordinacija)

Vermis i intermedijalne zone cerebeluma

- Poseduju topografsku reprezentaciju različitih delova tela.
- Projekcija aksijalne muskulature leži u području vermisa
- Projekcije ekstremiteta i područja lica leže u intermedijalnim zonama.



Oblasti somatosenzorne projekcije u cerebelarnom korteksu.

Cerebelarne hemisfere

- Veliki lateralni delovi cerebelarnih hemisfera ne poseduju topografsku reprezentaciju tela.
- Ove oblasti primaju ulazne signale gotovo isključivo **iz kore velikog mozga**, posebno iz motorne i premotorne zone frontalnog korteksa i iz somatosenzorne i senzorne asocijativne zone parijetalnog korteksa.

Građa malog mozga

Duboka jedra malog mozga:

Interpozicionirana:

nc. Fastigi

nc. Emboliformis

nc. Globosis

Dentatna jedra

Kora malog mozga:

Molekularni sloj

Purkinijeve ćelije

Granularni sloj

Duboka jedra cerebeluma

- Smeštena su duboko u masi cerebeluma sa obe strane.
- Izlazne informacije ka kori velikog mozga (putem talamičkih jedara) i u moždano stablo.

Aferentni (ulazni putevi) cerebeluma iz kore mozga

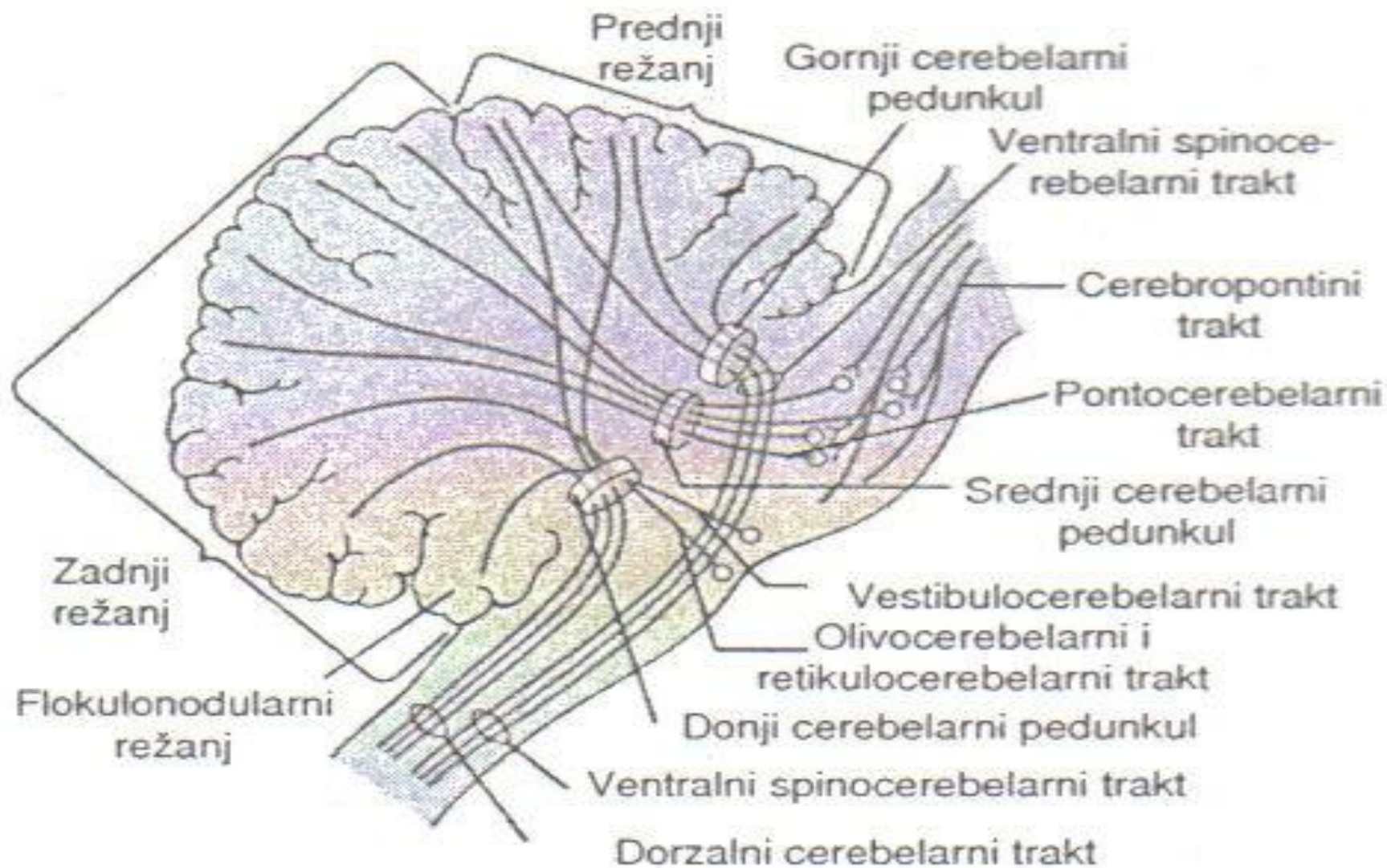
- 1. Kortikopontocerebelarni put** koji dolazi iz motornih, premotornih i somatosenzornih oblasti moždane kore se preko pontinih jedara i pontocerebelarnog puta završava u lateralnim delovima cerebelarne hemisfere suprotne strane.

Aferentni (ulazni putevi) cerebeluma iz **moždanog stabla**

- 1. Olivocerebelarni trakt** ide iz donjeg olivarnog jedra do svih delova cerebeluma, a ekscitiraju ga vlakna koja dolaze iz motorne kore, bazalnih ganglija, retikularne formacije i kičmene moždine;
- 2. Vestibulocerebelarni put** iz vestibularnog aparata i vestibularnih jedara, završava se u flokulonodularnom režnju i nukleus fastigii cerebeluma;
- 3. Retikulocerebelarni put** iz retikularne formacije moždanog stabla, završava se u središnjim oblastima cerebeluma (uglavnom u vermisu).

Aferentni (ulazni) putevi cerebeluma sa periferije

- 1. Dorzalni spinocerebelarni put**
- 2. Ventralni spinocerebelarni put**
3. Signali se delom prenose do cerebeluma i preko dorzalnih kolumni.



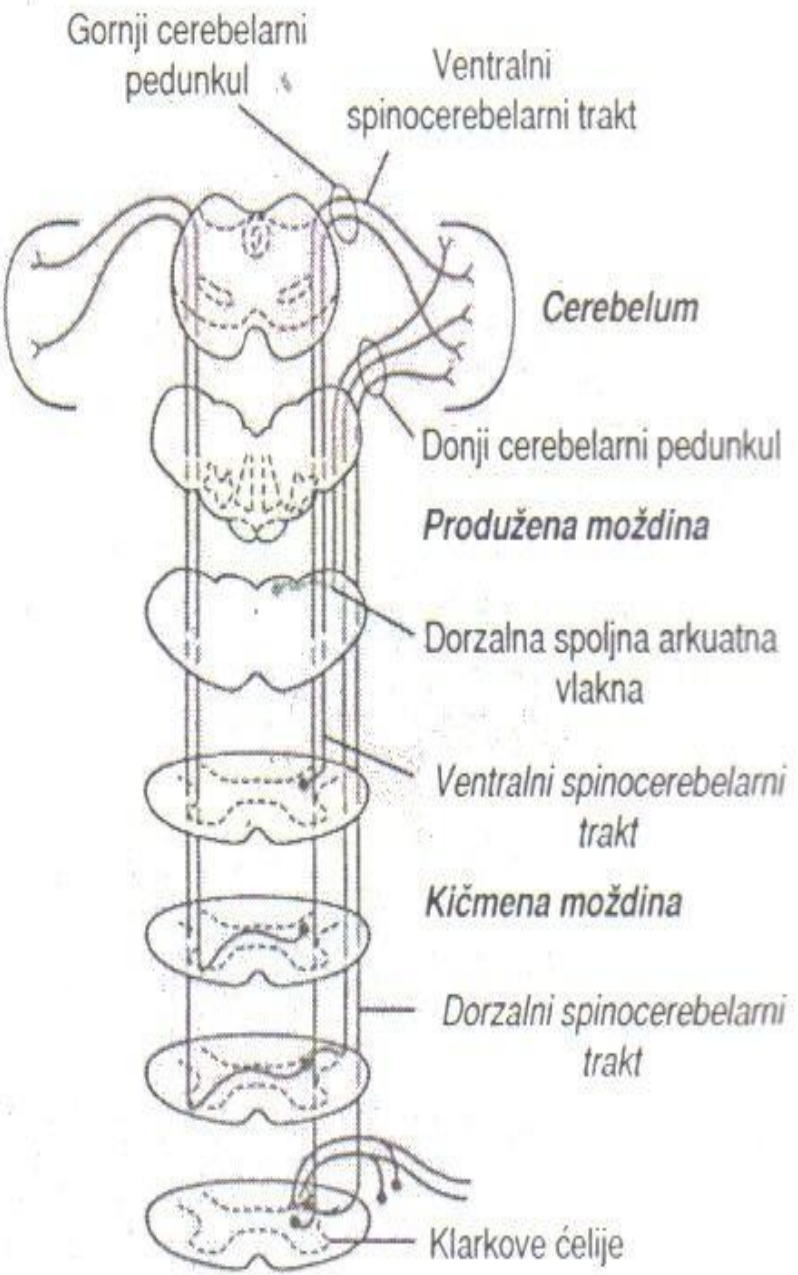
Glavni aferentni putevi do cerebeluma.

Dorzalni spinocerebelarni put

- Signali koji se prenose dorzalnim spinocerebelarnim traktom dolaze pretežno iz **mišićnih vretena a u manjoj meri i iz drugih somatskih receptora** kao što su Goldžijev tetivni organ, veliki taktilni receptori u koži i receptori u zglobovima.

Ventralni spinocerebelarni put

- Prima manje informacija iz perifernih receptora
- Ekscitiran je uglavnom **motornim signalima koji dolaze u prednji rog kičmene moždine iz mozga i iz unutrašnjih generatora motornih obrazaca koji se nalaze u samoj kičmenoj moždini.**
- Na taj način vlakna ventralnih puteva obavještavaju cerebelum o tome koji su motorni signali stigli u prednje rogove (to se naziva eferentnom kopijom motorne pobude prednjeg roga).



Spinocerebelarni putevi.

- Spinocerebelarni putevi prenose impulse velikom brzinom – 120 m/s.

Veze dubokih jedara cerebeluma

- Duboka jedra primaju informacije iz cerebelarnog korteksa i senzornih aferentnih puteva za cerebelum.
- Svaki put kada ulazni signal dođe u cerebelum on se usmerava u dva pravca:
 1. u jedno od dubokih jedara
 2. u odgovarajuću areu cerebelarnog korteksa iznad dubokog jedra.

Cerebelarna duboka jedra su jedini izlaz iz malog mozga

Glavni eferentni (izlazni) putevi cerebeluma

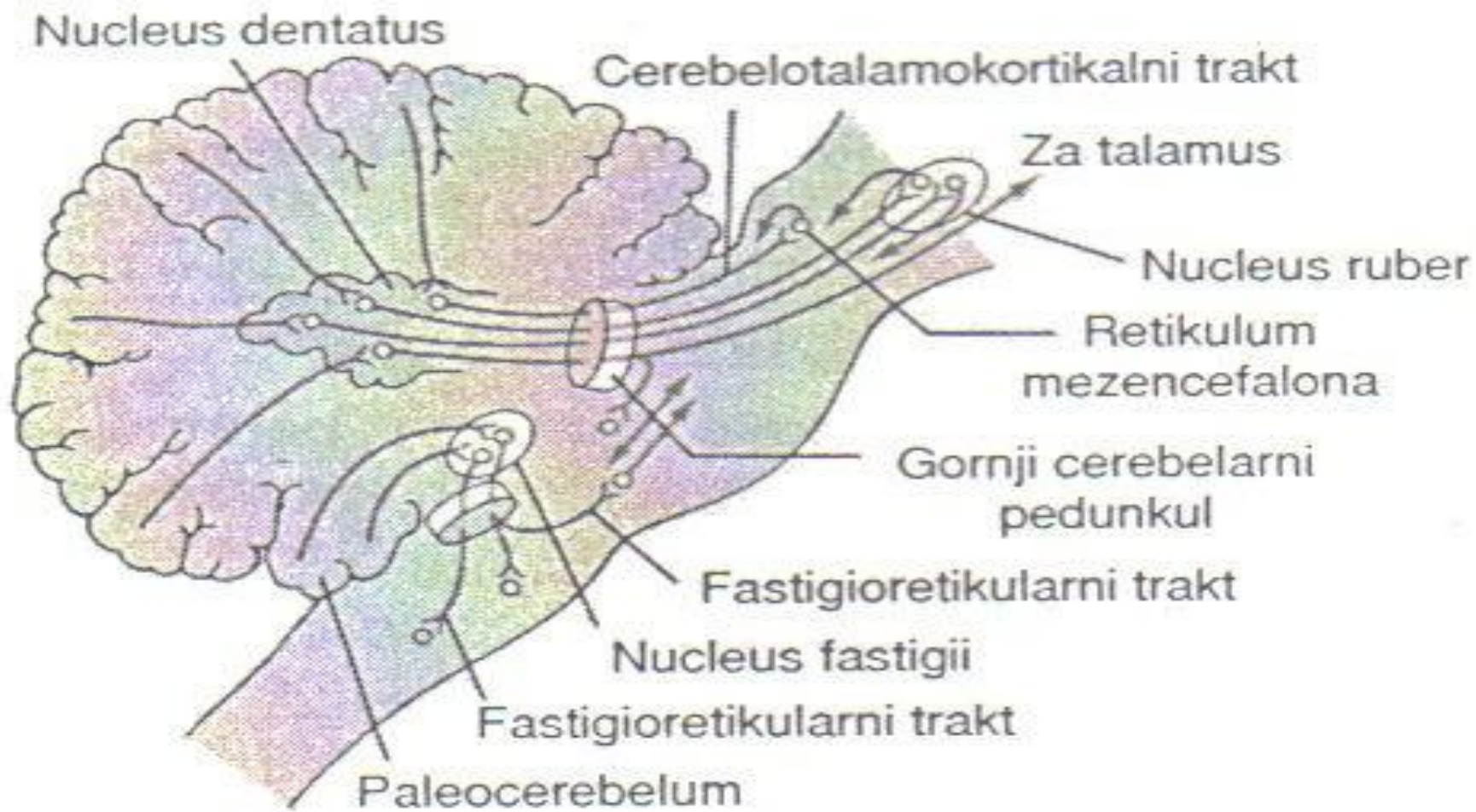
- Put koji počinje u središnjim strukturama (vermisu) i ide preko nukleus fastigii u regione **moždanog stabla, produženu moždinu i pons.**
- Ovaj put učestvuje u kontroli:
 1. ravnoteže (sa vestibularnim jedrima)
 2. posturalnih stavova tela (sa retikularnom formacijom).

Glavni eferentni (izlazni) putevi cerebeluma

- Put koji počinje u intermedijalnoj zoni, do **ventrolateralnog i ventroanteriornog jedra talamusa**, zatim do **kore velikog mozga** i prema grupi **središnjih struktura talamusa** a odatle prema **bazalnim ganglijama, n.ruberu i retikularnoj formaciji**.
- Ovo kompleksno kolo učestvuje u koordinaciji agonističkih i antagonističkih mišića ekstremiteta.

Glavni eferentni (izlazni) putevi cerebeluma

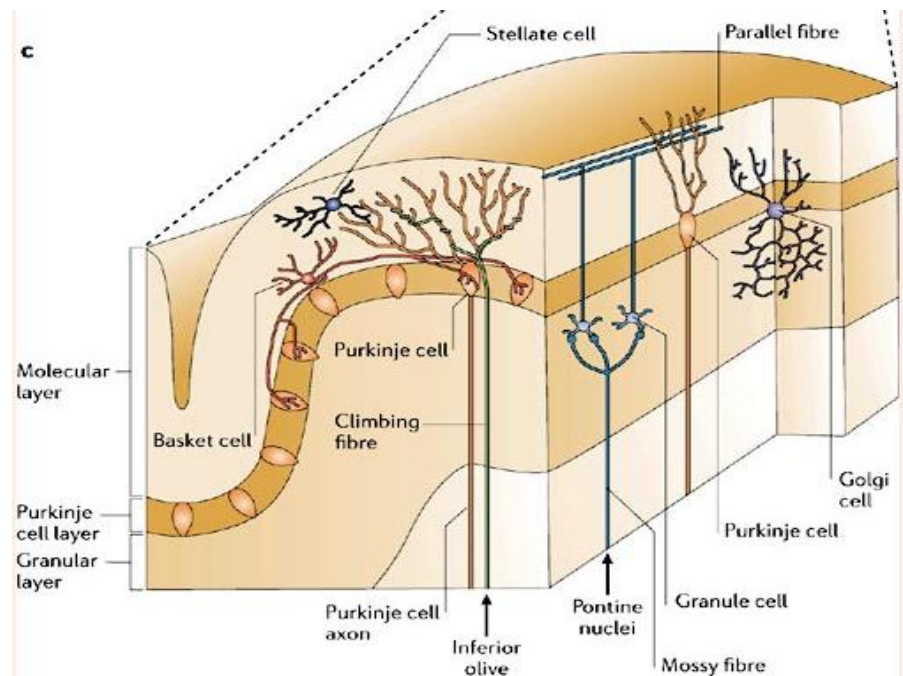
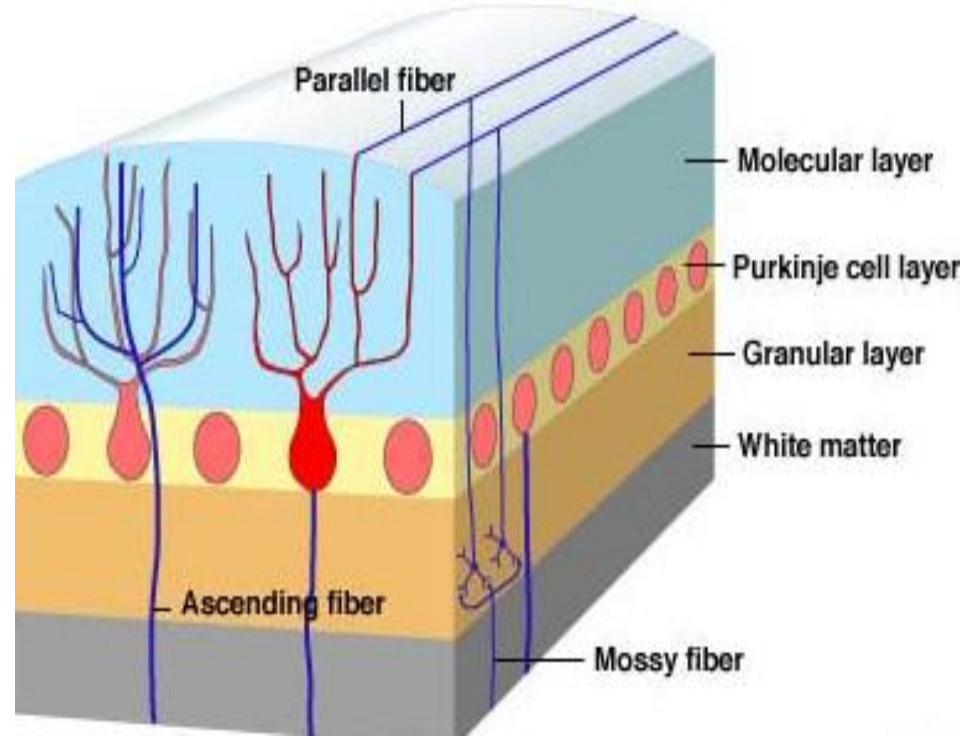
- Put koji počinje u **lateralnoj zoni** i prolazi kroz **n.dentatus**, ide do **ventrolateralnog i ventroanteriornog jedra talamusa** i na kraju do **kore velikog mozga**.
- Ovaj put igra ulogu u koordinaciji niza nadovezujućih pokreta koje pokreće kora velikog mozga.



Glavni eferentni putevi iz cerebeluma.

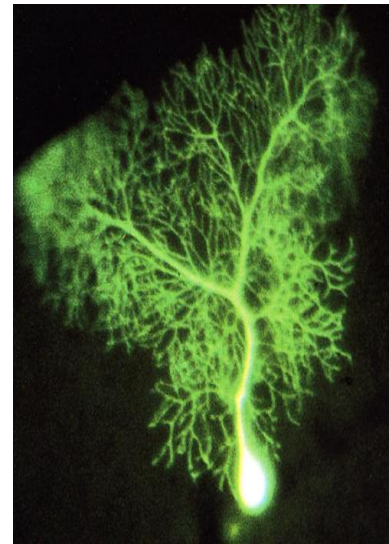
Grada kore malog mozga

- Centar funkcionalne jedinice je **velika Purkinjeova ćelija** koja je u **vezi sa odgovarajućom ćelijom dubokog jedra**.
- Cerebelarni korteks ima tri glavna sloja:
 1. molekularni sloj
 2. sloj Purkinjeovih ćelija
 3. sloj granuralnih ćelija.



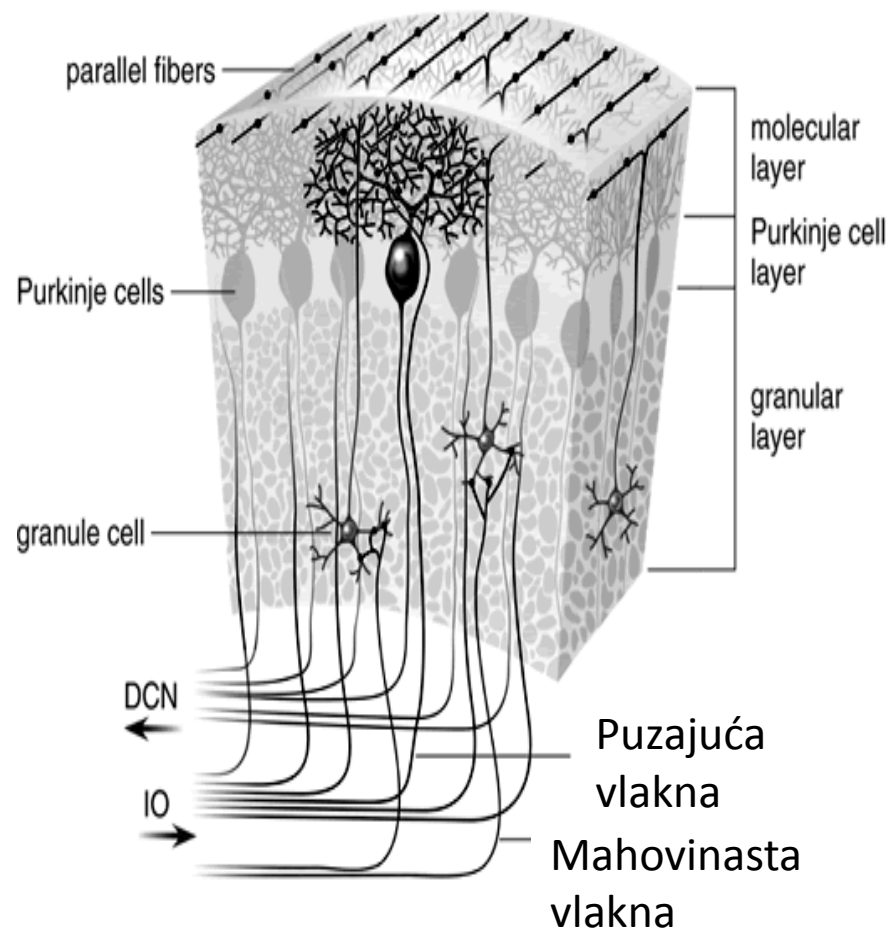
Funkcionalni neuronski krugovi kore malog mozga - izlazni signali

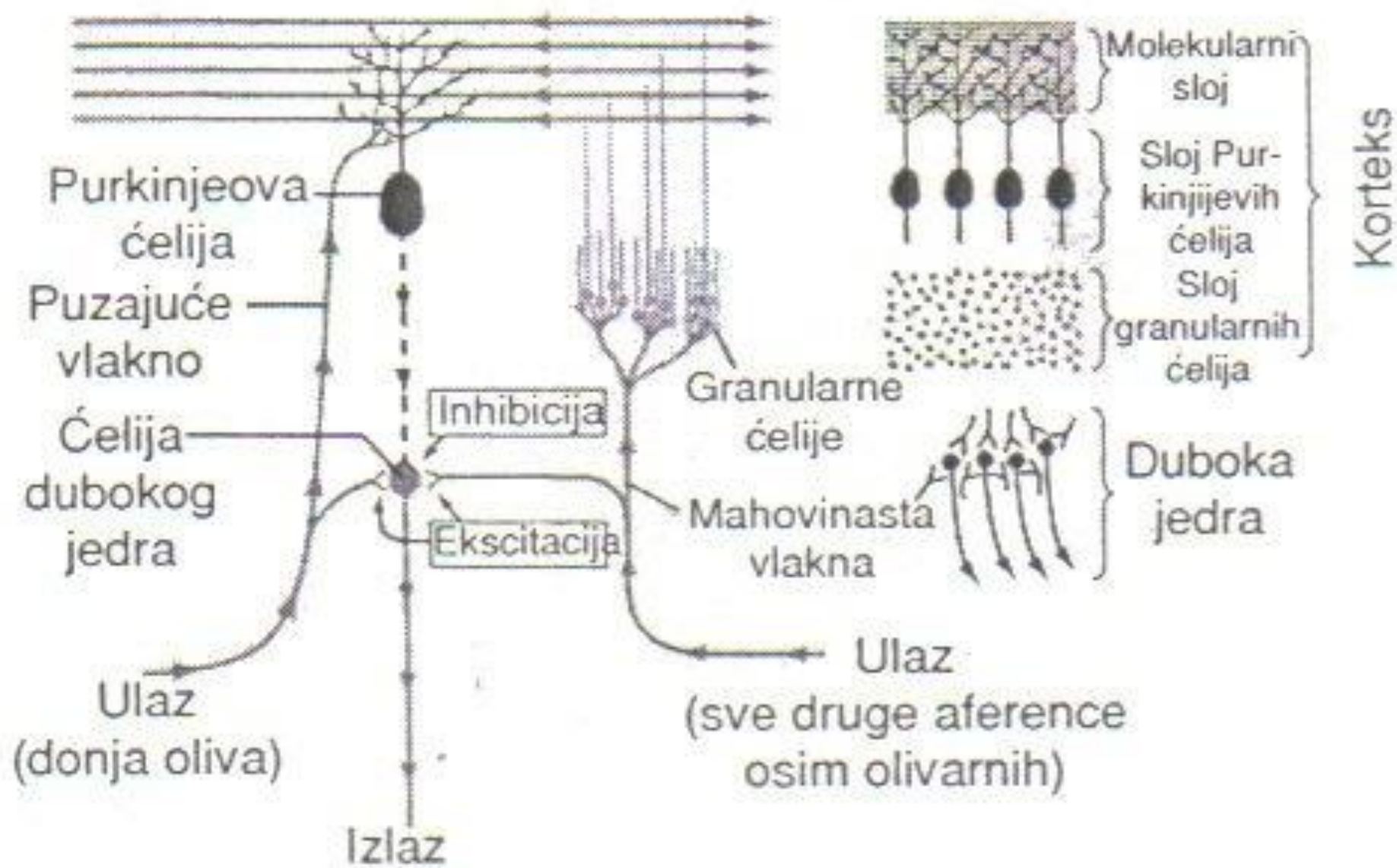
- Izlazni signali **idu preko ćelija dubokog jedra**
- **Ekscitacija** - preko direktnih veza sa **aferentnim vlaknima koja ulaze u cerebellum**
- **Inhibicija** - iz vlakana koja dolaze iz **Purkinjeovih ćelija koje se nalaze u cerebelarnom korteksu.**



Aferentni ulazi u cerebellum su dvojaki: puzajuća vlakna i mahovinasta vlakna

- Sva **puzajuća vlakna potiču iz donjeg olivarnog jedra produžene moždine**
- Mahovinasta vlakna su sva ostala vlakna koja ulaze u cerebellum.
- Puzajuća vlakna ostvaruju sinapse sa ćelijom dubokog jedra i sa Purkinjeovom ćelijom
- Mahovinasta vlakna stvaraju sinapse sa ćelijom dubokog jedra i sa granularnim ćelijama cerebelarnog korteksa.





- **Direktna stimulacija ćelija dubokih jedara** preko oba tipa vlakana, i mahovinastih i puzajućih, dovodi do njihove **ekscitacije**.
- S druge strane, signali koji dolaze iz **Purkinjeovih ćelija imaju inhibicijski efekat**.
- U stanju mirovanja ravnoteža između te dve vrste efekata je nešto više u korist ekscitacije.

- Prilikom **izvođenja brzih motornih radnji**, ulazni signal iz **motornog korteksa** ili iz **moždanog stabla** u prvom momentu snažno poveća **ekscitaciju ćelija dubokog jedra**, a zatim nekoliko milisekundi kasnije dolazi povratni **inhibicijski signal iz Purkinjeovih ćelija**.
- To **sprečava da mišićni pokret prebaci svoj cilj**, u protivnom bi došlo do pojave oscilacije u toku izvođenja pokreta.

Mehanizmi funkcionisanja malog mozga

1. “On-off prekidač”:

- Na početku pokreta pomaže stvaranje brzih uključujućih signala za mišiće agoniste i istovremeno isključujuće signale za antagoniste.
- Približavajući se završetku pokreta, cerebelum je uglavnom odgovoran za vremensko usklađivanje i izvršenje isključujućih signala za agoniste i uključujućih signala za antagoniste.

Mehanizmi funkcionisanja malog mozga

2. Učenje motornih pokreta

- Cerebelum “uči” do kog stepena treba da podržava početak i završetak mišićnih kontrakcija kao i njihovo vremensko podešavanje.
- Tokom procesa uvežbavanja neke motorne aktivnosti nivoi osetljivosti cerebelarnih kola se progresivno prilagođavaju , tj. menja se senzitivnost Purkinjeovih ćelija da odgovaraju na podražaje iz paralelnih vlakana granularnih ćelija.

Mehanizmi funkcionisanja malog mozga

3. Korekcija motornih pokreta

- Donji olivarni kompleks funkcioniše kao komparator (uporedjivač) koji ustanovljava u kojoj se meri stvarno izvodjenje pokreta podudara sa nameravanim.
- Ako postoji podudarnost, neće se pojaviti okidanje u puzajućim vlaknima, ali ako nisu podudarni, puzajuća vlakna će biti prema potrebi stimulisana ili inhibisana proporcionalno stepenu nepodudarnosti.

Funkcionalna podela Cerebeluma

- 1. Vestibulocerebelum** (flokulonodularni režanj).
- 2. Spinocerebelum** (vermis).
- 3. Cerebrocerebelum** (lateralna cerebelarna hemisfera).

1. Vestibulocerebellum (flokulonodularni režnjevi i pojedina vestibularna jedra moždanog stabla)

- Sadrži neuronska kola koja učestvuju u pokretima vezanim za održavanje ravnoteže.
- Zajedno sa moždanim stablom i kičmenom moždinom učestvuje u kontroli ravnoteže i posturalnih pokreta.

2. Spinocerebelum (vermis i intermedijalna zona)

- sadrži neuronska kola za koordinaciju pokreta uglavnom u distalnim delovima ekstremiteta posebno šaka i prstiju.
- Uloga:
 - proces prigušivanja pokreta
 - kontrola pokreta distalnih delova ekstremiteta povratnom spregom.

3. Cerebrocerebelum (velike lateralne zone)

- Funkcioniše kao sistem povratne veze sa kortikalnim senzorno-motornim sistemom u procesu planiranja nadovezujućih voljnih pokreta. Ovo planiranje obavlja se desetinu sekunde pre aktuelnog pokreta.
- Dobija informacije iz cerebralnog korteksa putem pontnih relejnih jedara.

Klinički poremećaji cerebeluma

- Da bi se izazvao ozbiljan i dugotrajan poremećaj u funkciji cerebeluma, povreda mora, pored cerebelarne kore, da obuhvati i jedno ili više dubokih jedara jer kompleksan sistem za kontrolu motorike može u velikoj meri kompenzovati gubitak delova cerebeluma.

Klinički znaci oštećenja malog mozga

- Ataksija
- Asinergija
- Adijadohokineza
- “Kompasni hod”
- Hipotonija
 - obostrana (oštećenje vermisa)
 - jednostrana (oštećenje hemisfere)
- Intencioni tremor
- Nistagmus

BAZALNE GANGLIJE

Ekstrapiramidni sistem

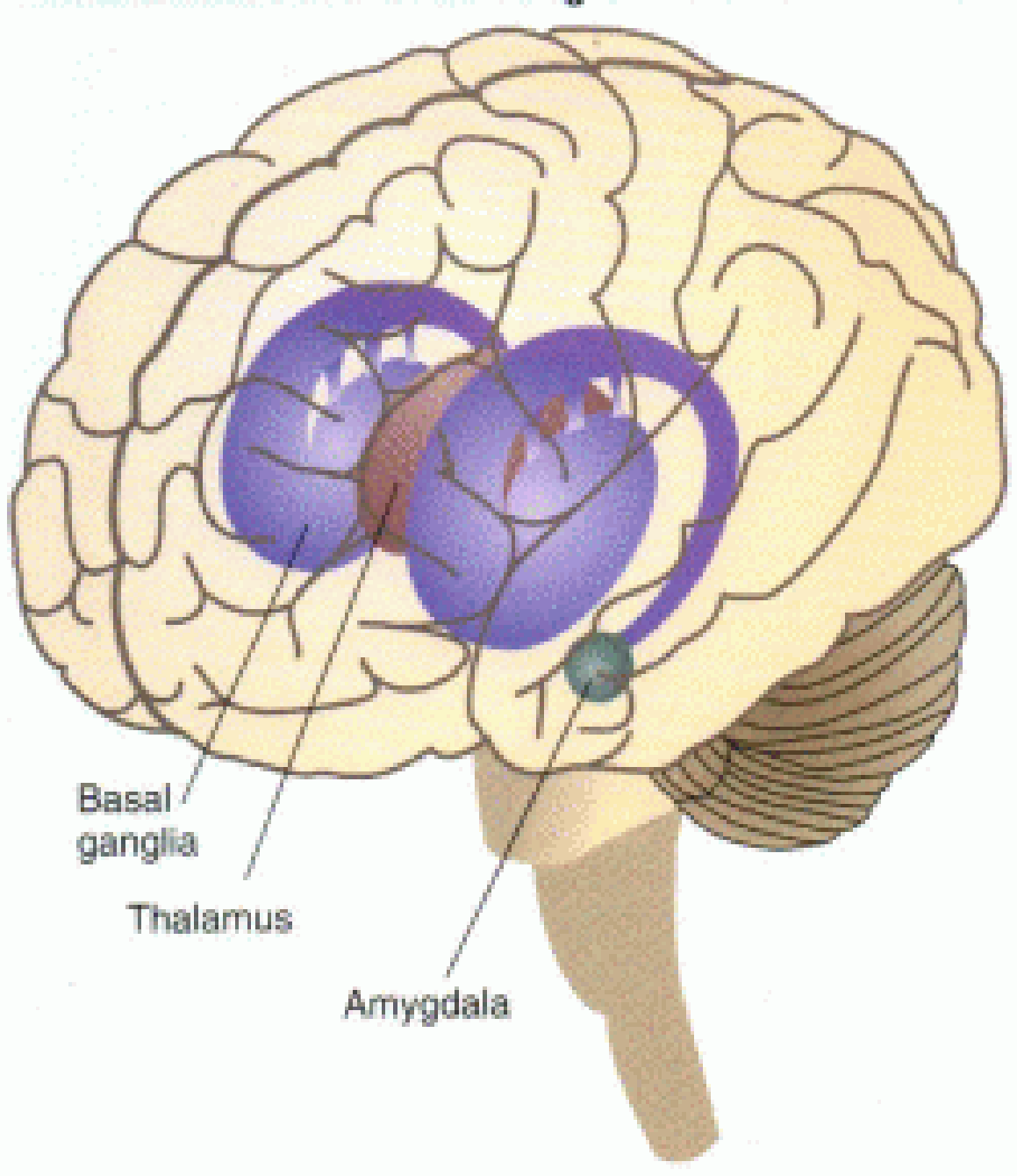
- Deo mozga i moždanog stabla koji učestvuje u motornoj kontroli sa izuzetkom kortikospinalnog (piramidnog) sistema.
- Uključuje:
 - bazalne ganglije i njihove puteve
 - delove moždane kore koji daju projekcije u bazalne ganglije
 - delove cerebeluma koji daju projekcije u bazalne ganglije
 - delove retikularne formacije koji su povezani sa bazalnim ganglijama i moždanom korom
 - talamusna jedra koja su povezana sa bazalnim ganglijama i retikularnom formacijom.

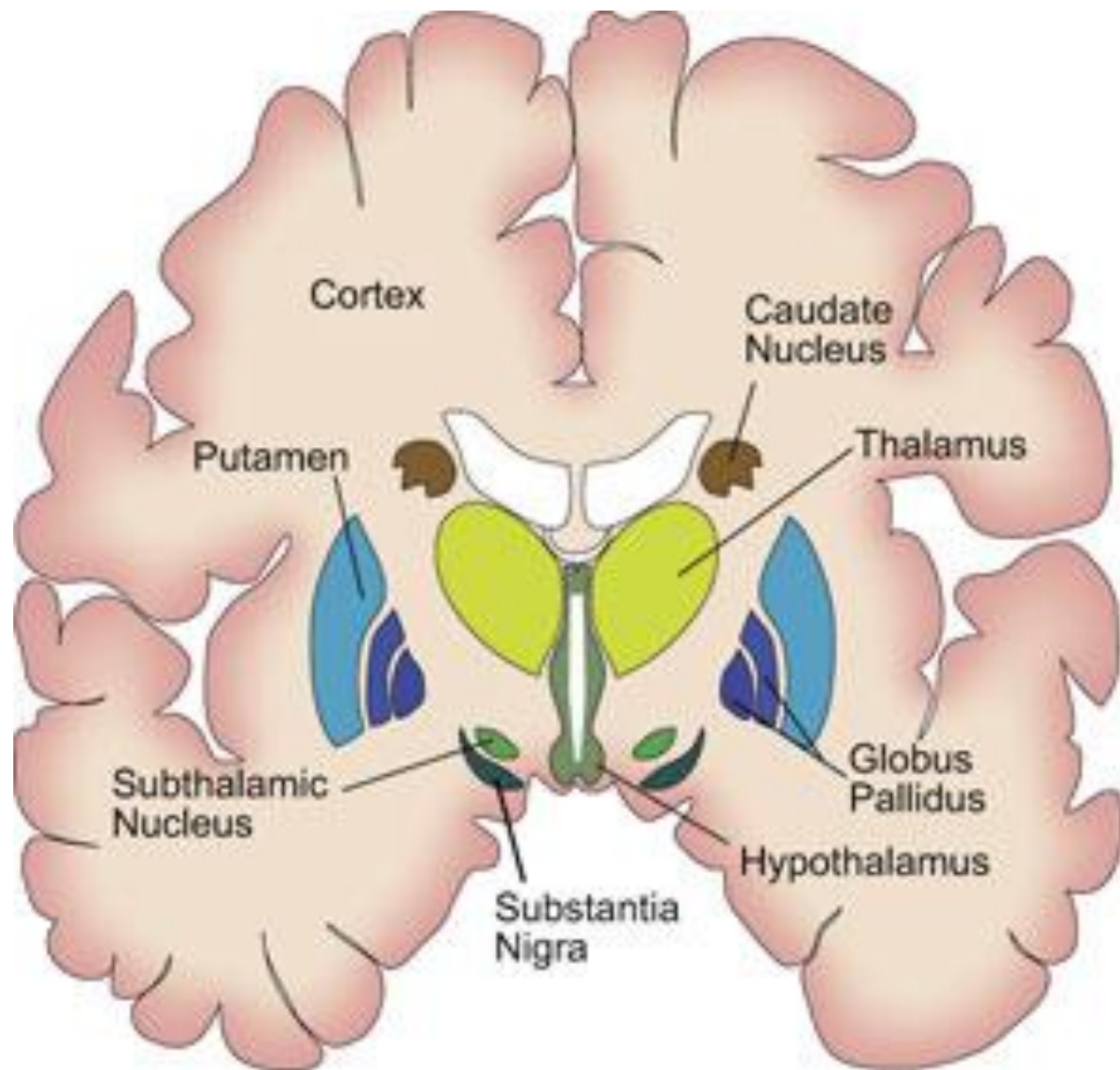
Uloga ekstrapiramidnog sistema

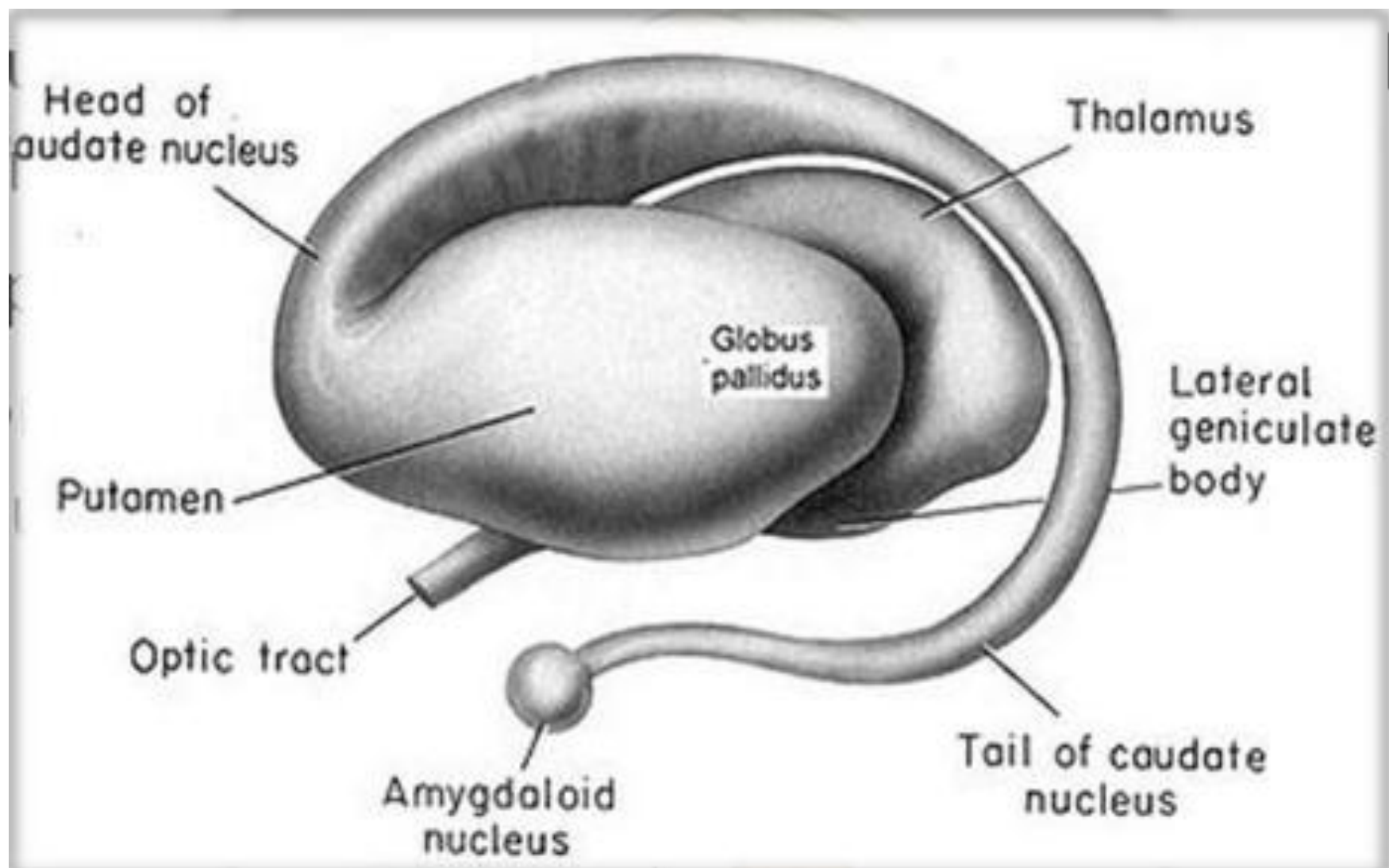
- Ovaj sistem kontroliše:
 1. automatske pokrete
 2. tonus skeletnih mišića
 3. održavanje posturalnih refleksa.

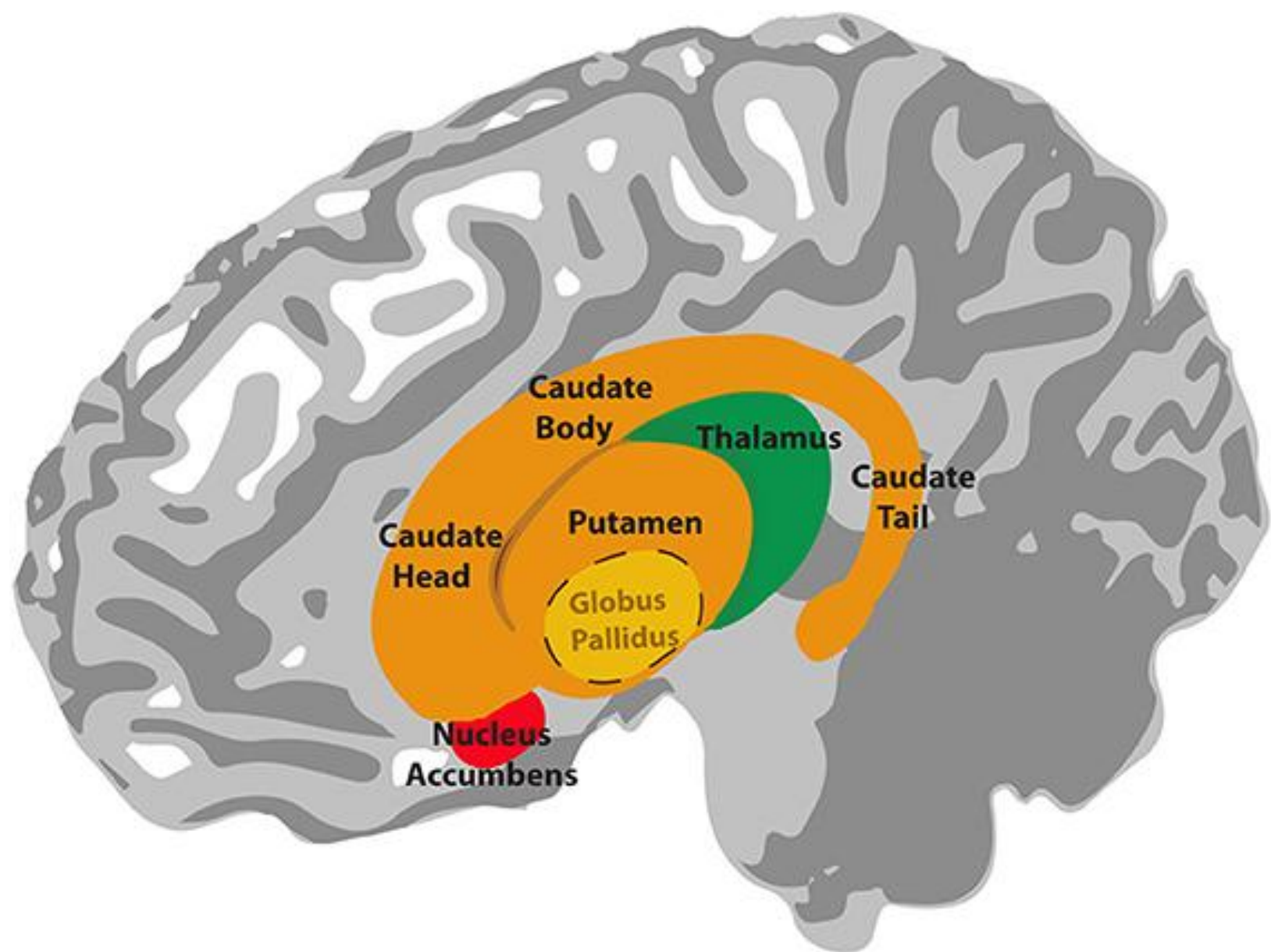
Bazalne ganglije

- Siva masa u dubini moždanih hemisfera:
 - **Nukleus kaudatus**
 - **Putamen**
 - **Globus palidus**
 - **Substancija nigra**
 - **Subtalamičko jedro**



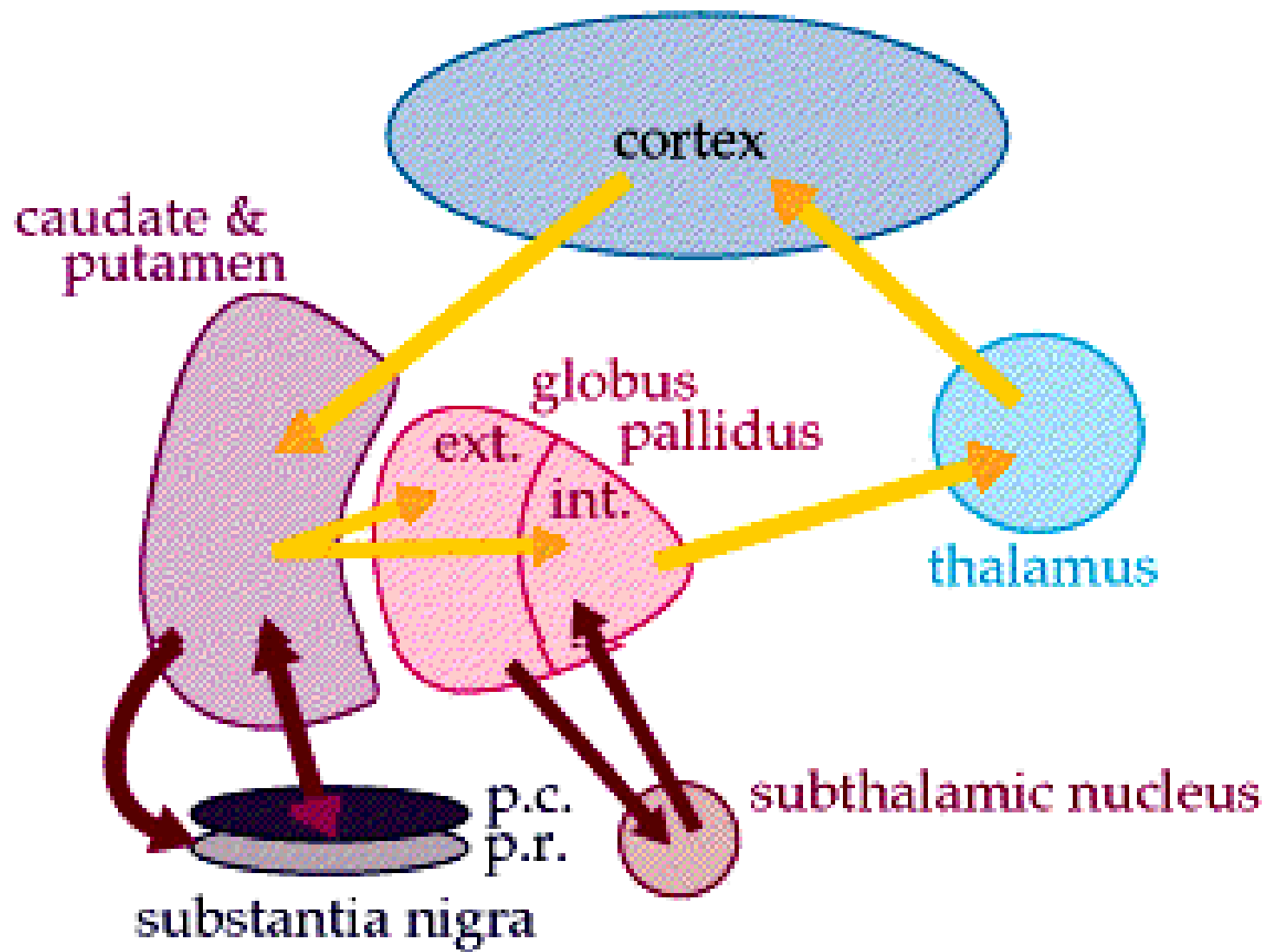


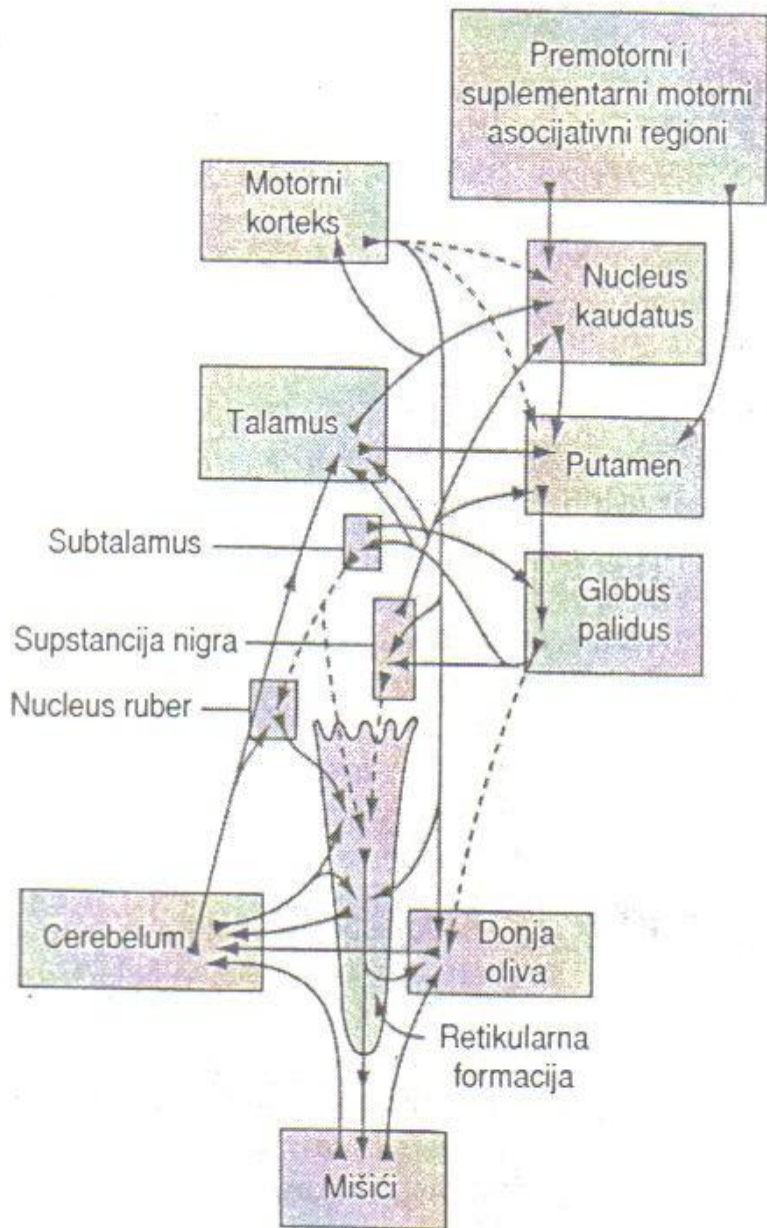




- Bazalne ganglije ostvaruju svoju ulogu u motornoj kontroli kroz stalnu interakciju sa **moždanom korom i kortikospinalnim putem.**
- Dobijaju informacije uglavnom iz moždane kore kuda i upućuju izlazne informacije

- Gotovo sva motorna i senzorna nervna vlakna koja povezuju cerebralni korteks sa kičmenom moždinom, prolaze između glavnih masa bazalnih ganglija (nukleus kaudatus i putamen) i nazivaju se **kapsula interna mozga.**





Veze motornog korteksa, talamusa i udruženih kola moždanog stabla i cerebeluma:

- Glavno kolo sistema bazalnih ganglija koje uključuje ogroman broj veza između samih bazalnih ganglija kao i mnogobrojne ulazne i izlazne puteve između motornih regiona mozga i bazalnih ganglija

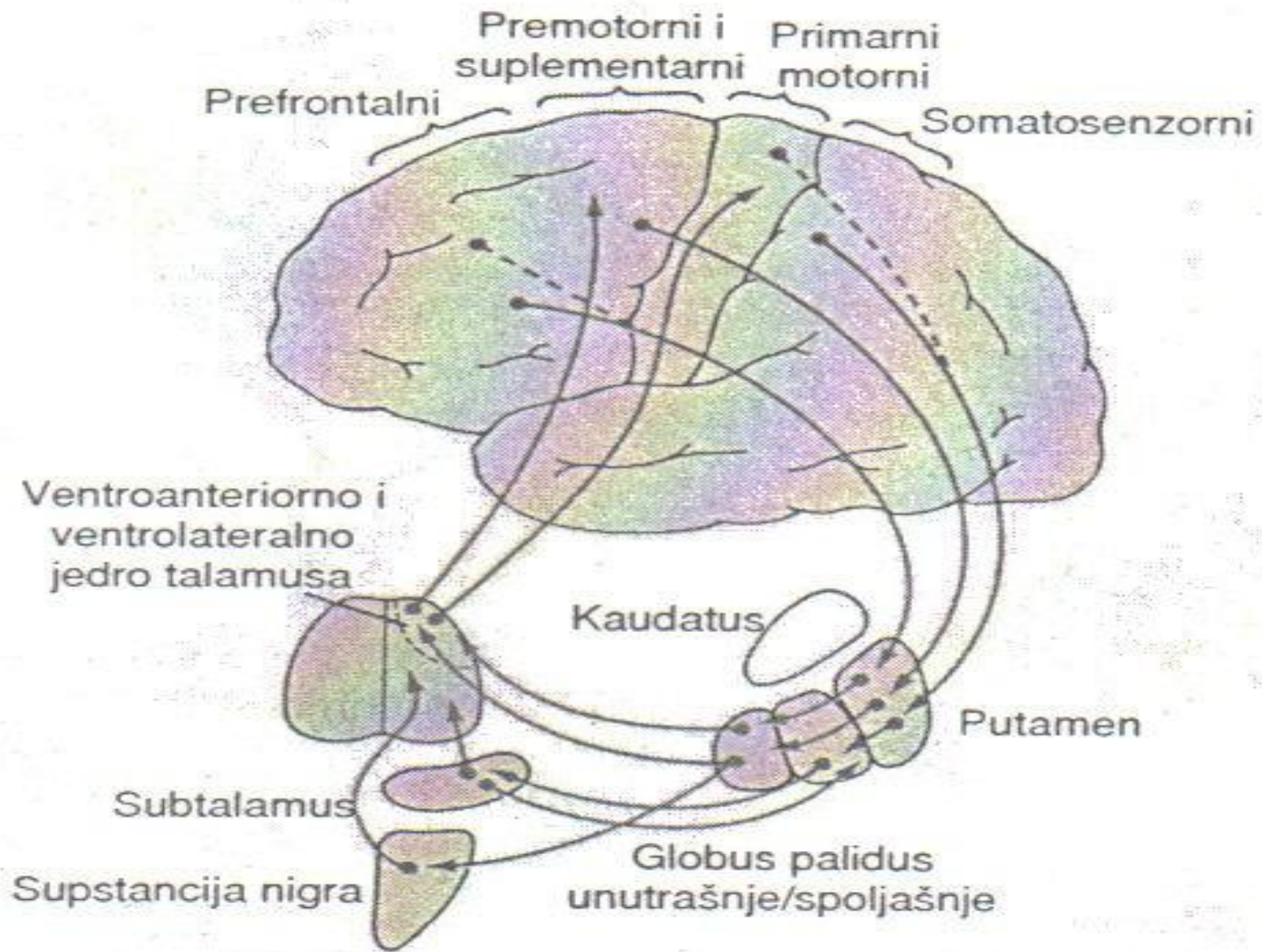
Anatomske veze između bazalnih ganglija i drugih delova mozga koji učestvuju u kontroli motorike

Najvažnije funkcije bazalnih ganglija

1. Pomoć kori mozga u ostvarivanju podsvesnih, naučenih pokreta
2. Učešće u planiranju pokreta koje je neophodno povezati paralelno i u nizu da bi se ostvario ciljani zadatak.
3. Vremenski obrazac pokreta i stepenovanje intenziteta pokreta.

Uloga u izvođenju motornih obrazaca

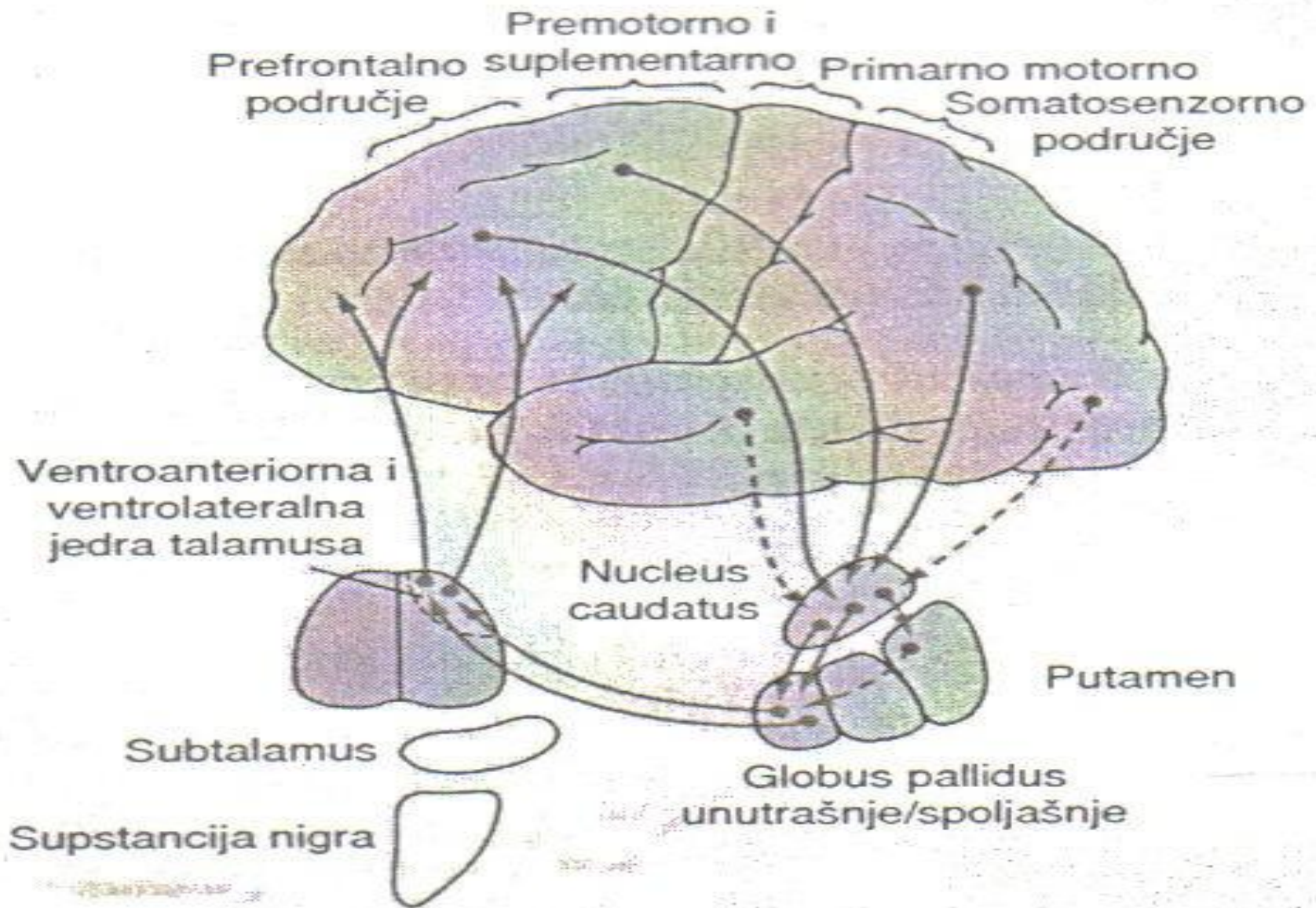
- Jedna od glavnih uloga bazalnih ganglija je učešće u **kontroli kompleksnih obrazaca motorne aktivnosti** kao što su: pisanje slova, rezanje papira makazama, zakucavanje eksera, ubacivanje lopte u koš, dodavanje lopte u fudbalu, mnogi aspekti vokalizacije, kontrolisani pokreti očiju ili doslovno svi naši ostali vešti pokreti.



Putamensko kolo kroz bazalne ganglije za podsvesno izvršenje naučenih obrazaca pokreta

Uloga u svesnoj kontroli motornih obrazaca

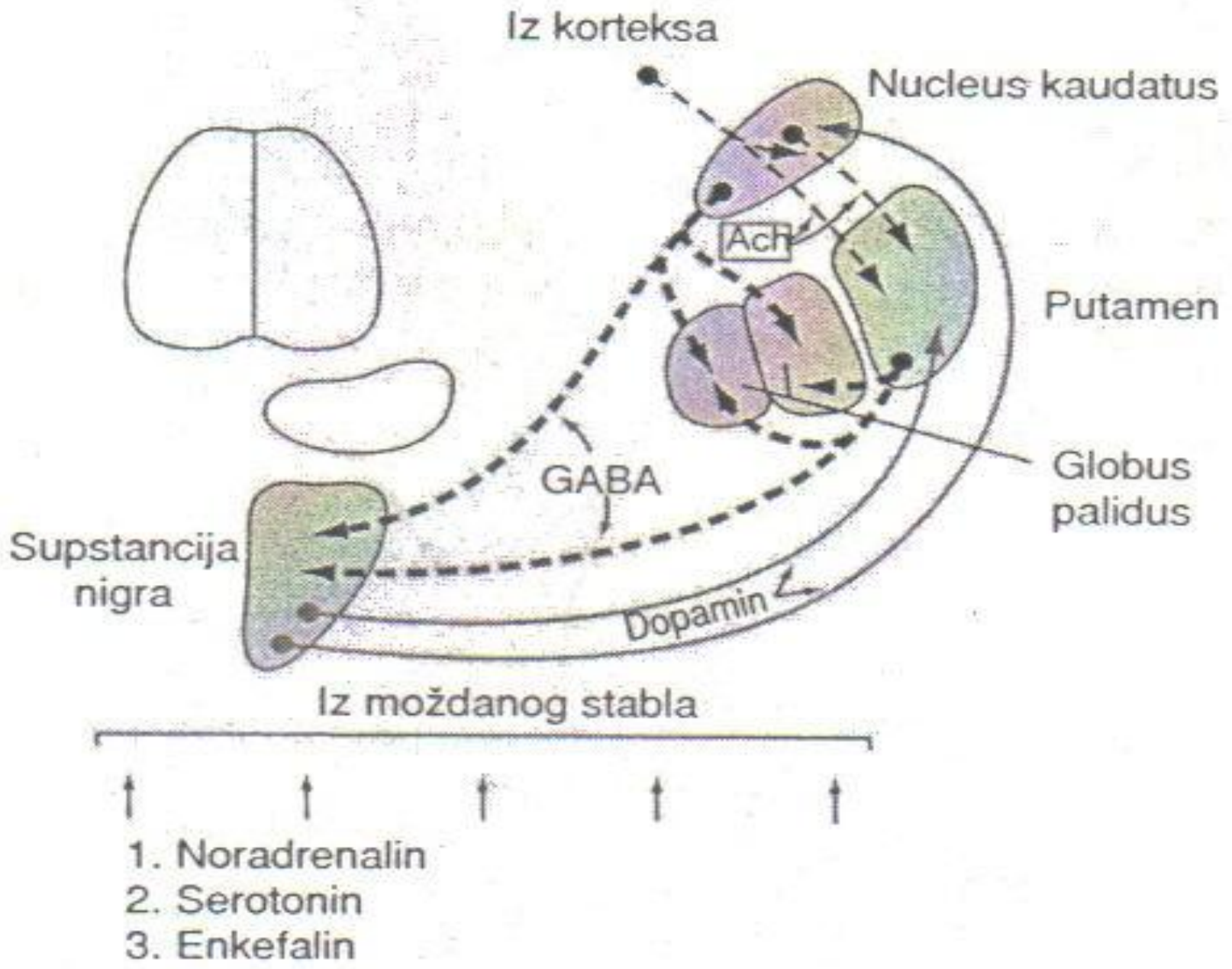
- Kognitivna kontrola motorne aktivnosti u kojoj glavnu ulogu igra **nukleus kaudatus**.
- Planiranje koji će obrasci kretanja biti upotrebljeni zajedno, odnosno u kom vremenskom redosledu da bi se postigao kompleksan cilj.



***Kaudatno kolo** za kognitivno planiranje nadovezujućih i paralelnih motornih obrazaca za postizanje specifičnih svesnih ciljeva*

Neurotransmitterski sistemi bazalnih ganglija

- Sistem **dopaminskih neurona** koji su locirani u **substanciji nigri**, a daju projekcije u nukleus kaudatus i putamen
- Sistem neurona koji sadrže **GABA**, koji su locirani u **nukleus kaudatusu i putamenu**, a daju projekcije u substanciju nigru
- Sistem **acetilholinskih** neurona koji su locirani u moždanoj kori, a daju projekcije u nukleus kaudatus i putamen
- Noradrenergički, serotoninski i drugi sistemi neurona koji su locirani izvan sistema bazalnih ganglija, a daju projekcije u ovaj sistem.



Različiti tipovi neurotransmiterskih supstanci u bazalnim ganglijama