



FAKULTET ZA SPECIJALNU EDUKACIJU I REHABILITACIJU
Medicinska fiziologija - predavanja

Nervni sistem (1)

Opšta neurofiziologija

Doc. dr Maja Milovanović

Sadržaj

- Nervno tkivo
- Nervna ćelija
- Potporne ćelije
- Sinapsa
- Prenos signala u grupi neurona

Uloge nervnog sistema

1. Da detektuje promene i stimulse iz okoline
2. Da izazove (incira) odgovarajući odgovor na promenu
3. Da organizuje informacije koje će odmah koristiti, a da druge sačuva za upotrebu u budućem vremenu

Podela nervnog sistema

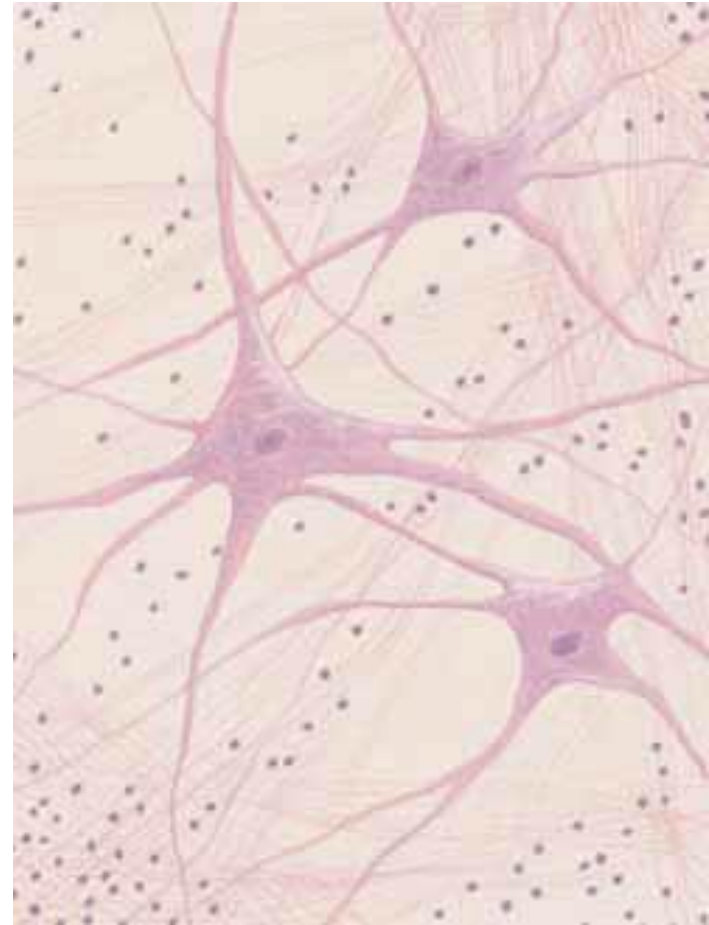
- **Centralni nervni sistem:**
 - Mozak (encephalon) – centar koji integriše informacije, inicira odgovore, čini osobu onim što jeste
 - Kičmena moždina (medulla spinalis)
- **Periferni nervni sistem** – prenosi informacije prema i od centralnog nervnog sistema
 - Kranijalni nervi (12 pari)
 - Spinalni nervi (31 par)
- **Autonomni nervni sistem**
 - Simpatički
 - Parasimpatički

Način na koji nervni sistem sprovodi svoju regulatornu ulogu

- Uz pomoć elektrohemijskih impulsa informacije se prenose iz spoljne i unutrašnje sredine do nervnog sistema, i od njega do ciljnih tkiva, sve u cilju održanja homeostaze.
- Neke od ovih regulacija se sprovode na svesnom, a neke na nesvesnom nivou.

Nervno tkivo

- Nervna ćelija (neuron)
- Potporne ćelije - neuroglija:
 - Astrociti
 - Oligodendrociti
 - Mikroglija



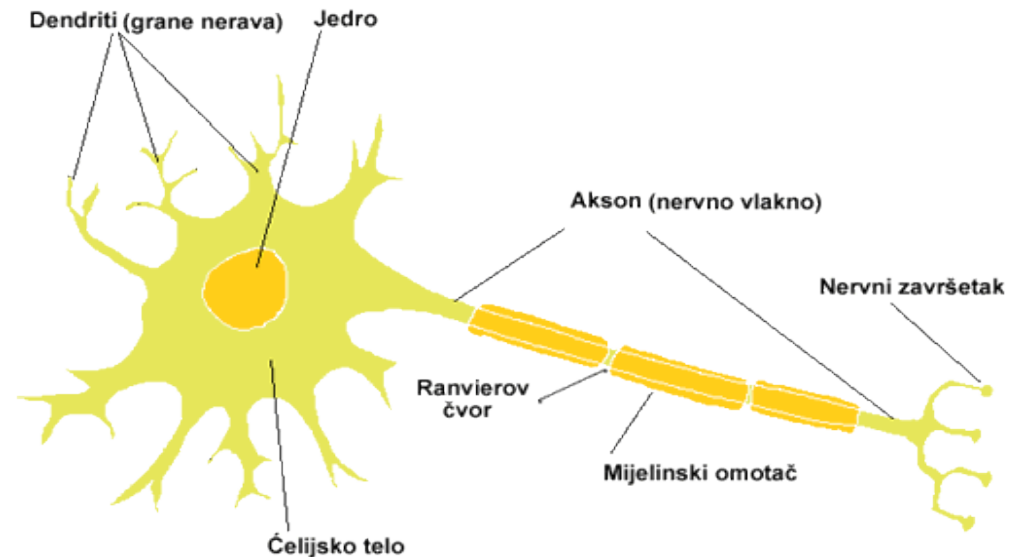
NERVNA ČELIJA

Nervna ćelija - neuron

- Osnovna strukturna i funkcionalna jedinica nervnog sistema, koja prenosi i obrađuje informacije
- Uloge:
 - Provođenje nadražaja od receptora do centralnog nervnog sistema, i od centralnog nervnog sistema do odgovarajućih ćelija i organa (efektora) koji će odreagovati na nadražaj,
 - Prenošenje i skladištenje informacija u nervnom sistemu.
- Visokodiferencirane ćelije koje nemaju sposobnost deljenja (izuzetak su mirisni neuroni koji se kod čoveka obnavljaju svaka dva meseca I neuroni hipokampusa).

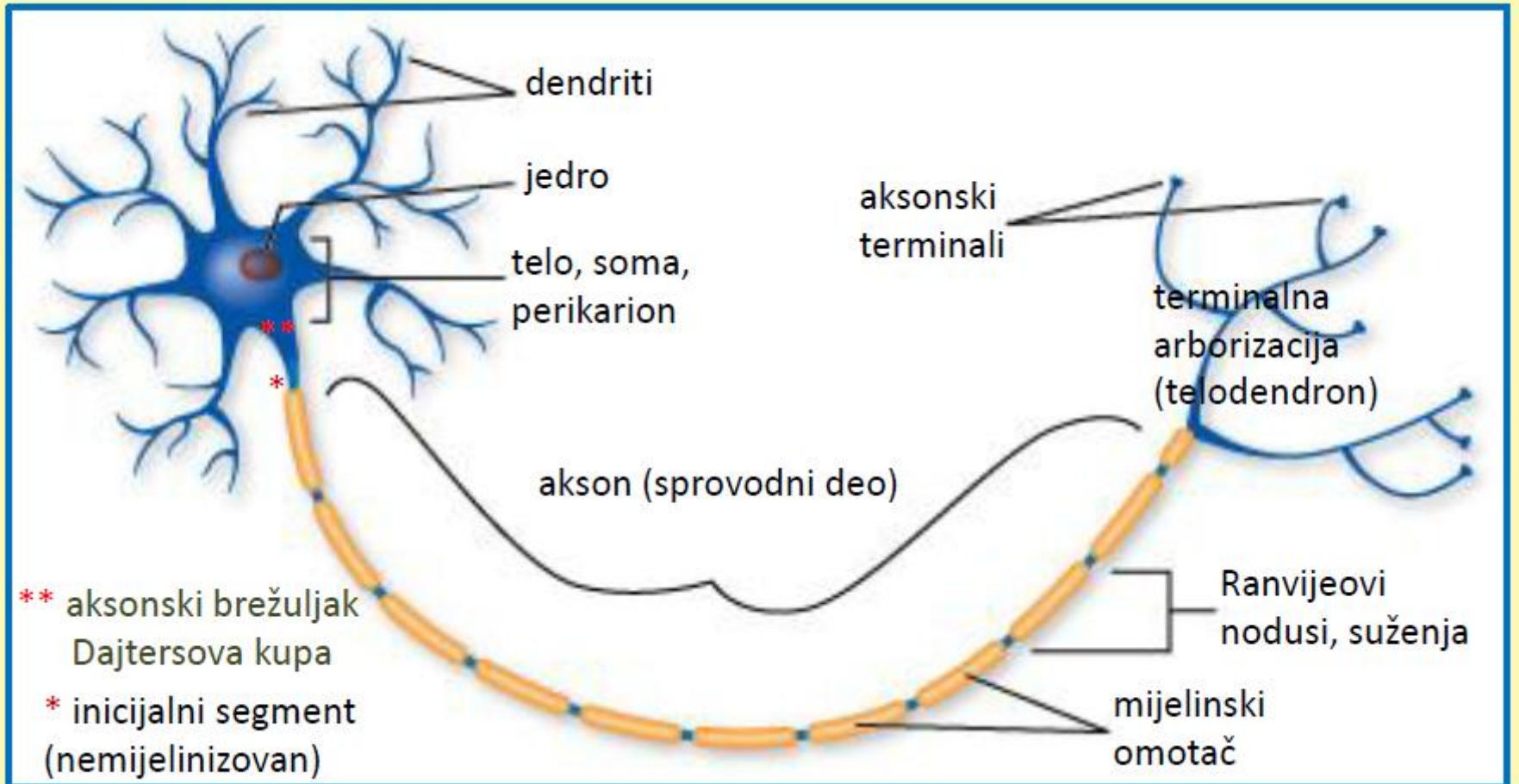
Grada neurona

- Uglavnom imaju 4 strukture:
 - Telo (*soma*)
 - Dendrite (od gr. *dendron* = drvo)
 - Akson (od gr. *axon* = osovina) ili neurit, nervno vlakno
 - Nervne završetke



Anatomija neurona (nervne ćelije)

Neuron



Funkcionalni segmenti neurona

1. Ulazna zona

Dendriti

2. Integrativna zona

Čelijsko telo

3. Mesto generisanja akcionog potencijala

Incijalni segment (aksonski brežuljak)

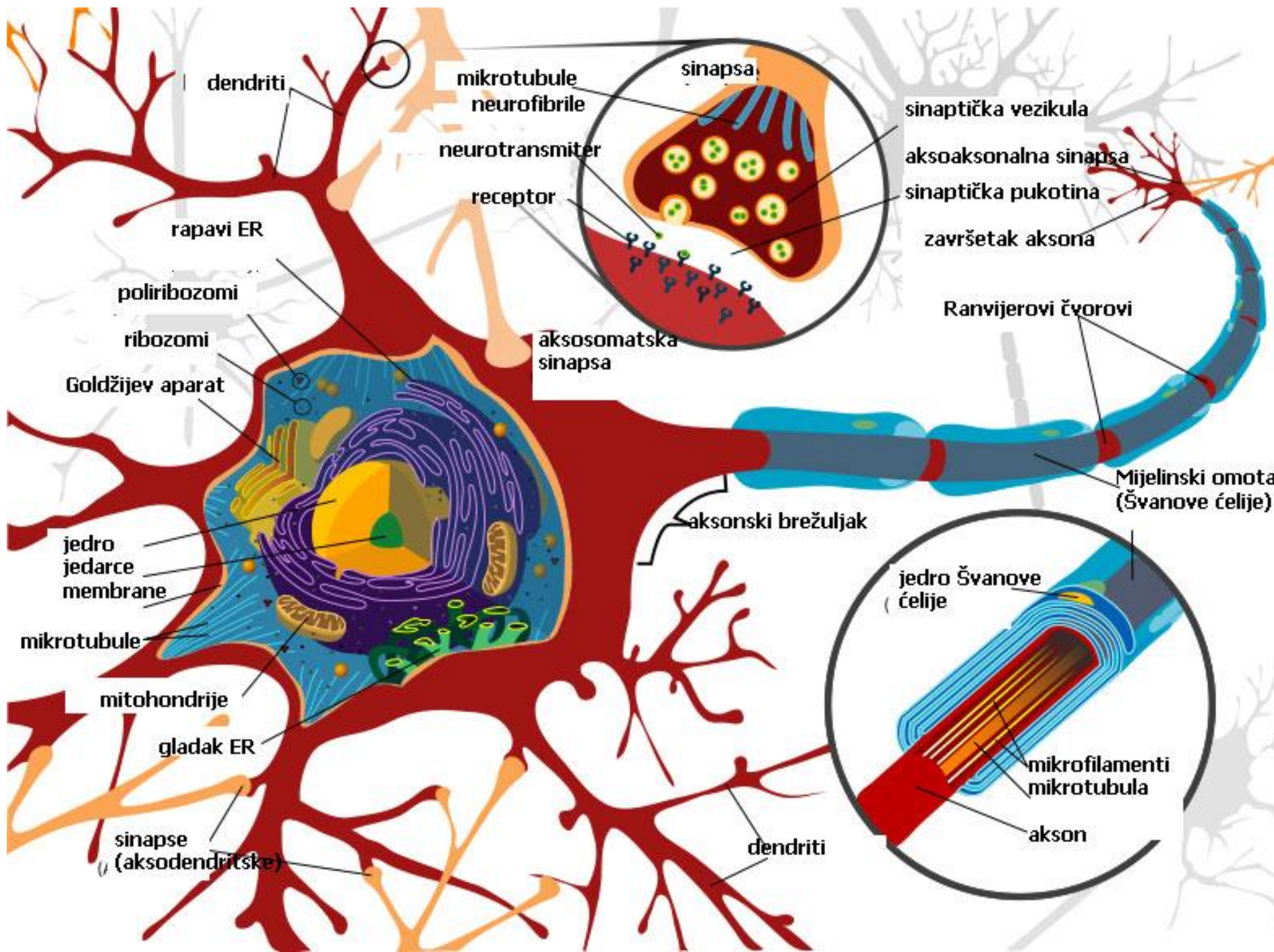
Sadrži 7 puta više voltažno zavisnih Na kanala od drugih delova neurona

4. Izlazna zona – sprovodi akcioni potencijal

Akson

5. Prenos informacije na ciljnu ćeliju (neuron, mišić, žlezdu), oslobađanjem neurotransmitera

Aksonski, presinaptički završeci



Telo neurona

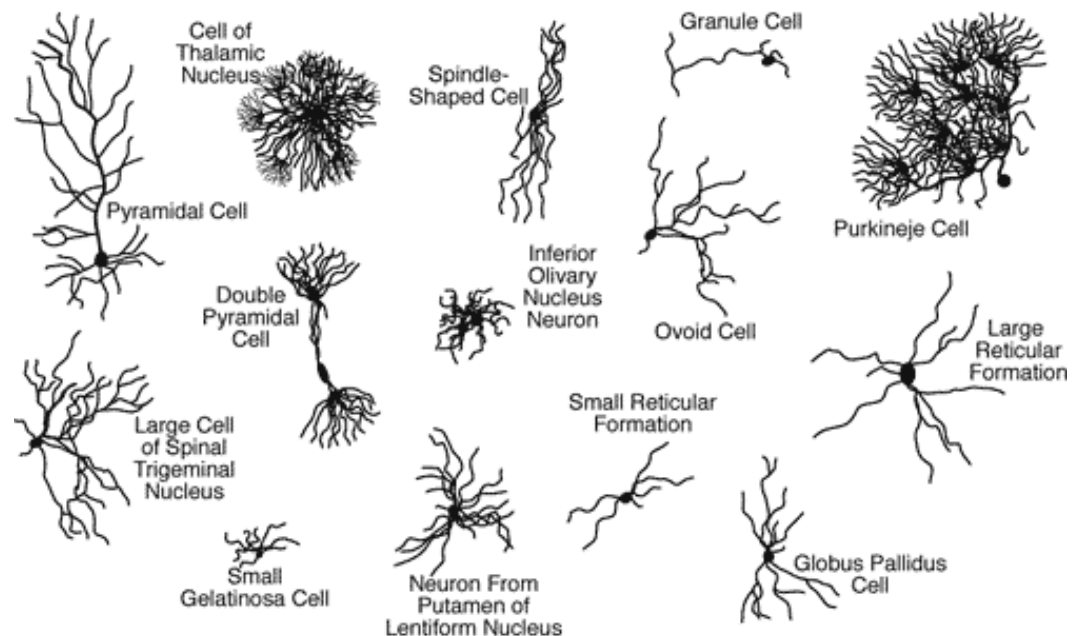
- Prošireni deo nervne ćelije koji može biti različitog oblika
- Sadrži:
 - krupno, centralno, svetlo jedro u kome je jako obojeno jedarce
 - jako obojena Nislova tela, složene grupacije granula, cevčica, vezikula koja u stvari odgovaraju skupinama granuliranog endoplazmatičnog retikuluma i poliribozoma
 - elemente citoskeleta: mikrotubule, mikrofilamente, neurofilamente

Veličina tela

- Različita veličina:
 - zrnasti neuroni kore malog mozga 7-8 μm .
 - Purkinjeove ćelije u kori malog mozga 150 μm .
- Mali, srednje veliki i veliki.

Oblik tela neurona – nekoliko stotina oblika

- Zrnasti (granularni) neuroni
 - malo, okruglo telo sa tamnim krupnim jedrom;
 - obrazuju zrnaste slojeve u kori velikog i malog mozga čoveka;
- Piramidni neuroni
 - tela trouglasta, slična piramidi;
 - grade piramidalne slojeve u kori velikog mozga čoveka;
- Vretenasti neuroni
- Zvezdasti neuroni i dr.



Strukture NS koje se sastoje od tela neurona

- U centralnom nervnom sistemu su to:
 - **Jedra**
 - grupacije tela neurona sa sličnim citološkim osobinama i čiji aksoni imaju zajedničku putanju, funkciju i ciljno mesto;
 - **Slojevi (lamine)**
 - kada su neuroni raspoređeni u vidu tankih ploča; slojevi mogu graditi koru velikog ili koru malog mozga;
- Izvan CNS-a
 - **Ganglije**
 - spinalne ganglije
 - vegetativne (autonomne) ganglije

Funkcije tela neurona

- Centri metaboličkih aktivnosti kojima se ispunjava trofička funkcija tela u odnosu na dendrite i aksone.
- U njima se odvijaju procesi sinteze svih bitnih proteina koji regulišu procese ne samo u telu već i u nastavcima koji sa njega polaze

Dendriti

- Kratki, razgranati nastavci koji nadražaj dovode do tela neurona.
- Broj dendrita može biti manji ili veći ili mogu i potpuno da odsustvuju.
- Oni se dalje mogu granati i na ograncima se uočavaju brojni dendritski trnići.
- **Prijemnik poruka međuneuronske komunikacije**

Akson (neurit, nervno vlakno)

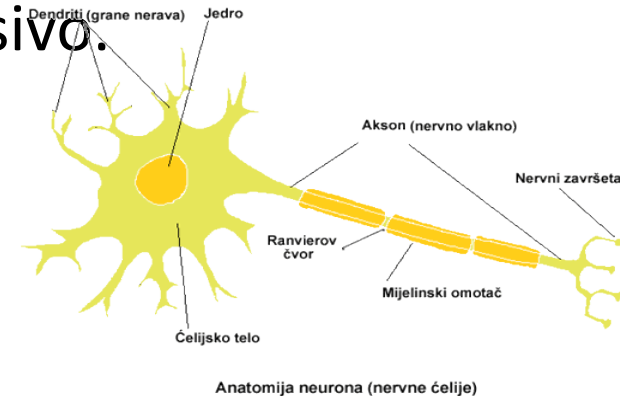
- Neparan nastavak koji se samo na kraju grana.
- Akson nadražaj odvodi od tela neurona ka sledećem neuronu.
- **Skup aksona obavijen omotačem čini NERV**

Karakteristike aksona

- Različite dužine:
 - Akson kičmenjaka može biti kratak (kod većine njegova dužina je oko 5 μm)
 - kod krupnih životinja značajno duži, kao kod npr. plavog kita njegova dužina iznosi do 10 m.
- Kratki aksoni se granaju u neposrednoj okolini tela neurona i karakteristični su za umetnute neurone (interneurone).
- Dugački aksoni se završavaju u udaljenom području sive mase prenoseći signale iz jednog dela mozga u drugi. Takvi aksoni mogu biti:
 - aferentni (*donoseći*), koji donose signal (nadražaj) u neki deo mozga;
 - eferentni (*odnoseći*) koji signal iz jednog dela odnosi u drugi deo mozga.

Grada aksona

- Akson koji se nalazi van nervnih centara je obavijen omotačem nazvanim mijelinski omotač
 - Mijelinizovana vlakna - bele boje
 - Nemijelinizovana vlakna - izgledaju sivo.
- Mijelinski omotač
 - U PNS obrazuju Švanove ćelije
 - U CNS ga obrazuju oligodendrociti.
- Ranvijerovi čvorovi – ogoljeni delovi aksona između mijelinizovanih segmenata

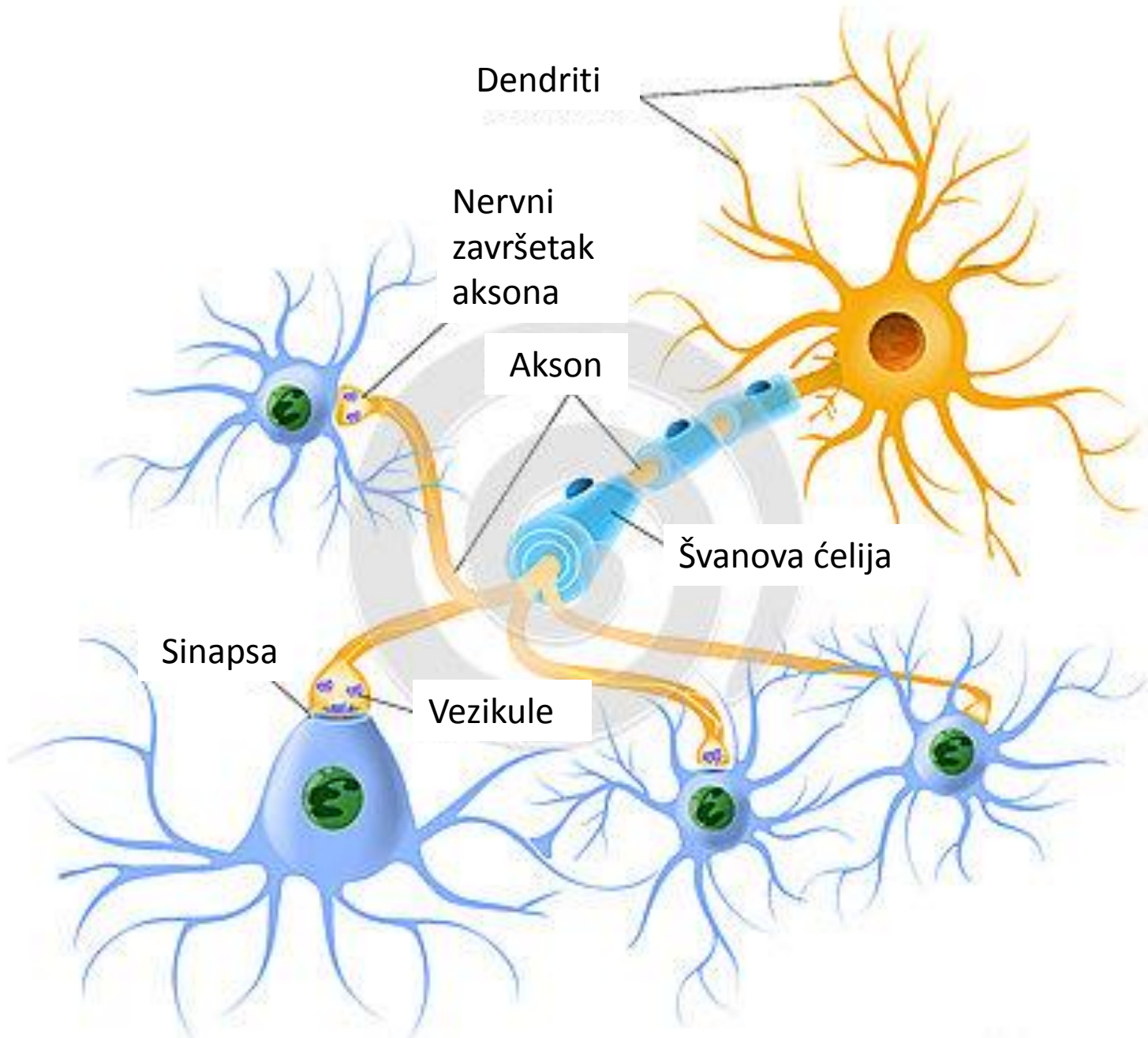


Veličina i debljina mijelinske ovojnice određuju funkciju neurona

Opšta klasifikacija neurona (Erlanger Gasser)			Promer (μm)	Brzina sprovođenja (m/s)
Mijelinska vlakna				
Grupa I	A α	Velika motorna	10-20	70-120
Grupa II	A β	Dodir, pritisak	5-12	30-70
	A γ	Mala motorna	3-6	15-30
Grupa III	A δ	Bol, hladno	2-5	12-30
	B	Autonomna, preganglijska	<3	3-15
Nemijelinska vlakna				
Grupa IV	C	Bol, temperatura, preganglijska simpatikusa	0,1-1,5	0,5-2

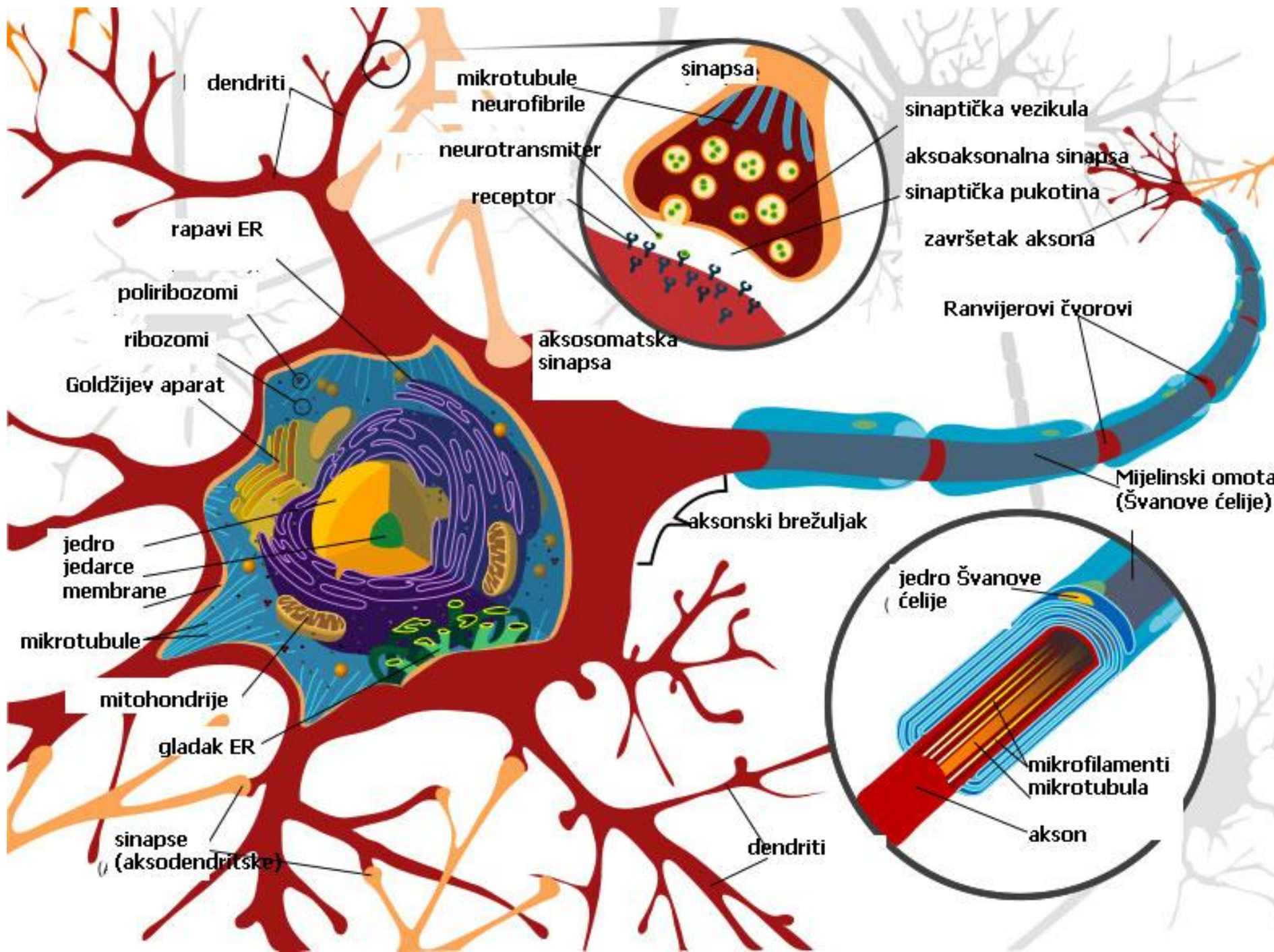
Nervni završeci

- Čvornovata mala proširenja na krajevima neurona
- Mogu formirati sinapse na membrani dendrita ili tela neurona
- U njima se nalaze neurotransmiteri koji se izlučuju kada AP pristigne



Aksotransport

- Plazma membrana koja obavija akson naziva se aksolema, a unutrašnjost je aksoplazma.
- Kroz aksoplazmu se vrši transport supstanci putem proteinskih vlakana – mikrotubula, uz pomoć ATP-a, i to:
 - Anterogradni aksotransport
 - Transport materija koje se proizvode u telu neurona, i transportuju do završetaka, brz
 - Retrogradni aksotransport
 - Transport supstanci iz nervnih završetaka nazad u telo



Fiziologija neurona

- Nervne ćelije u okviru nervnog sistema, ma koliko izgledale prostorno udaljene, ne funkcionišu odvojeno i nezavisno. One su uvek morfološki i funkcionalno povezane što obezbeđuje normalno funkcionisanje svih delova nervnog sistema.

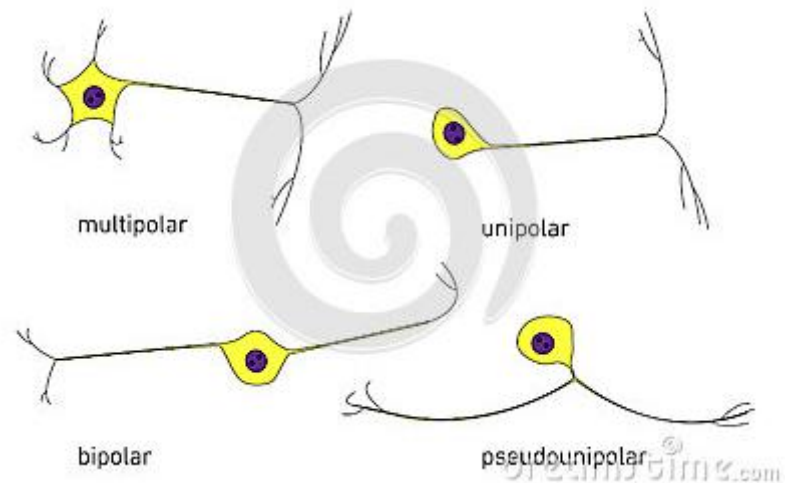
VRSTE NEURONA

Podela prema broju nastavaka

Podela prema pravcu širenja signala

Podela neurona prema broju nastavaka

- Prema broju nastavaka koji polaze sa tela dele se na:
 - unipolarne
 - pseudounipolarne
 - bipolarne
 - multipolarne



Podela neurona prema broju nastavaka

- Unipolarni:
 - imaju samo jedan nastavak - akson, nemaju dendrite;
 - nalaze se u sluzokoži čula mirisa
- Pseudounipolarni
 - imaju samo jedan nastavak, akson ali se grana u dva ogranka;
 - u spinalnim ganglijama.
- Bipolarni
 - imaju dva nastavka dendrit i akson
 - u spinalnim ganglijama.
- Multipolarni
 - imaju veći broj dendrita i jedan akson;
 - u CNS-u
- Anaksonski
 - nemaju aksone već samo dendrite koji pored aferentne imaju i eferentnu ulogu;
 - amakrine ćelije mrežnjače



jedro

Mijelinski omotač

Unipolarni

jedan produžetak - akson, nemaju dendrite;
senzorni – čulo mirisa



Bipolarni

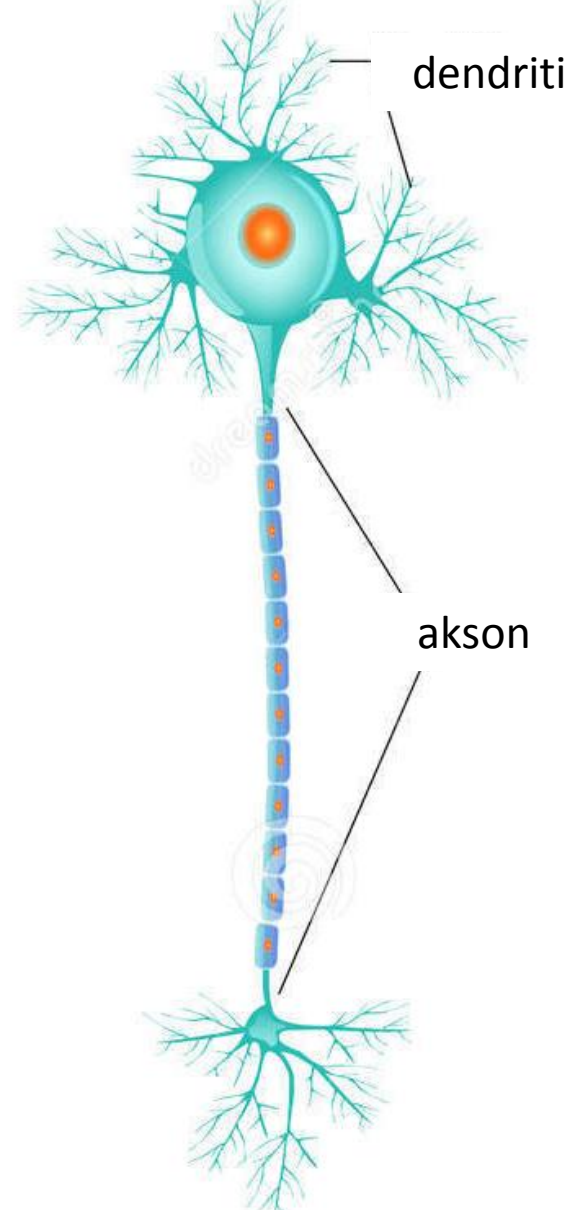
jedan akson, jedan dendrit;
senzitivni nervi u spinalnim ganglijama

Senzitivni receptor



Pseudounipolarni

akson koji se deli na dva dugačka nastavka



dendriti

akson

Multipolarni

jedan akson, mnoštvo dendrita

Podela neurona prema pravcu prenošenja nadražaja

funkcionalna klasifikacija

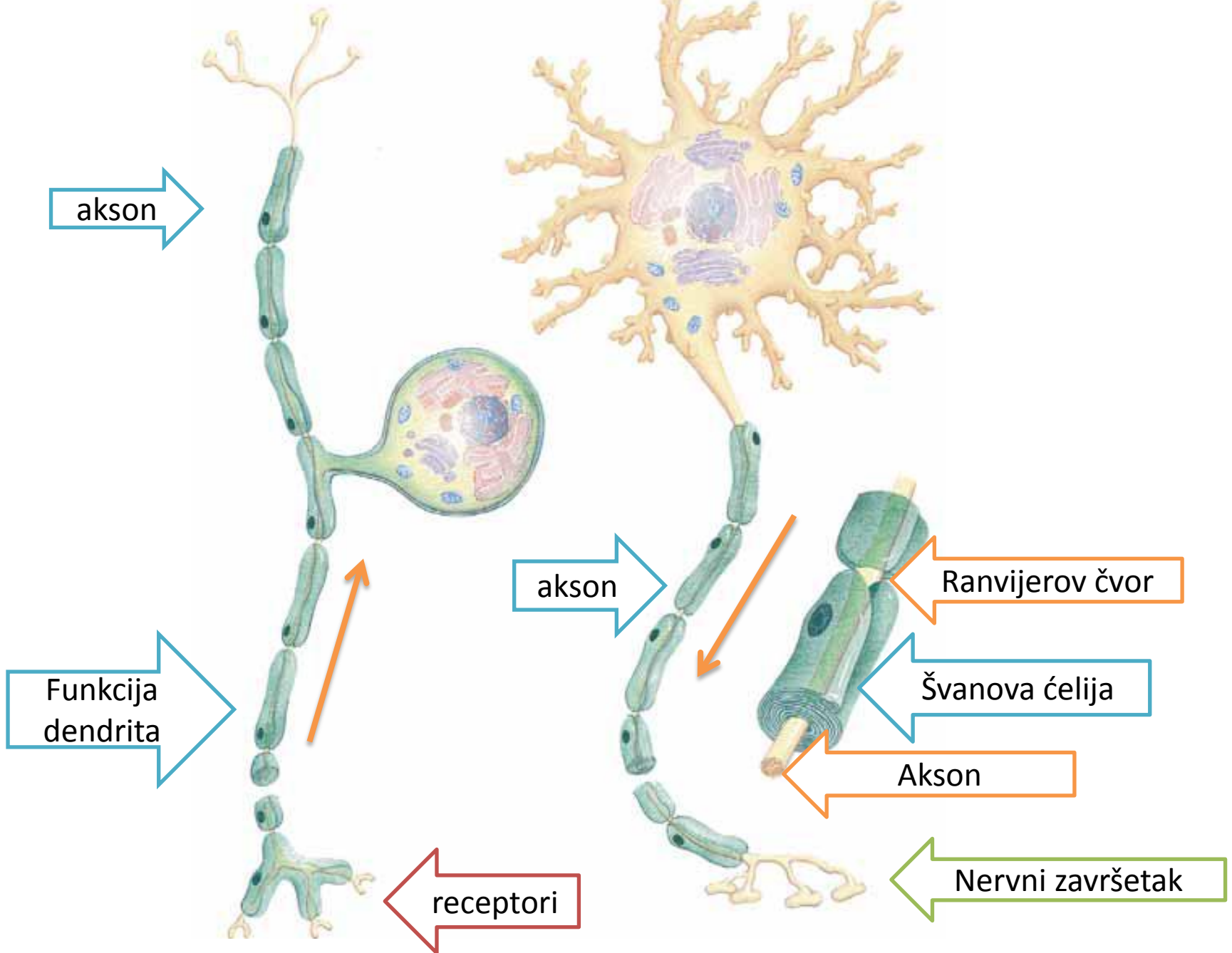
- 1. Senzorni**
- 2. Motorni**
- 3. Asocijativni**

Podela neurona prema pravcu širenja impulsa

- **Senzorni neuroni** (aferentni) prenose nadražaj od receptora do odgovarajućih centara u CNS-u
- **Motorni neuroni** (eferentni) prenose nadražaj od centara u CNS-u do efektora
- **Asocijativni neuroni** (umetnuti, interneuroni) se nalaze u CNS-u i prenose nadražaj od senzitivnih ka motornim neuronima.

Tipičan senzorni neuron

Tipičan motorni neuron



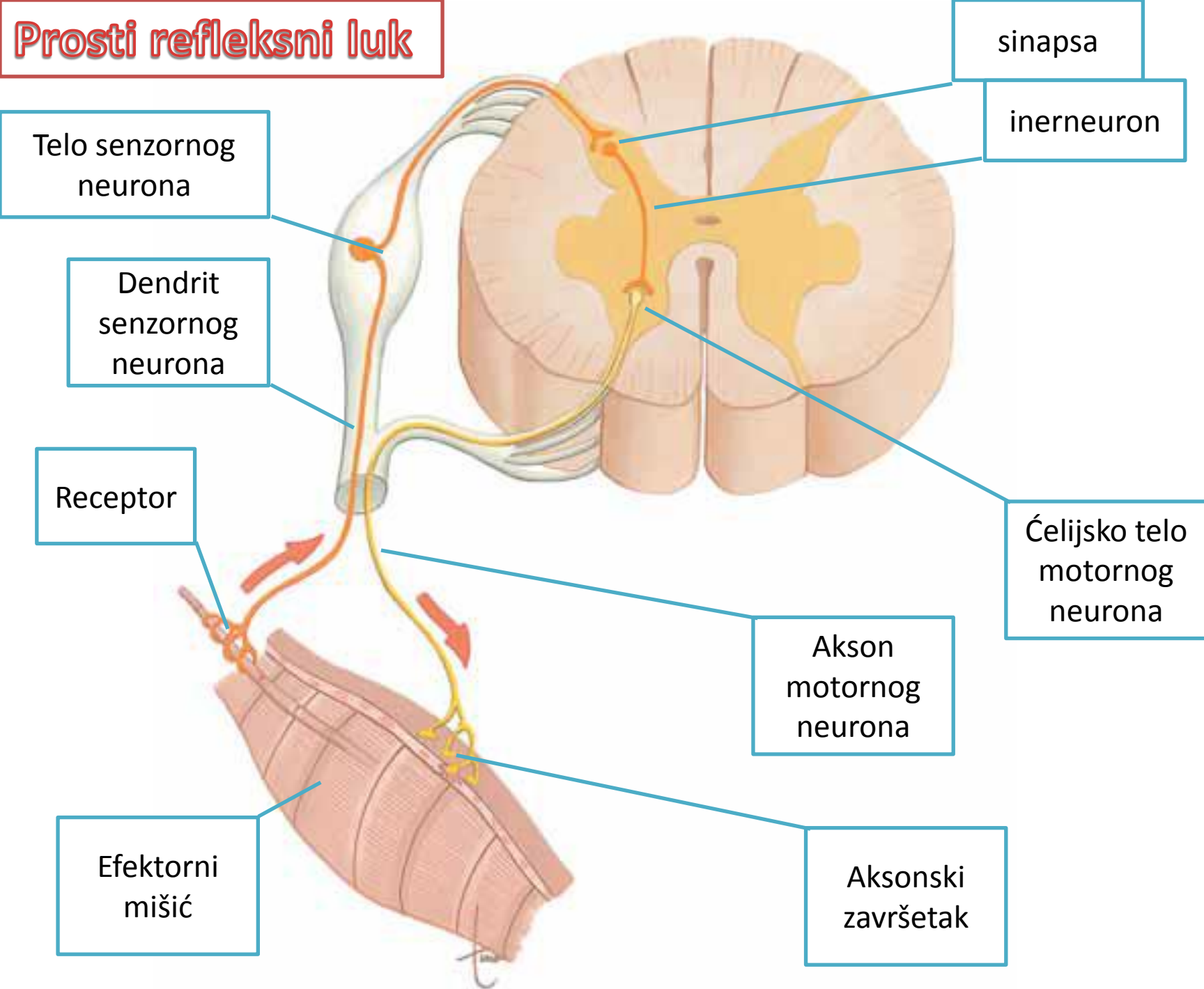
Pitanje

- Na kojoj vrsti efektoru se može naći nervni završetak motornog neurona?

Povezanost neurona

- **Senzorni neuron (aferentni) nosi impulse iz receptora prema CNS**
 - Senzorni neuroni iz receptora na koži, skeletnih mišića i tetiva zovu se somatski, a iz unutrašnjih organa visceralni.
- **Motorni neuroni (eferentni) nose impuse iz CNS do efektor.**
 - Motorni neuron vezan za skeletni mišić zove se **somatski**, a vezan za glatki, srčani mišić i žlezde zove se **visceralni**.
- **Interneuroni se nalaze unutar CNS**
 - Često su inhibitorni i služe kao prenosnik inhibitorne informacije iz mozga ka eferentnom neuronu.
 - Uloga u integraciji funkcija.

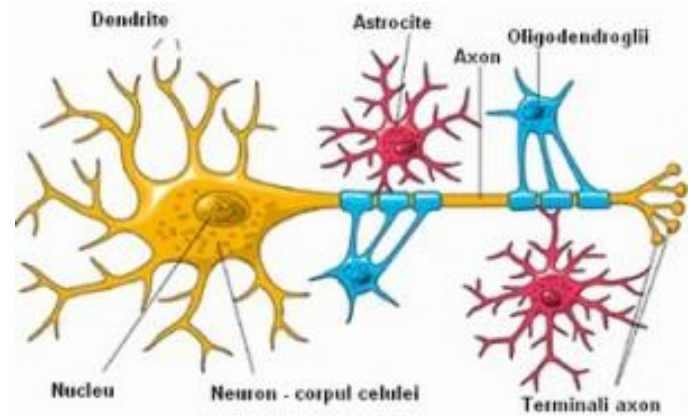
Prosti refleksni luk



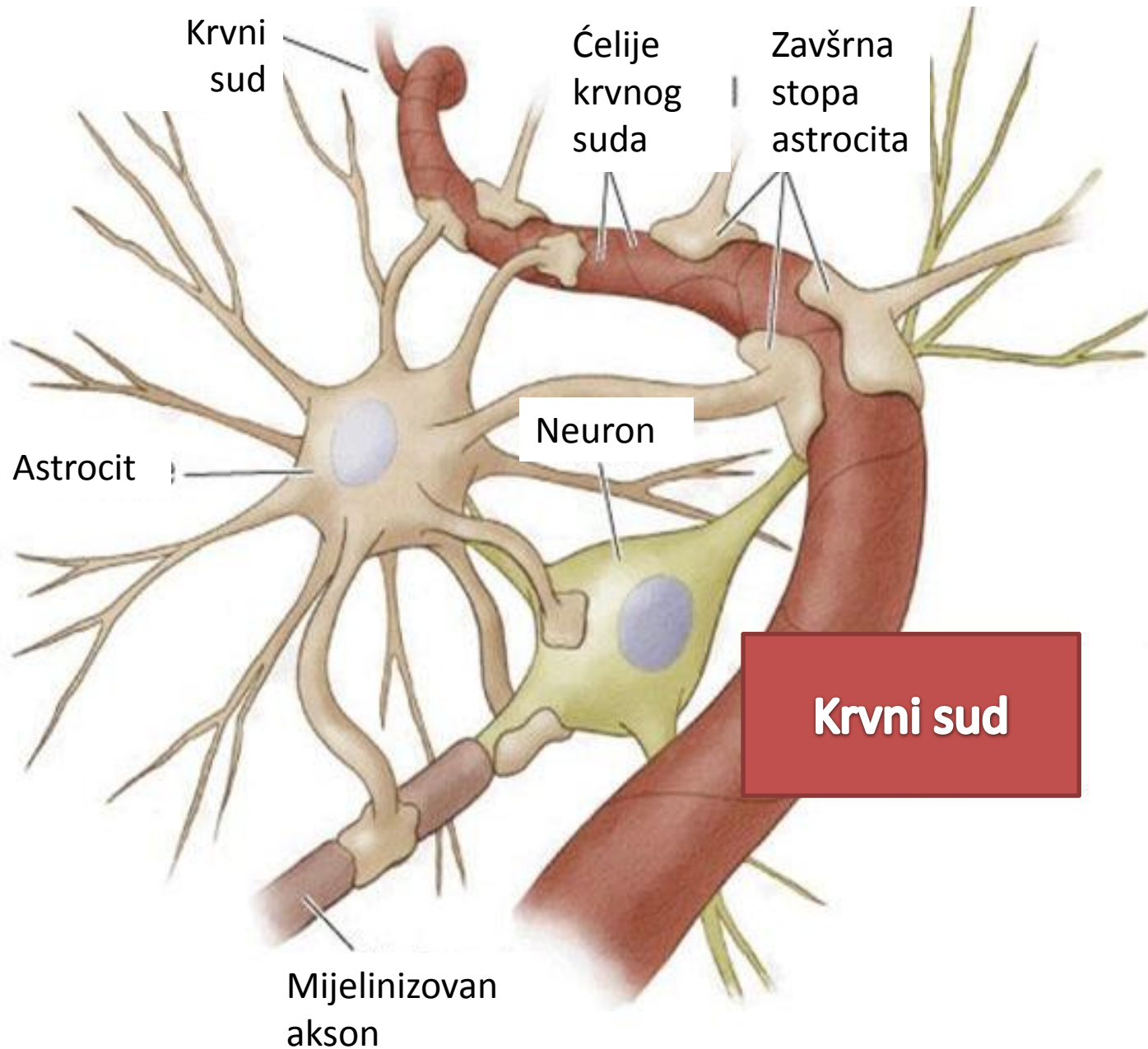
POTPORNE ĆELIJE - NEUROGLIJA

Neuroglija

- Vrste ćelija:
 - Astrociti
 - Oligodendroglija
 - Mikroglija
- Uloga:
 - Spaja CNS u celinu
 - Čini hemijski pufer koji izoluje neurone od ostalih delova tela, omogućavajući im zaštićenu egzistenciju
 - Kontroliše snabdevanje tela neurona hemijskim materijama
 - Izoluje neurone jedne od drugih, štiti interneuronsku komunikacij u
 - Uklanja ostatke uništenih neurona



Astrociti

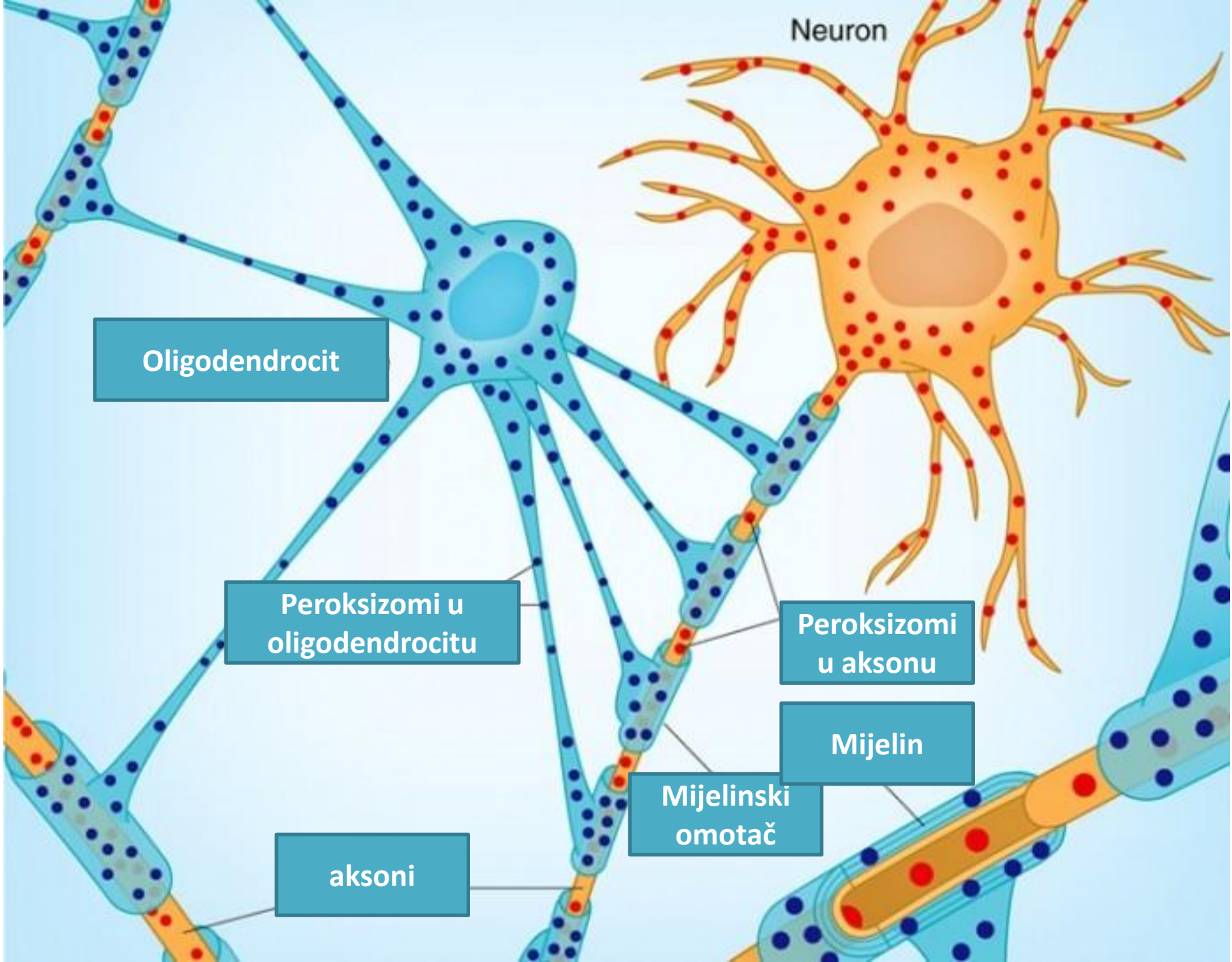


Uloga astrocita

- Ključna uloga u održavanju homeostaze vanćelijske tečnosti
 - Odstranjuju višak jona K^+ i održavaju stalnu pH vrednost (puferski sistem)
- Obrazuju trodimenzionalnu mrežu u kojoj su neuroni kojima pružaju potporu
- Tokom diferencijacije nervnog tkiva određuju pravac kretanja neurona;
- Regulišu transport materija iz cerebrospinalne tečnosti (time posredno i krvi) u nervne ćelije
- Učestvuju u obrazovanju čvrste veze između endotelnih ćelija u krvno moždanoj barijeri
- Uklanjaju ostatke umrlih i oštećenih neurona nakon traume, fagocitozom. Potom se umnožavaju i popunjavaju prazninu ožiljnim tkivom.

Uloga oligodendrocita

- Pružanje potpore aksonima
- **Stvaranje mijelinskog omotača ćelijama centralnog nervnog sistema:**
 - Mijelinski omotač sadrži 80% lipida i 20% proteina.
 - Jedan oligodendrocit može rastegnuti svoje nastavke na 50 aksona^lomotavajući oko 1 μm mijelinskog omotača oko svakog aksona.
 - Svaki oligodendrocit formira jedan segment mijelina za nekoliko susednih aksona
 - Ogoljeni segment aksona – Ranvijerov čvor.



Neuron

Oligodendrocit

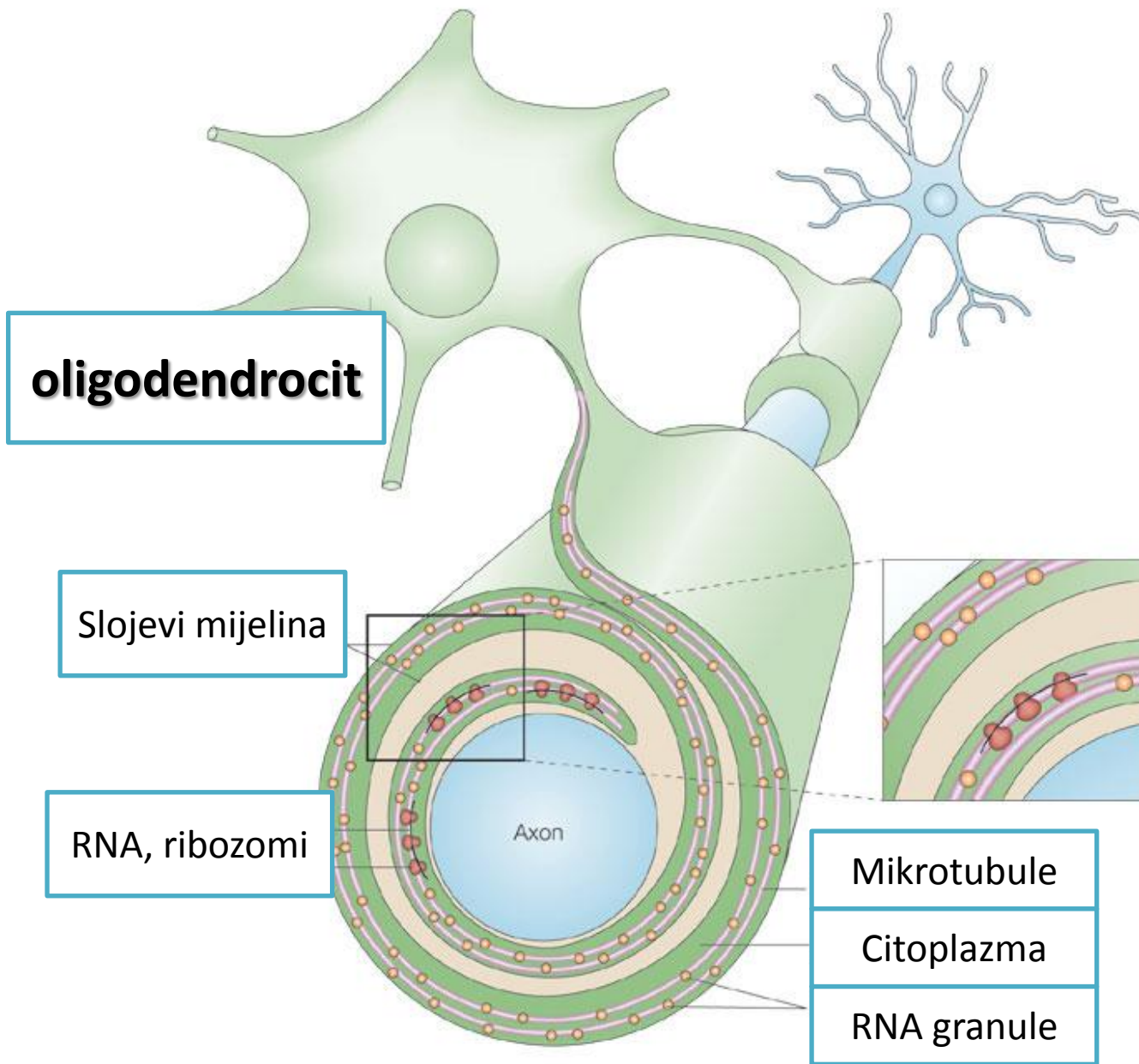
Peroksizomi u oligodendrociću

Peroksizomi u aksonu

Mijelin

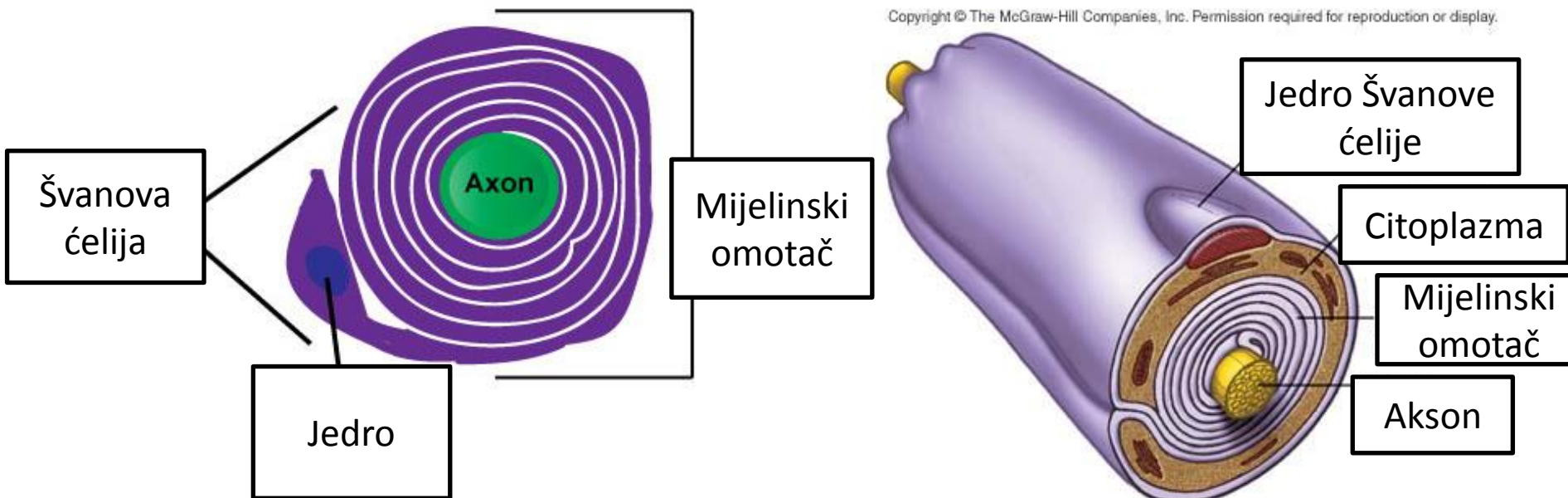
Mijelinski omotač

aksoni



Mijelinski omotač u perifernom nervnom sistemu

- Većina aksona u PNS je mijelinizovana
- Mijelin u PNS-u stvaraju Švanove ćelije:
 - Jedna ćelija obmotava jedan segment aksona.



Uloga Švanove ćelije kod oštećenja aksona

- Švanove ćelije se organizuju u seriju cilindričnih tunela kroz koji ponovo urasta akson ukoliko se novi izdanak susretne sa njim.
 - Distalni deo aksona odumire, a na proksimalnom delu počinju da se stvaraju izdanci. Ako neki od izdanaka dođe i dodir sa cilindričnom strukturom koju su Švanove ćelije napravile dolazi do ubrzanog rasta.
- Nasuprot ovome, ako se akson u mozgu i kičmenoj moždini ošteti novi izdanci će se formirati, ali će se susresti sa ožiljnim tkivom astrocita, i neće mu biti obezbeđeno vođenje do oporavka.

NERVNE SINAPSE I KARAKTERISTIKE SINAPTIČKOG PRENOSA

Komunikacija između neurona

- Sinaptička transmisija je prenošenje informacija sa jednog neurona na drugi putem sinapsi.
- Sinapsa je mesto gde akcioni potencijal može preći sa jedne na drugu nervnu ćeliju
- Sinapsa je veza između nervnog završetka aksona i ćelijske membrane drugog neurona.
- **Radi se o funkcionalnoj vezi (ne anatomske).**

Vrste sinapsi

1. Prema lokalizaciji

– Centralne

- Interneuronske

– Periferne

- Nervna ćelija – receptor
- Nervna ćelija - efektor:
mišić, žlezde

2. Prema funkciji

– Ekscitatorne

– Inhibitorne

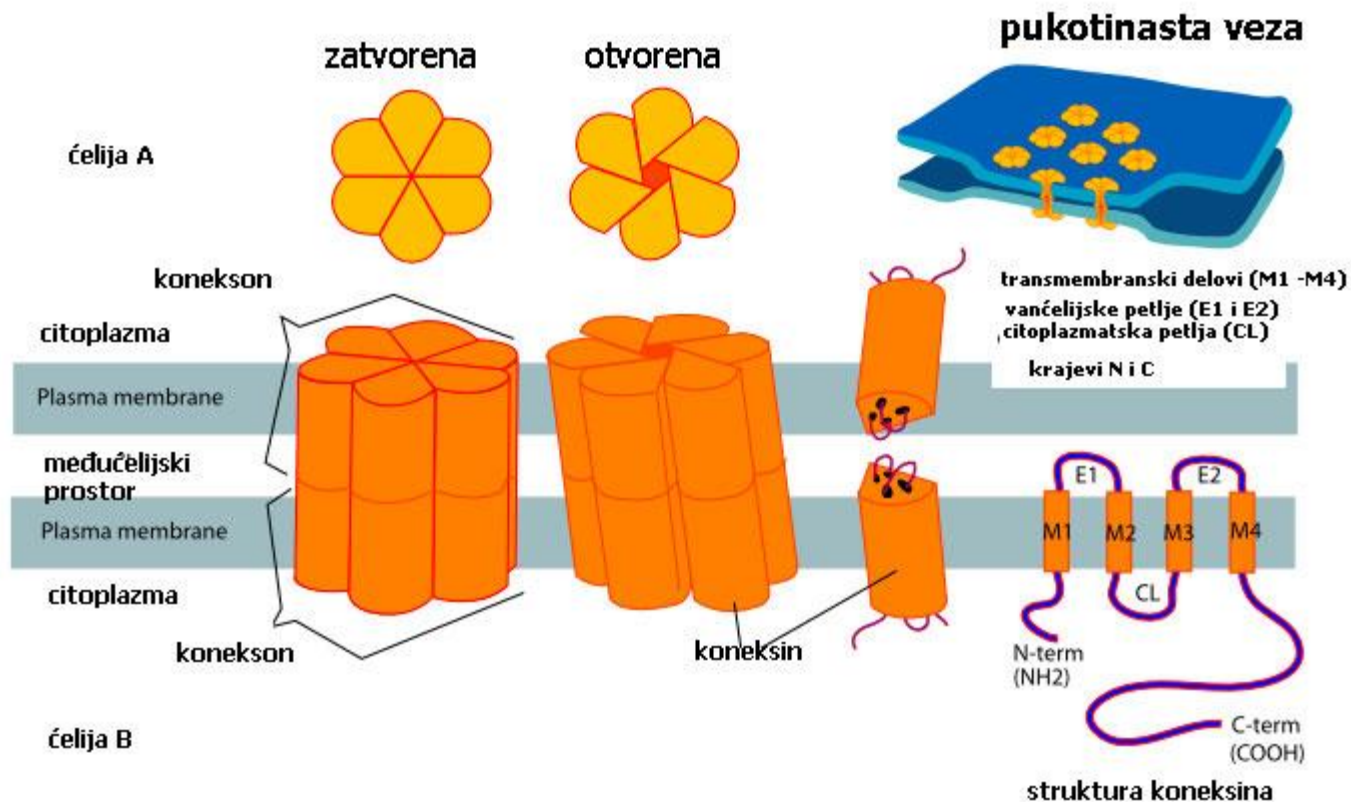
3. Prema načinu prenosa informacija

– Električne

– Hemijske

Električne sinapse

- **Pukotinaste veze** pripadaju komunikacijskom tipu veza između dve susedne ćelije
- Preko njih se ostvaruje komunikacija između susednih ćelija putem jona (transmitter je jonska struja). Prostor između ćelija u spoju je sveden na pukotinu od 2-4 nm, postoji kontinuitet citoplazme između pre i postsinaptičke ćelije. AP se dvosmerno prenosi.
- Nalaze se između nervnih ćelija u centralnom nervnom sistemu, naročito u hipotalamusu, gde se nazivaju **električne sinapse**.

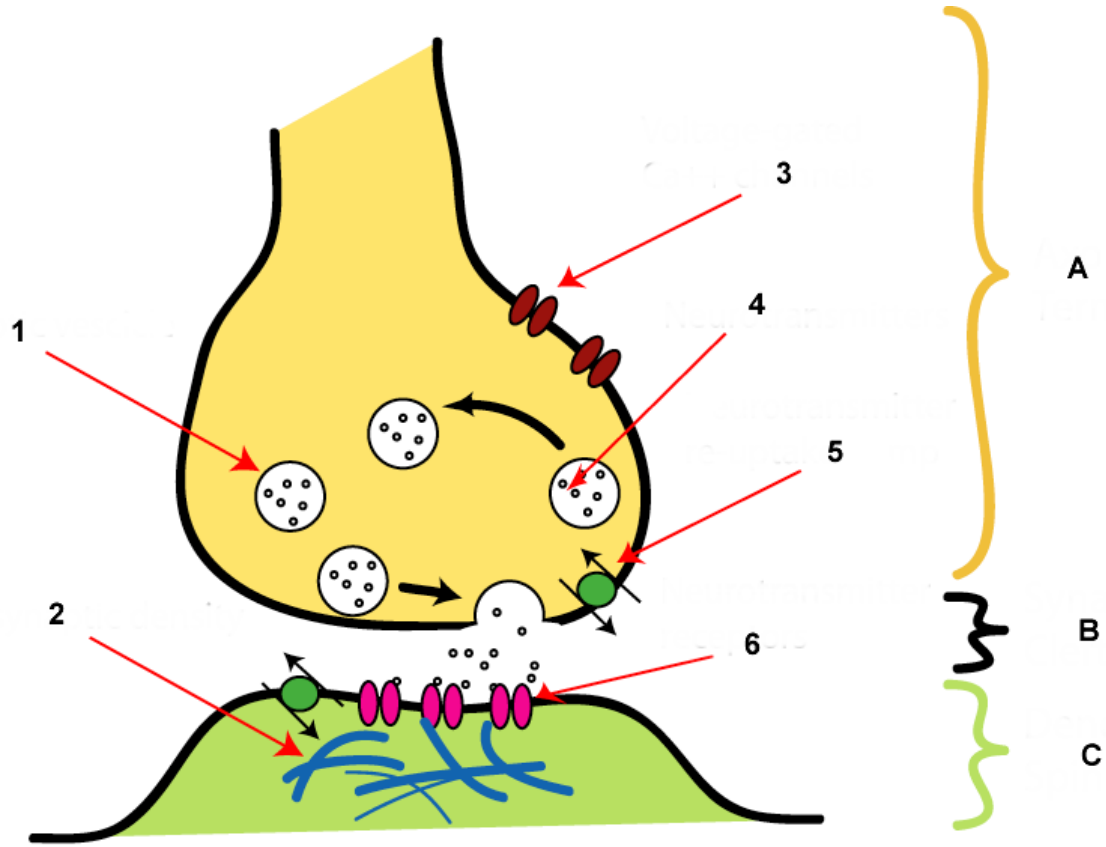


Hemijske sinapse

- Veoma zastupljene u centralnom nervnom sistemu
- Sinaptička pukotina 30-50 nm
- Bez kontinuiteta citoplazme između pre i postsinaptičke ćelije
- Transmitter je hemijska supstanca
- Jednosmerno prenose AP
- Sinaptičko zadržavanje dugo

Građa hemijske sinapse

- A. Presinaptički završetak
 - B. Sinaptička pukotina
 - C. Postsinaptička membrana
1. sinaptička vezikula,
 2. postinaptičke promene
 3. voltažno-zavisni kalcijumski kanali,
 4. neurotransmiter unutar vezikule
 5. kanali za resorpciju neurotransmitera,
 6. postsinaptički receptor



Hemijske sinapse posreduju u najvećem broju komunikacija između neurona

- U presinaptičkom aksonskom završetku nalaze se vezikule koje sadrže **neurotransmiter**.
- Kada **akcioni potencijal** stigne do kraja presinaptičkog nervnog završetka, dolazi do njegove **depolarizacije**. Depolarizacija dovodi do **ulaska Ca^{2+} jona** u presinaptički aksonski završetak
- **Ca^{2+}** se vezuje za vezikule i to dovodi do **oslobađanja neurotransmitera u sinaptičku pukotinu**.
- Neurotransmiter se vezuje za receptore na postsinaptičkoj membrani i to dovodi do **postsinaptičkog događaja**.

Prenos impulsa kroz hemijsku sinapsu

1

- **Akcioni potencijal** stiže do presinaptičkog nervnog završetka i **depolarizuje ga.**

2

- Depolarizacija dovodi do **ulaska Ca^{2+} jona u presinaptički aksonski završetak**

3

- **Ca^{2+}** se vezuje za vezikule i to dovodi **do oslobađanja neurotransmitera u sinaptičku pukotinu.**

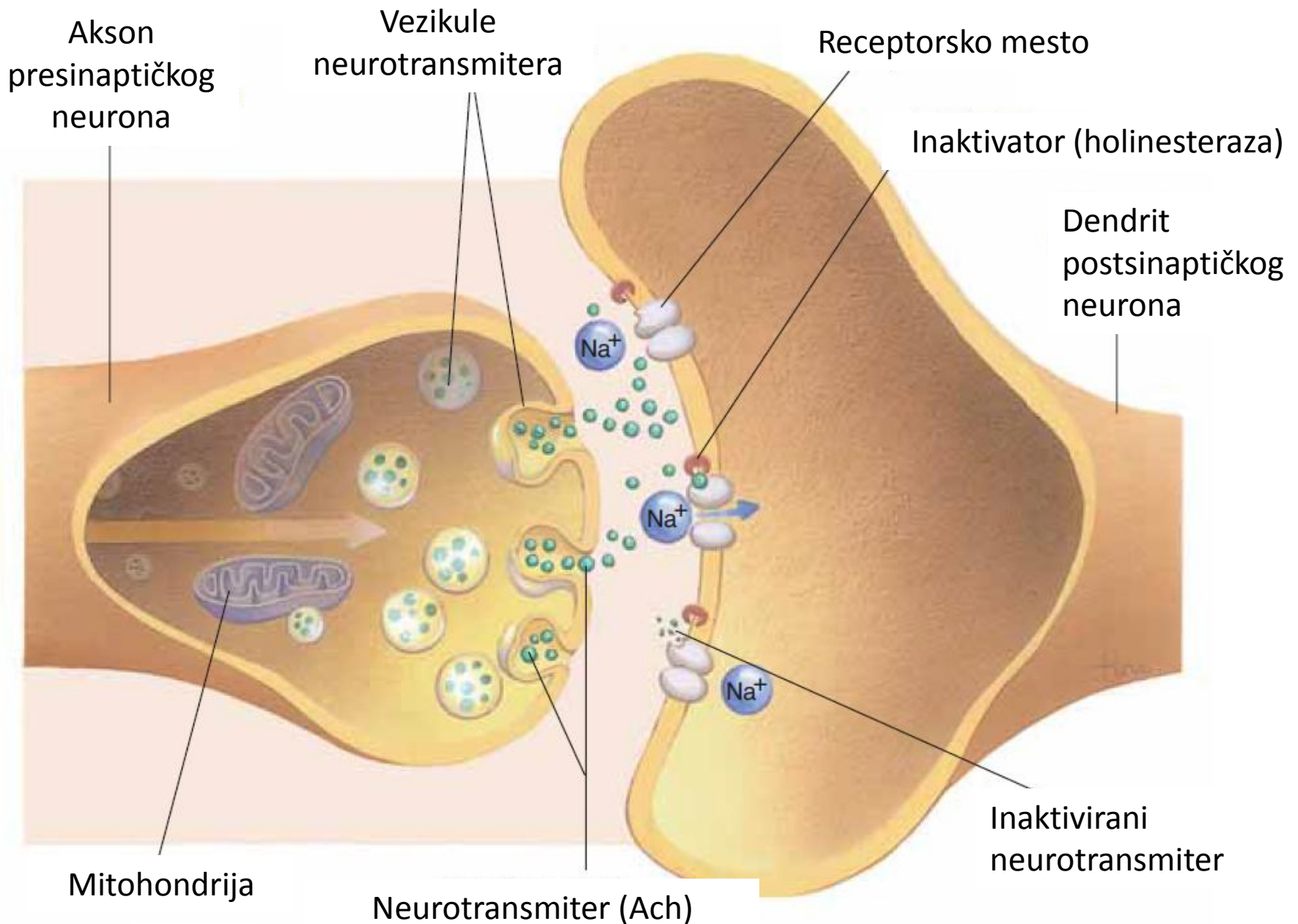
4

- **Neurotransmitter se vezuje za receptore** na postsinaptičkoj membrani

5

- **POSTSINAPTIČKI DOGAĐAJ**

Prenos impulsa kroz hemijsku sinapsu



Vrste hemijskih sinapsi

- U zavisnosti od vrste presinaptičkog neurona i postsinaptičkog neurona:
 1. Akso-aksonske
 2. Akso-dendritske
 3. Akso-somatske



Kako neurotransmiteri izazivaju depolarizaciju ili hiperpolarizaciju postsinaptičke membrane?

- Difuzijom prolaze kroz sinaptičku pukotinu
- Vezuju se za **postsinaptičke receptore**
 - specijalne proteinske molekule koji su ugrađeni i postsinaptičku membranu
- Efekat na postsinaptičkoj membrani zavisi od vrste receptora, ne od NT!

Vrste receptora

1. Jonotropni receptori (ligand-zavisni jonski kanal):

- Neurotransmitter direktno menja provodljivost jonskih kanala i ekscitabilnost membrane
- ACh:
 - Na⁺ kanali – EPSP
- GABA
 - K⁺ kanali – IPSP
 - Cl⁻ kanali – IPSP

2. Metabotropni:

- Kada se NT (prvi glasnik) poveže sa receptorom, receptor aktivira G protein, G protein aktivira enzime i stimuliše nastanak “drugog glasnika”. Sekundarni glasnik menja ekscitabilnost postsinaptičke membrane, vezivanjem za jonske kanale.

3. Promena ekspresije gena u postsinaptičkoj membrani, koja menja aktivnost neurona.

Promena potencijala postsinaptičke membrane

- U zavisnosti od **vrste receptora** i **vrste neurotransmitera** na postsinaptičkoj membrani nastaje **postsinaptički odgovor**:
 - 1. Ekscitatorni postsinaptički potencijal - EPSP:**
 - povećana propustljivost za Na^+ , ulaz Na^+ u ćeliju = depolarizacija
 - Povećana verovatnoća nastanka AP u postsinatpičkom neuronu
 - 2. Inhibitorni postsinaptički potencijal - IPSP:**
 - povećana propustljivost za K^+ , izlaz K^+ iz ćelije = hiperpolarizacija,
 - povećana propustljivost za Cl^- , ulaz Cl^- u ćeliju = hiperpolarizacija
 - Smanjena verovatnoća nastanka AP u postsinatpičkom neuronu

Završavanje postsinaptičkog potencijala

- **Preuzimanjem neurotransmitera** u presinaptički završetak, uz pomoć transportnih molekula
- **Enzimskom deaktivacijom**
 - Acetilholin esteraza razlaže ACh na holin i acetat

Da se podsetimo:

Funkcionalni segmenti neurona

1. Ulazna zona

Dendriti

2. Integrativna zona

Čelijsko telo

3. Mesto generisanja akcionog potencijala

Incijalni segment (aksonski brežuljak)

Sadrži 7 puta više voltažno zavisnih Na kanala od drugih delova neurona

4. Izlazna zona – sprovodi akcioni potencijal

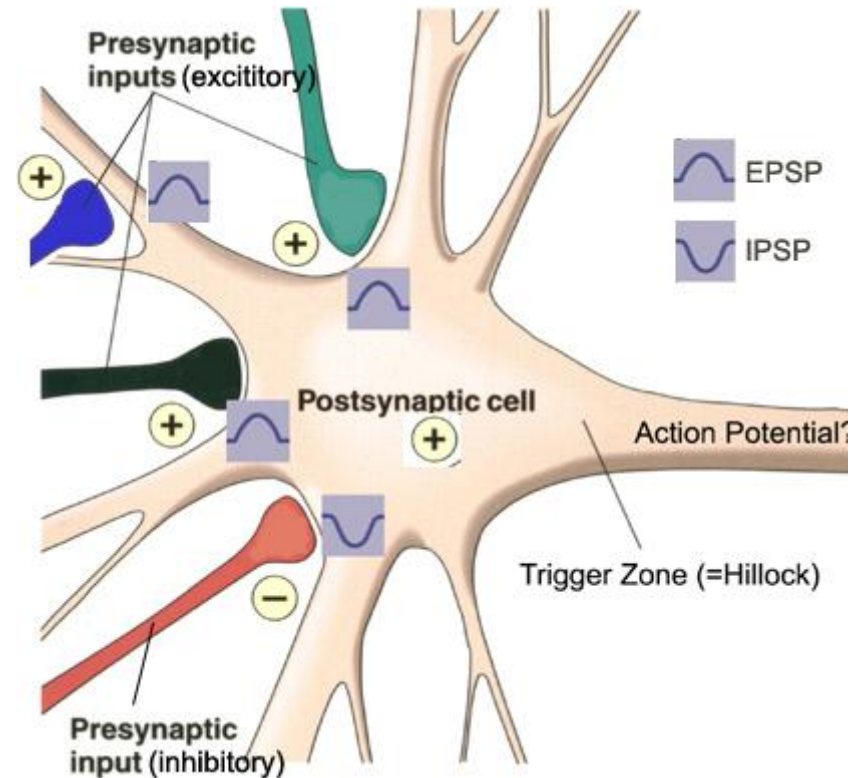
Akson

5. Prenos informacije na ciljnu ćeliju (neuron, mišić, žlezdu), oslobađanjem neurotransmitera

Aksonski, presinaptički završeci

Integracija postsinaptičkih potencijala

- Na dendritima i telu postsinaptičkog neurona završava se veliki broj pre-sinaptičkih završetaka;
- **Stepen okidanja AP u postsinaptičkom neuronu određen je prostornom i vremenskom sumacijom EPSP i IPSP**



Interakcija efekata ekscitatornih i inhibitornih sinapsi na specifičnom neuronu

	Elektrotonički (podpragovni potencijali)	Akcioni potencijali
Zakon “sve ili ništa”	Ne, gradirani su	da
Širenje	Ne, lokalni su	da
Sumacija	da	ne
Izazivaju ih:	Neurotransmiteri, hormoni	Prag za AP
Mesto nastanka	Dendriti i telo neurona	Incijalni segment aksona
Vrste	Hipopolarizajući - EPSP Hiperpolarizirajući - IPSP	Šiljak, sa platoom, složeni

Integracija postsinaptičkih potencijala

- EPSP i IPSP se prenose duž dendrita (ulazna zona), preko tela do aksonskog brežuljka (mesto na telu gde počinje akson) (integrativna zona)
- **Stepen aktivnosti neurona zavisi od relativnog odnosa ekscitatornih i inhibitornih sinapsi na dendritima i telu:**
 - EPSP i IPSP se međusobno potiru
 - EPSP i EPSP kao i IPSP i IPSP se međusobom sabiraju

Karakteristike sinaptičkog prenosa

1. Sinaptičko zakašnjenje je 0,5ms

- Vreme potrebno da se NT oslobodi, difunduje kroz sinaptičku pukotinu, veže za receptor, otvori kanale za Ca

2. Jednosmerno prenošenje impulsa

- Od pre ka postsinaptičkom neuronu

3. Sumacija

- Kada dva ili više odvojenih stimulusa stižu na isti neuron, stvoreni elektrotonički potencijali u vreme njihovog trajanja (15ms) se procesom prostorne ili vremenske sumacije sabiraju.

Sumacija

- **Prostorna sumacija**

- Istovremena aktivacija dva ili više presinaptičkih neurona na različitim krajevima neurona

- **Vremenska sumacija**

- Jedan presinaptički neuron okida AP velikom frekvencijom u razmacima kraćim od trajanja postsinaptičkog potencijala

Cilj integracije

- Integracija – sumacija služi za finu kontrolu postsinaptičkog neurona, i za složenu obradu informacija.

Aksoaksonske sinapse

- **Uloga u presinaptičkoj modulaciji:**
 - Menjaju količinu neurotransmitera koji će se osloboditi na nervnom završetku postsinaptičkog aksona:
 - Presinaptička inhibicija (smanjenje količine NT)
 - Presinaptička facilitacija (povećanje količine NT)

Modifikacija sinaptičke aktivnosti

1. **Facilitacija (olakšavanje)**

- ponovljena stimulacija pre-SN dovodi do pojačanja post-sinaptičkog odgovora (10-100ms)

2. **Posttetanička potencijacija**

- pre-SN okida velikom frekvencijom tokom nekoliko sekundi, pa sa na post SN razvija dugotrajni porast odgovora (minuti i sati). Mehanizam povećanje nivoa intraćelijskog Ca

3. **Dugotrajna potencijacija**

- danima u sinapsama hipokampusa, učenje i dugotrajno pamćenje

4. **Plastičnost sinapsi:**

- učenje i dugotrajno pamćenje – **sinteza proteina u sinapsi.**
- Povećanje broja presinaptičkih završetaka, dendritske razgranatosti itd.

5. **Habitucija**

- smanjenje odgovora na dati stimulus, navikavanje

6. **Sinaptički zamor**

- pojava da učestali AP presinaptičkog neurona vremenom dovode do sve manjeg odgovora postsinaptičke membrane. Zaštitni mehanizam protiv velike aktivnosti neurona. Razlozi: iscrpljivanje količine neurotransmitera, koji nije stigao da se resintetiše, inaktivacija postsinaptičkih receptora, hiperpolarizacija postsinaptičkog neurona.

Organizacija inhibitornog sistema

- **U stabilizaciji nervnog sistema vitalne su inhibitorne interakcije!**
- **Ravnoteža ekscitacije i inhibicije se održava uz pomoć složenih neuronskih krugova!**

Neurotransmisija

Neurotransmiteri

- U vezikulama presinaptičkog neurona
- Na adekvatan stimulus oslobađa se određena količina - kvant neurotransmitera
- Vezivanjem za svoje receptore na postsinaptičkoj membrani dovodi do ekscitacije ili inhibicije postsinaptičkog neurona – **efekat zavisi od vrste receptora, ne od NT**
- NT iz sinaptičkih vezikula se obnavljaju u terminalima - lokalnom sintezom
- Aktivnost NT ima kratku latencu, brzo reaguje, kratko traje

Neuromodulatori (neuropeptidi)

- Oslobađaju se na nervnim završecima neurona i moduliraju aktivnost većeg broja neurona
- Menjaju količinu oslobođenog NT iz presinap. membrane ili odgovor postsinaptičke membrane
- Utiču na globalnu aktivnost, moduliraju ponašanje
- Nalaze se u neuronima ili astrocitima u formi velikih proteina, koji se transformišu
- Često koegzistiraju sa NT
- Dugo dejstvo

Neurotransmisija

Neurotransmiteri

- Aminokiseline
 - Glicin
 - Glutamat
 - Aspartat
 - GABA
- Monoamini
 - Kateholamini
 - Dopamin
 - Noradrenalin
 - Adrenalin
 - Serotonin
 - histamin
- Acetilholin

Neuropeptidi

- Hipotalamusni oslobađajući peptidi
 - TRH, LHRH, CRH
- Hipofizni peptidi
 - B-endorfin, ADH, ACTH
okscitocin, hormon rasta, TSH
- Peptidi koji deluju u crevima i u mozgu
 - Enkefalini, gastrin
- Iz drugih tkiva
 - Angiotenzin II,

Sistemi neurona u vezi sa neurotransmiterima

- Holinergički
- Dopaminergički
- Adrenergički
- Opioidni peptidi
- Serotonergički

Neuronski krugovi

- Povezane grupe neurona sa ciljem direktnog ili indirektnog povezivanja svih delova mozga

Grupe neurona - nervni putevi - neuronski krugovi

- **Divergencija:**
 - Širenje signala sa 1 neurona na veći broj neurona
 - U istom pravcu: *kortikospinalni put*
 - U više različitih pravaca: *mišićno vlakno u više struktura CNS*
 - **Postiže se: pojačanje, potenciranje informacije**
- **Konvergencija:**
 - Prikupljanje signala na 1 neuron (više ulaznih, 1 izlazno vlakno)
 - Iz jednog izvora
 - Iz različitih izvora
 - **Postiže se prikupljanje informacija radi adekvatnog odgovora**
- **Reverberacija:**
 - Produženo pražnjenje kada je ulazni signal završen, kolaterala ekscitira presinaptički neuron

Prenos signala kroz veći broj sinapsi

- Divergencija
- Konvergencija
- Serijska obrada
- Paralelna obrada
- Reverberacija

