

# FUNKCIJA KONTROLE POLOŽAJA TIJELA I DJELOVA TIJELA



# RECEPTORI

- Informacije iz spoljašnje i unutrašnje sredine CNS dobija preko čulnih, osjetnih (senzitivnih) receptora.
- To su specijalizovani organi, prijemnici koji primaju draži različite prirode i pretvaraju u razdraženje.
- Razdraženje se u vidu akcionog potencijala šalje putem aferentnih neurona do odgovarajućih centara u CNS-u.
- U fiziologiji se pod receptorima podrazumijevaju specijalizovani proteini u ćelijskoj membrani koji vezuju transmitere, hormone i druge supstance.

- Periferno postavljen produžetak receptornog (senzitivnog - aferentnog) neurona grana se u završetke koji mogu da budu slobodni nervni završeci između između ćelija kao što je to najčešće u koži i sluzokoži ili su u posebnim tvorevinama gdje su obavljene čaure.
- Te tvorevine se nazivaju *specijalni završni organi, čulni organi ili receptori*, i razlikuju se po veličini i obliku: ovalni, loptasti, pločasti, vretenasti, cilindrični ili nepravilni.
- Nalaze se u koži, sluzokoži, vezivnim opnama, tetivama, zglobnim čaurama, mišićima ili specijalnim organima, u krvnim sudovima i srcu.

- Senzitivni receptori mogu da budu udruženi s ćelijama koje nisu nervne i da zajedno grade **čulni organ**.
- Čulni organi mogu da budu *jednostavni* - receptorni organi za dodir i pritisak, toplo i hladno ili *složeni*, kao što je čulo vida ili sluha i tada se nazivaju **aparati**.

- **Čulo** je skup receptora (receptorskih organa), aferentnog puta, primarnog i završnog centra u CNS-u, koji vrši analizu osjećaja i pretvara ga u opažanje (*percepciju*).
- Čula se dijele na *specijalna* - čulo vida, sluha, ukusa, mirisa, čulo koje registruje rotaciona i linearna ubrzanja, čulo ravnoteže i kožna čula čiji su receptori u koži, i
- *visceralna čula* čiji su receptori u unutrašnjim organima.

- **Receptori** se dijele na *teleceptore* - primaju draži iz daljine (pr. čulo vida, sluha, mirisa);
- *eksteroceptori* - primaju draži iz neposredne sredine;
- *interoceptori* - primaju draži iz unutrašnjih organa;
- *proprioceptori* - daju informacije o položaju tijela i dijelova tijela u prostoru.

# Funkcionisanje receptora

- Receptor reaguje samo na određenu vrstu draži, na *adekvatnu draž*.
- Primjer, svjetlosni talasi su adekvatna draž za receptore u oku.
- Draž je vrsta energije koja djeluje na receptor i koju receptor pretvara u nervni impuls.
- Draži mogu da budu hemijske i fizičke prirode.

- ***Generatorski ili receptorski potencijal***

- Kad draž djeluje na receptor javlja se ***potencijal depolarizacije (generatorski ili receptorski potencijal)***, koji uslovljava veću propustljivost jona i stvaranje nervnog impulsa.
- Receptori mogu da se razdraže:
- mehaničkom deformacijom
- djelovanjem hemijskih supstanci
- djelovanjem promjenljive temperature
- djelovanjem elektromagnetnih talasa



# Adaptacija receptora

- Kad stimulus stalnog intenziteta djeluje na čulni organ receptor prvo reaguje velikom frekvencijom pražnjenja, a kasnije se ta frekvencija smanjuje i s vremenom trajanja draži može potpuno da prestane sa stvaranjem generatorskog potencijala ovaj fenomen poznat je kao *adaptacija*.
- Najbrže se adaptiraju receptori na dodir i pritisak.
- Neki receptori se sporo adaptiraju tzv. tonički receptori (receptori u mišićima vrata, u zglobnim čaurama i vezama, receptori za toplo i hladno i bol).

- **Doktrina specifičnih nervnih energija** - stimulacija receptora ili nerava ili - elektrostimulacija na bilo kom dijelu od receptora do centra u CNS-u uvijek izaziva istu senzaciju.
- **Zakon projekcije** - omogućava tačnu lokaciju mjesta sa koga potiče stimulus.
- **Diskriminacija intenziteta** senzornih stimulusa omogućena je različitom frekvencijom impulsa - amplituda impulsa je uvijek ista.

- ***Senzorna jedinica*** je predstavljena:
- senzornim neuronom,
- njegovim aksonom i
- svim njegovim završecima s odgovarajućim receptorima.

(Intenzivniji stimulus zahvata proporcionalno i veće senzorno područje i veći broj senzornih jedinica, odnosno aktivira one senzorne jedinice sa višim pragom nadražaja)

# Propriocepcija

- **Propriocepcija** obuhvata sve senzitivne informacije nastale stimulacijom mehanoreceptora u mišićima, zglobovima i koži pri pasivnom postavljanju tijela u određeni položaj.
- **Kinestezija** obuhvata sve osjećaje nastale kretanjem dijelova tijela jednih u odnosu na druge.

**-U proprioceptivne i kinestetičke receptore spadaju:**

*-mišićna vretena,*

*Pačinijevo tjelašce,*

*Rufinijev receptor,*

*Merkelove ploče,*

*slobodni nervni završeci i*

*Goldžijev tetivni organ.*

**Spinal cord**

**Motor neuron**

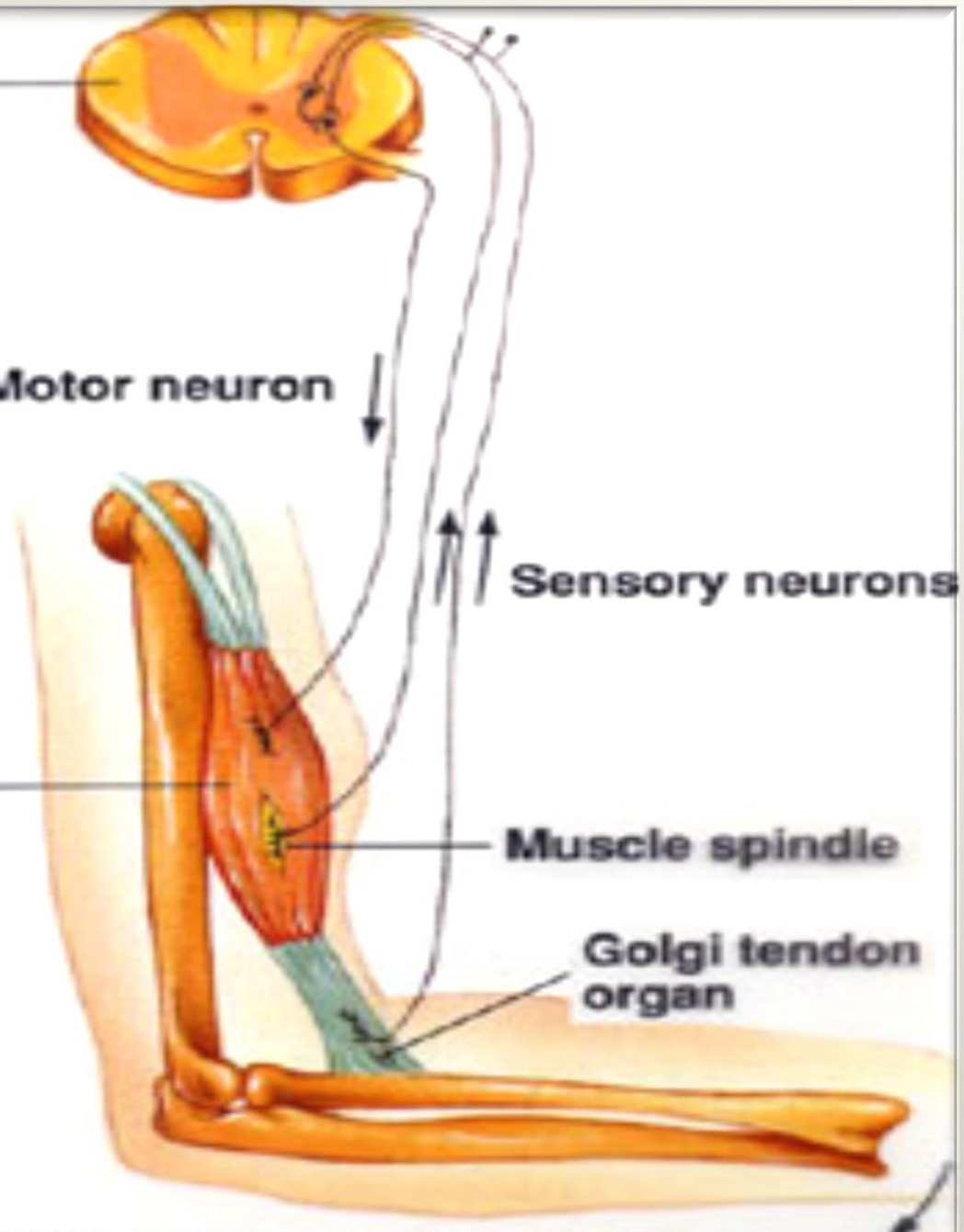
**Sensory neurons**

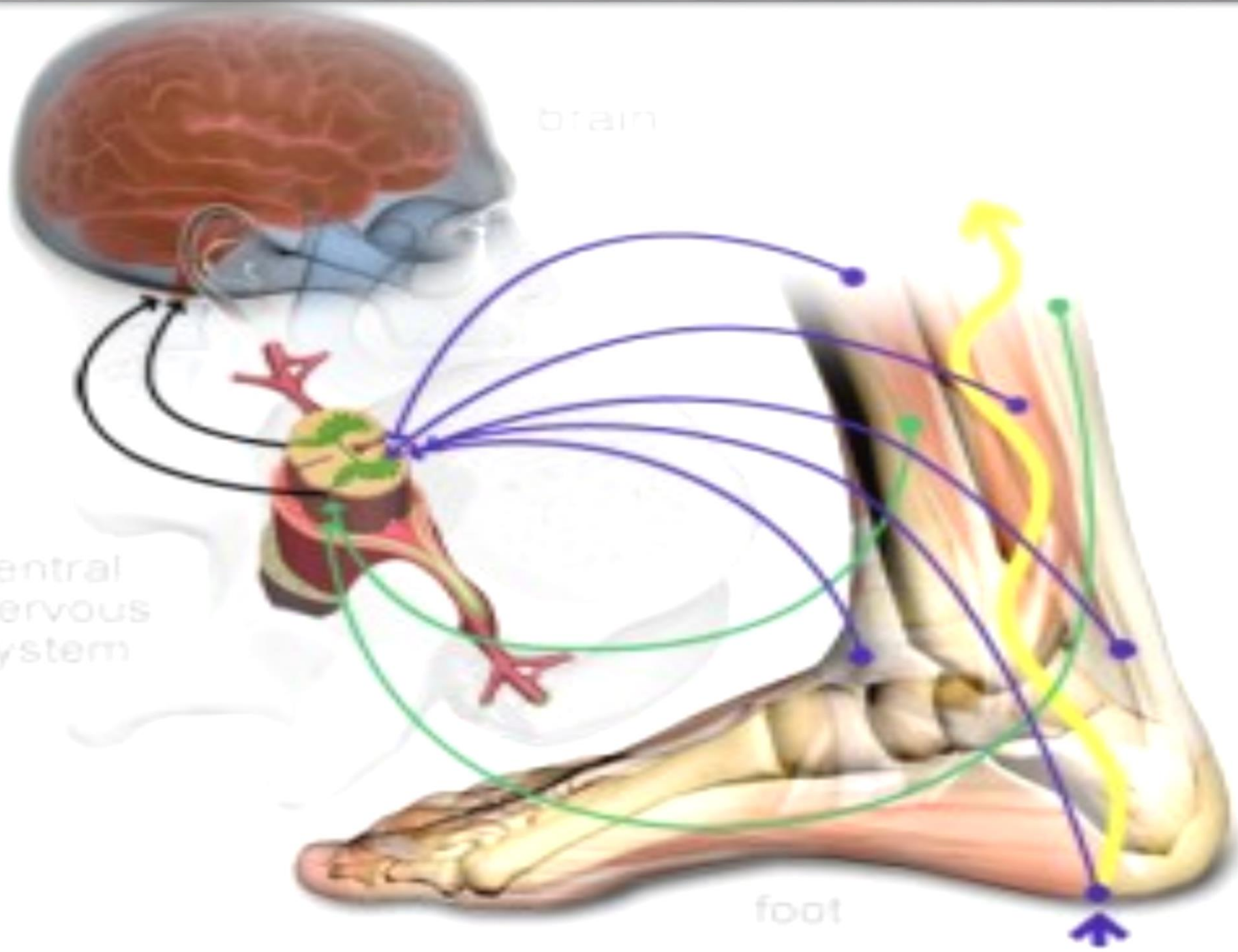
**Muscle**

**Muscle spindle**

**Golgi tendon organ**

***Muscle contraction and proprioceptors***





# Mišićna vretena

- Mišićna (neuromišićna) vretena su kinestetički receptori koji se nalaze u skeletnim mišićima. Mogu da budu pojedinačna ili u "tandemu" kada su povezana statičkim mišićnim vlaknima.
- Mišićna vretena mogu da budu u paru sa Goldžijevim tetivnim organom.
- Mišići koji izvode složenije pokrete, pr. mišići šake, imaju veliki broj mišićnih vretena (30 vretena po jednom gramu mišića), a kod mišića koji obavljaju grube pokrete mali je broj mišićnih vretena (1 - 2 / gr mišića).

- **Građa mišićnog vretena:**

- u ovojnici vretenastog oblika nalaze se 3-12 mišićnih vlakana sa manje izraženim poprečnim prugama - ***intrafuzna mišićna vlakna***.

- Intrafuzna mišićna vlakna su postavljena *paralelno sa vlaknima skeletnih mišića* koja se nazivaju ***ekstrafuzna mišićna vlakna***.

- Krajevi kapsule mišićnog vretena spajaju se sa tetivom ili vezivnim omotačem ekstrafuznog mišićnog vlakna.

- U mišićnim vretenima postoje vlakna ***vrećastog tipa*** koji zauzimaju središnji dio vlakna u vrećastom proširenju.



- ***U mišićnim vretenima su dva tipa vrećastih vlakana:***
- **I- krupna i duža vlakna s većim brojem jedara u ekvatorijalnoj jedarnoj kesici - *dinamička vlakna***
- **II-kraća i tanja vlakna, s manjim brojem jedara u ekvatorijalnoj kesici - *statička vlakna***

- ***Senzitivna inervacija:*** u središnjem dijelu s jedrima nalaze se ***prstenastospiralni završeci*** aferentnih neurona čija vlakna tipa *I-a* provode impulse brzinom od 100 - 120 m/sec.
- Aksoni *I-a* nerava svojim pojedinim grančicama obavijaju sredinu svakog vrećastog vlakna i druge tanje, spiralne završetke sve do većine lančastih vlakana.
- Sa svake strane primarnih završetaka nalaze se ***sekundarni završeci*** koji *pripadaju tanjim aferentnim nervnim vlaknima* tipa *II* i prenose impulse brzinom od 30 - 70 m/sec.

- *Primarni i sekundarni završeci su mehanoreceptori osjetljivi na prometnu dužine intrafuznog mišićnog vlakna - istežanjem ekstrapuznog mišićnog vlakna isteže se i intrafuzno mišićno vlakno što dovodi do stvaranja akcionog potencijala u aferentnim nervnim vlaknima tipa Ia i II.*
- *Kao odgovor na istežanje mišića sledi brza kontrakcija.*
- *Skraćenje mišića izaziva skraćenje ili opuštanje intrafuznog mišićnog vlakna i prestanak razdraženja.*

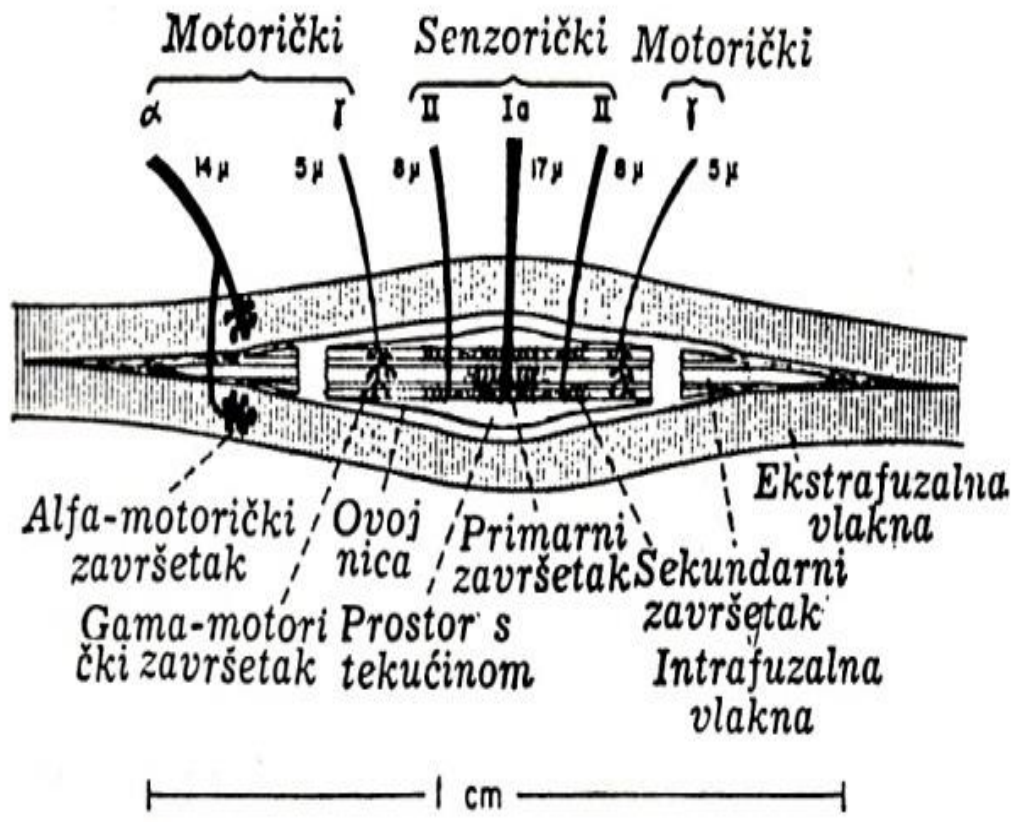
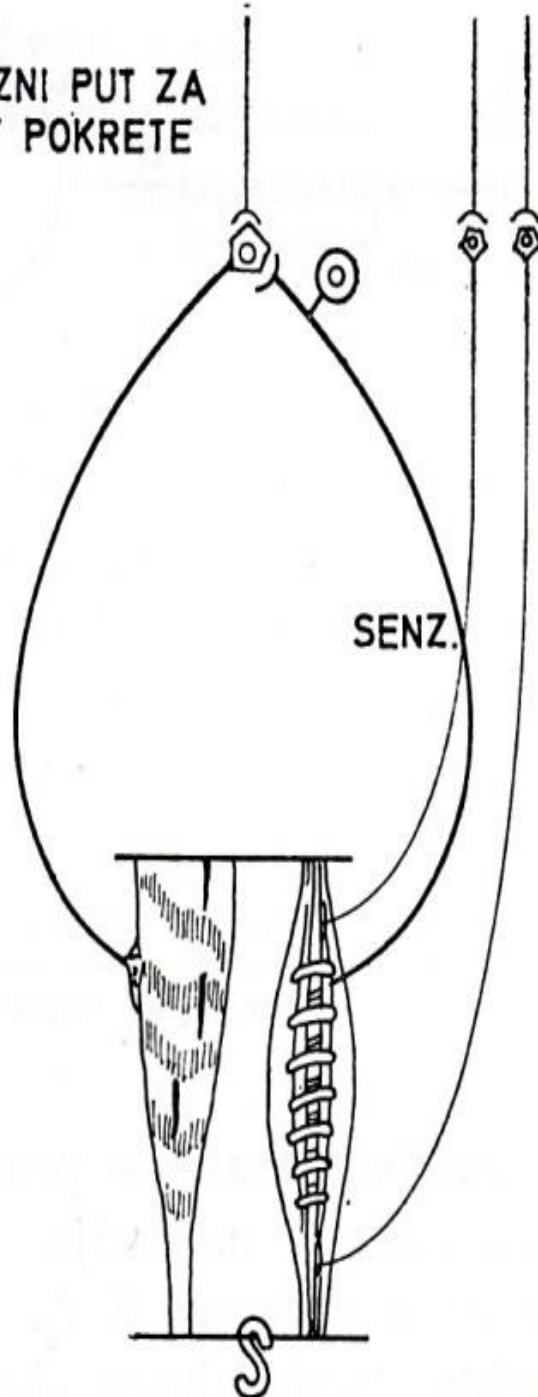
SILAZNI PUT ZA  
BRZE POKRETE

SILAZNI PUT ZA  
SPORE POKRETE  
I ODRŽANJE STAVA

MOT.  
( $\alpha$ )

SENZ.

MOT.  
( $\gamma$ )



- *Shematski pregled funkcije mišićnog vretena.*
- *Pri istezanju mišića, isteže se i vreteno koje je položeno uzduž mišićnih vlakana.*
- *Time bude podražen receptor na istezanje, koji provodi podražaj senzornim putem do sinapse.*
- *Ovdje se podraži  $\alpha$ -motorni neuron koji izaziva kontrakciju sve dok se ne uspostavi prethodno stanje napetosti vretena.*
- *Preko  $r$ -motornog neurona uspostavlja se prethodna napetost vretena putem kontrakcije intrafuzalnih vlakana.*
- *Brzo podešavanje vrši se direktnim djelovanjem na  $\alpha$ -motorni neuron.*

- 
- ***Motorna inervacija*** - na polovima intrafuznih mišićnih vlakana su tri tipa motornih nervnih završetaka.
- Dva tipa su u vidu motornih pločica
- Češći vid motornih završetaka je u obliku grozda.

# Aferentna aktivnost mišićnog vretena

- U statičkim uslovima frekvencija pražnjenja završetaka mišićnog vretena linearno raste sa povećanjem sile.
- U dinamičkim istežanjima frekvencija pražnjenja primarnih završetaka veća je u dinamičkoj fazi istežanja, a u momentu kad je postignut konačan stepen istežanja frekvencija pražnjenja sekundarnih završetaka je veća od primarnih.

- ***Osjetljivost mišićnog vretena*** mijenja se pod uticajem fuzimotornog neurona.
- Elektrostimulacija aksona fuzimotornog neurona povećava *frekvenciju pražnjenja primarnih završetaka mišićnog vretena.*
- Elektrostimulacija statičkih gama-neurona povećava frekvenciju pražnjenja primarnih završetaka mišićnog vretena *kada se dužina skeletnog mišića ne mijenja.*
- Različit karakter pražnjenja primarnih i sekundarnih nervnih završetaka mišićnog vretena *na različite vidove istežanja mišića predstavlja izvor informacija* za spinalne i supraspinalne motorne centre o brzini i obimu pokreta.



- *Primarni senzitivni završeci obavještavaju ove centre o trenutnim vrijednostima dostignute dužine mišića, kao i brzini kojom je ona dostignuta.*
- *Sekundarni senzitivni završeci bi svojim impulsima obavještavali centre o dužini mišića u datom trenutku izvođenja nekog pokreta.*

# Kinestezijska i kinestetički receptori u zglobovima

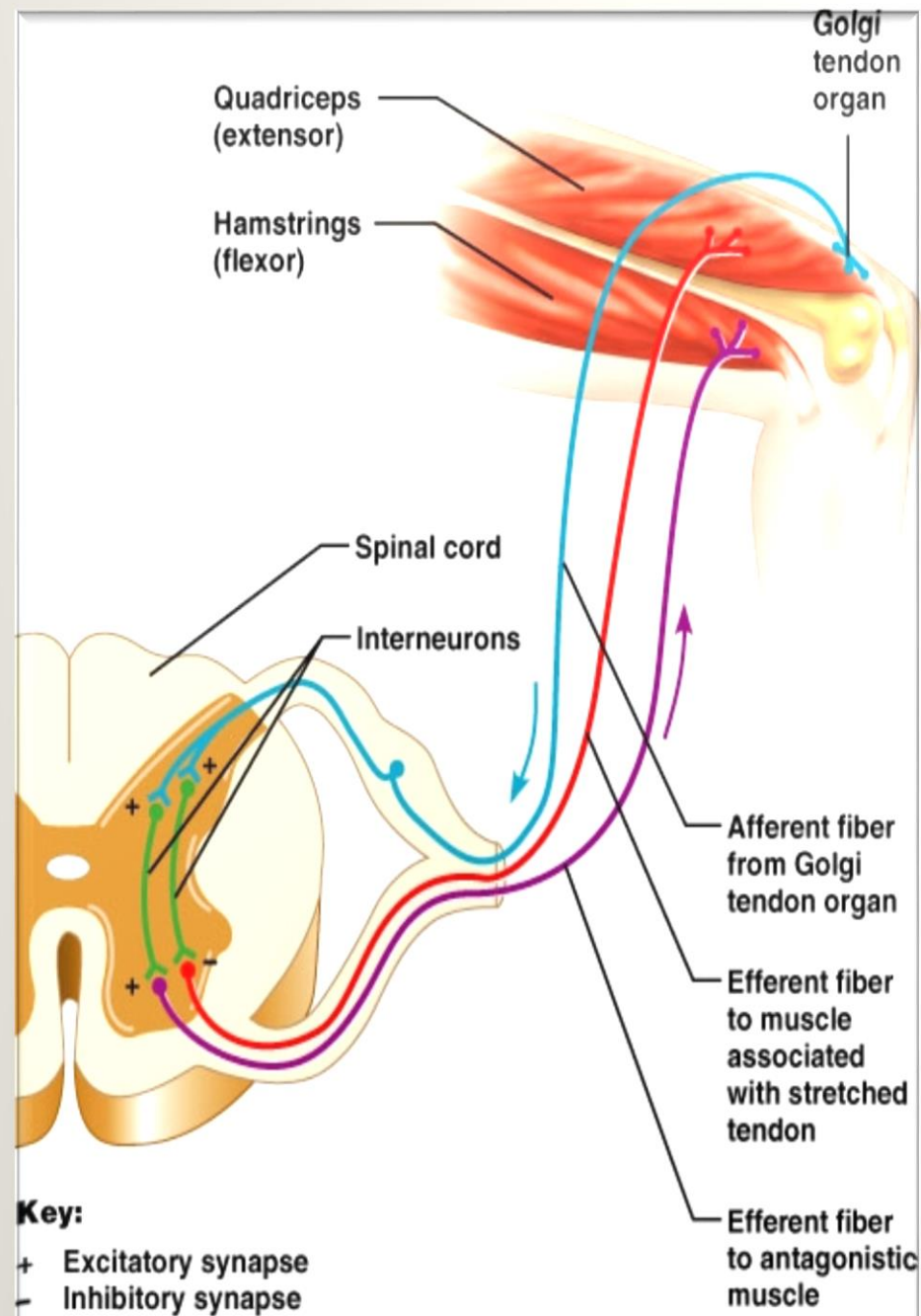
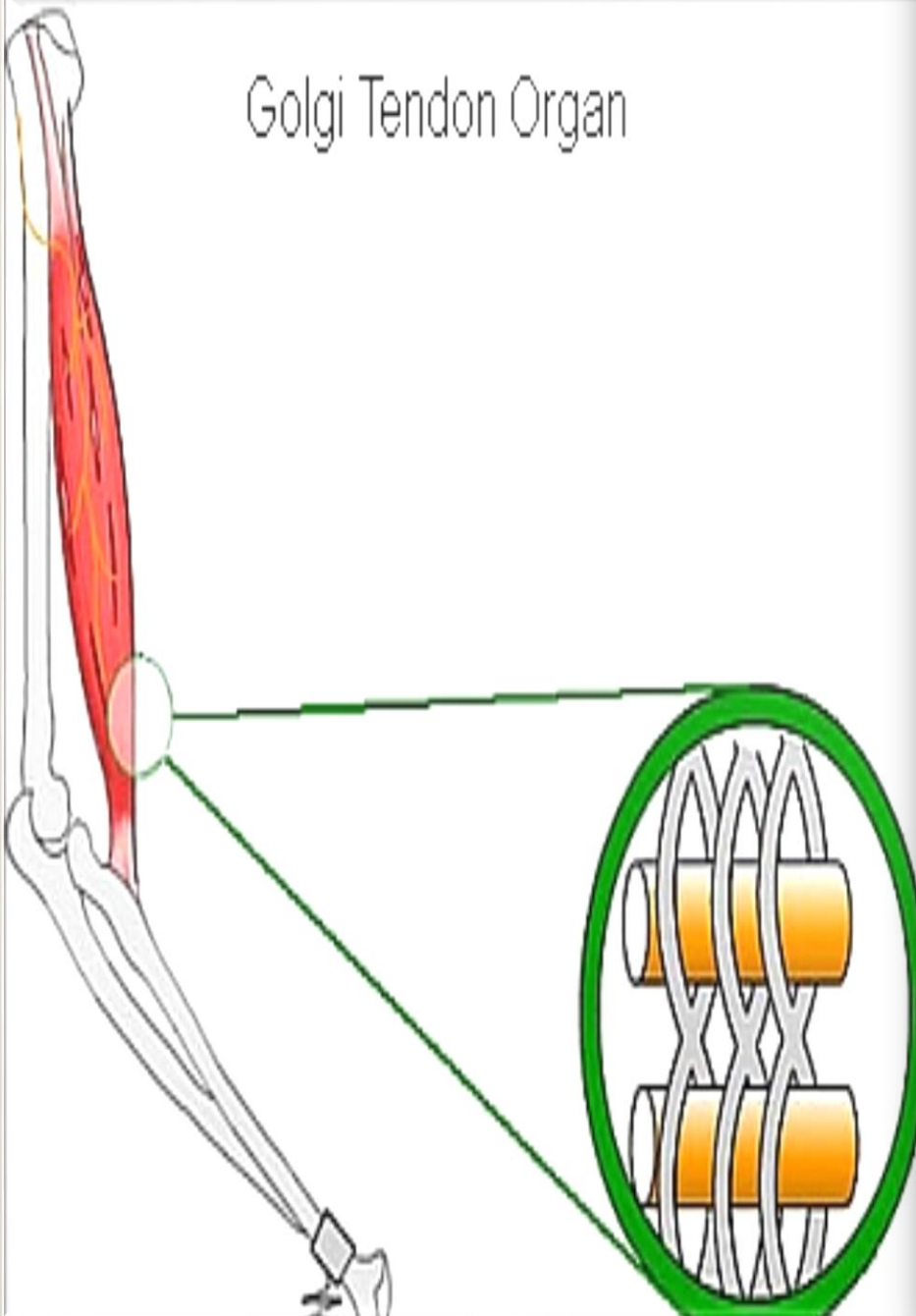
(Pačinijski i Ruffinijski receptori; Goldžijev tetivni organ; Porijeklo kinestetičkih osjećaja)

- Kinestezijska daje osjećaj nastao *kretanjem dijelova tijela jednih u odnosu na druge*.
- U zglobovima se nalaze dvije vrste receptora koji pokazuju osobinu brze adaptacije:
- 1) **Pačinijski receptori** *reaguju na pritisak* koji spolja vrše okolna tkiva mišića, tetiva i kapsula zgloba.
- Smatra se da mogu da osjete pasivne položaje dijelova tijela u prostoru.

- 2) **Rufinijevi receptori** su rasuti u kolagenim vlaknima zglobnih čaura i aktiviraju se pri pokretima zglobova.
- Registruju pokrete i položaj u zglobu.
- Da bi osjećaj postao svjestan pokret u zglobu mora da premaši maksimalnu veličinu (mjeri se stepenima) i brzinu.

- **3) Goldžijev tetivni organ** - sastoji se od snopova kolagenih vlakana i jednim krajem je pričvršćen za pojedinačne tetive malih snopova mišićnih vlakana, a drugi kraj se nastavlja sa mišićnom tetivom.
- Receptori su postavljeni u seriji s grupom mišićnih vlakana.
- Oblik je najčešće vretenast.
- Tetivni organ je obavijen kapsulom (od koncentričnih slojeva vezivnih vlakana)

# Golgi Tendon Organ



**Key:**  
+ Excitatory synapse  
- Inhibitory synapse

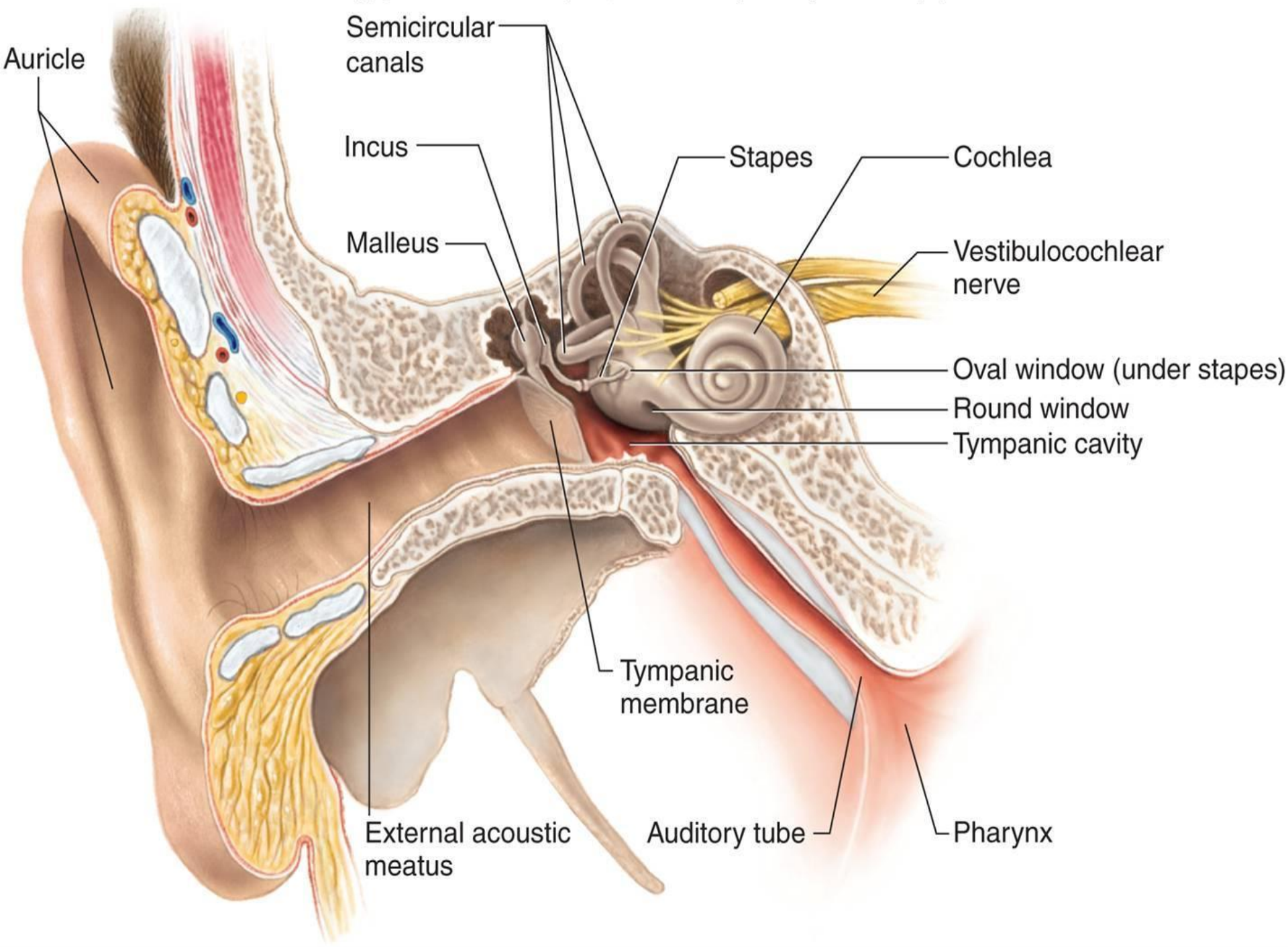
- Goldžijevi tetivni organi nalaze se u skoro svim mišićima ekstremiteta sisara, u mišićima vrata i respiratornim mišićima, uključujući i dijafragmu.
- Goldžijev tetivni organ se razdražuje pod dejstvom napetosti u tetivi nastaloj pasivnim istežanjem ili aktivnom kontrakcijom mišića.
- Moglo bi da se kaže da Goldžijevi tetivni organi mjere napetost u mišiću, a mišićna vretana njegovu dužinu.

# Vestibularni aparat

- Receptori vestibularnog aparata reaguju na linearne i ugaone promjene brzine kretanja tijela koje mogu biti saopštene pasivnom organizmu koji je trenutno u stanju mirovanja ili kretanja ili mogu da budu izazvane motornim aktivnostima organizma.
- Vestibularni aparat prima senzacije koje su u vezi s ravnotežom i učestvuje u njenoj kontroli.

- Receptori vestibularnog aparata se nalaze u neauditivnom lavirintu unutrašnjeg uha.
- Sa svake strane sljepoočne kosti nalazi se po jedan lavirint, koji se sastoji od koštanog lavirinta ispunjenog perilimfom.
- U koštanom kanalu se nalazi membranozni lavirint ispunjen endolimfom.
- Membranozni lavirint se sastoji od vestibuluma, polukružnih kanalića i dvije komorice: utrikulusa i sakulusa.





# Funkcija *utrículus*-a i *sacculus*-a

- Makula utrikulusa *reaguje na horizontalno linearno ubrzanje*, a makula sakulusa *reaguje na vertikalno ubrzanje*.
- Gravitacija utiče na otolite u makulama sakulusa i utrikulusa da *vrše stalni pritisak na cilije u receptorskim ćelijama*.
- Pokret glave u bilo kom smjeru pokrenuće otolite u suprotnom smjeru što će deformisati cilije i izazvati javljanje receptorskog potencijala u ćeliji.
- Za svaki položaj glave stimulišu se određene receptorske ćelije.
- Otolitni organ u makuli ne reaguje na linearno kretanje (kretanje ravnomjernom brzinom) *već reaguje na promjenu brzine kretanja*.

# Funkcija endolimfe

- Kad glava iznenada počne rotaciju u jednom smjeru endolimfa koja se nalazi u polukružnim kanalićima zaostaje zbog inercije.
- To dovodi do relativnog strujanja tečnosti u suprotnom smjeru od rotacije glave.
- Tečnost gura kupulu i zamahne je kao vrata savijajući cilije.
- Kad se dostigne konstantna brzina rotacije tečnost se kreće istom brzinom kao i tijelo i kupula se vraća u ravnotežni položaj.
- Slično je pri usporavanju rotacionog kretanja.

# *Veza vestibularnog aparata sa nervnim centrima*

- Većina vlakana vestibularnog nerva završava se u vestibularnim jedrima koja se nalaze na granici produžene moždine i ponsa.
- Neka vlakna se bez sinaptičkih prekida pružaju do jedara malog mozga.

- ***Gornje i medijalno*** vestibularno jedro dobija signale iz polukružnih kanalića i šalje signale koji izazivaju odgovarajuće pokrete glave i vrata.
- ***Lateralno jedro*** prima vlakna iz utrikulusa i sakulusa - kontroliše pokrete trupa.
- ***Donje jedro*** prima signale iz polukružnih kanalića i utrikulusa - kontroliše rotaciju glave i očiju, podizanje glave i tijela, fleksiju vrata i trupa, okretanje cijelog tijela.

- Orijehtacija u prostoru zavisi od informacija iz vestibularnih receptora, ali i od vidnih informacija, kao i informacija iz proprioceptivnih i kinestetičkih receptora.
- Ovi impulsi integrišu se u kori velikog mozga i daju cjelovitu sliku za prostornu orijentaciju.

# HVALA NA PAŽNJI !

