



FAKULTET ZA SPECIJALNU EDUKACIJU I REHABILITACIJU
Medicinska fiziologija - predavanja

Čulo sluha

Doc. dr Maja Milovanović

Čulo sluha

- Prima i analizira zvučne nadražaje, njihovu jačinu, visinu i trajanje.
- Određuje pravac zvuka.
- Određuje udaljenost zvučnog izvora.
- Receptorske ćelije sa dlačicama mehaničku energiju pretvaraju u akcione potencijale.

Zvuk

Zvuk čine talasi promene pritiska molekula vazduha, vode ili nekog drugog elastičnog medijuma.

Prost zvuk ima tri karakteristike:

1. Jačinu – intenzitet, glasnost

- Zavisí od **amplitude talasa**, tj. od veličine promene pritiska.
- Jedinica - decibel dB

2. Visina zvuka –

- Zavisí od **frekvencije**, odnosno talasne dužine (obrnuto srazmerna frekvenciji) zvučnog talasa
- Jedinica je Hz

3. Trajanje zvuka

Karakteristike zvuka koji percipira ljudsko uvo

- U mladom životnom dobu:
 - Frekvencija 20-20000Hz
 - Jačina 0-100dB
- U starosti:
 - Frekvencija 50-8000Hz
- Ljudski govor:
 - Frekvencija 300-3500Hz
 - Jačina 65dB

GRAĐA UVA

Građa spoljašnjeg, srednjeg i unutrašnjeg uva

Ušna školjka

Slepoočna – temporalna kost

Incus
(nakovanj)

Malleus
(čekić)

Stapes
(uzengije)

Semicirkularni
(polukružni)
kanali

Vestibularna
grana VII
nerva

Kohlearna
grana VIII
nerva

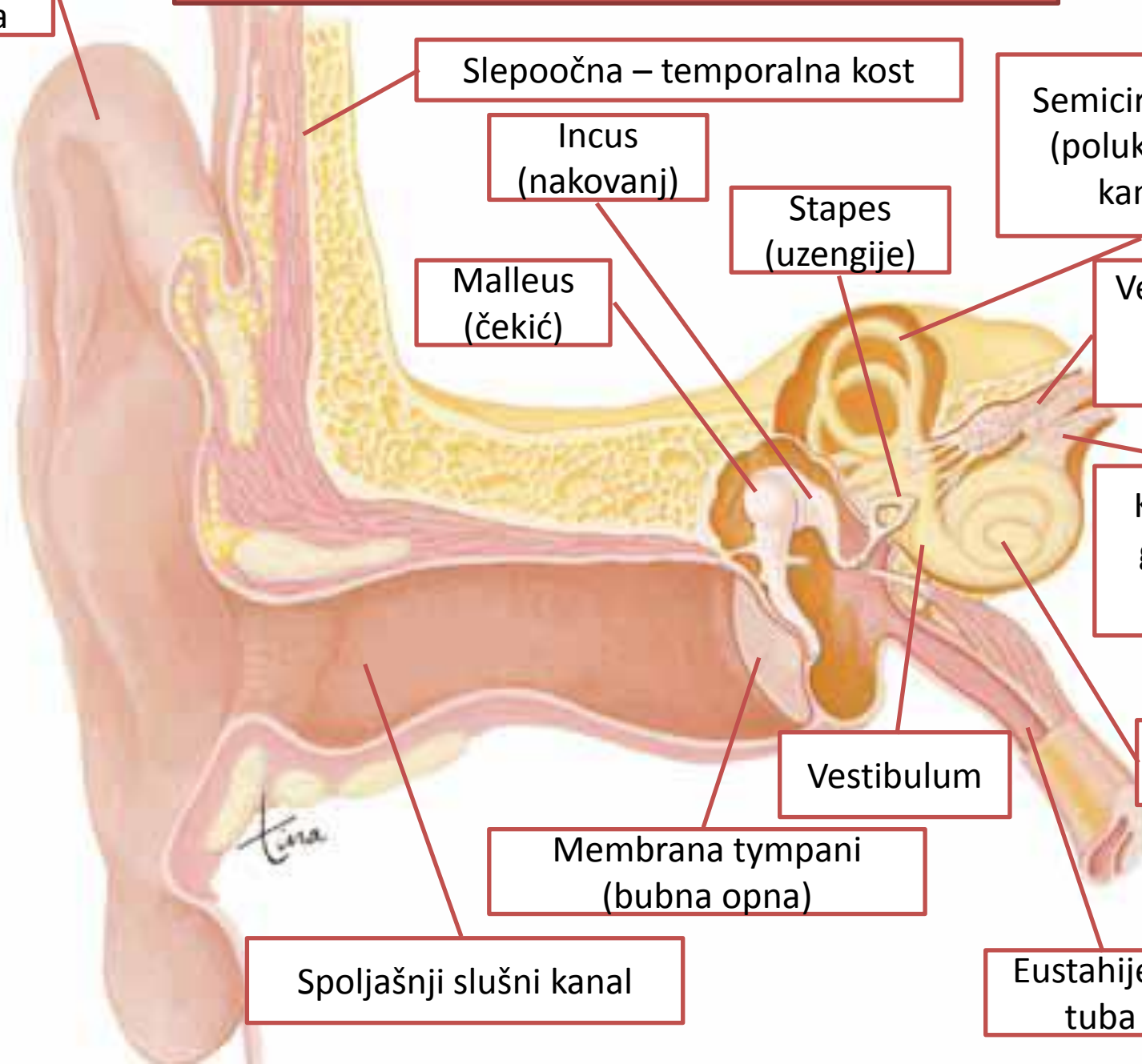
Vestibulum

Kohlea
(puž)

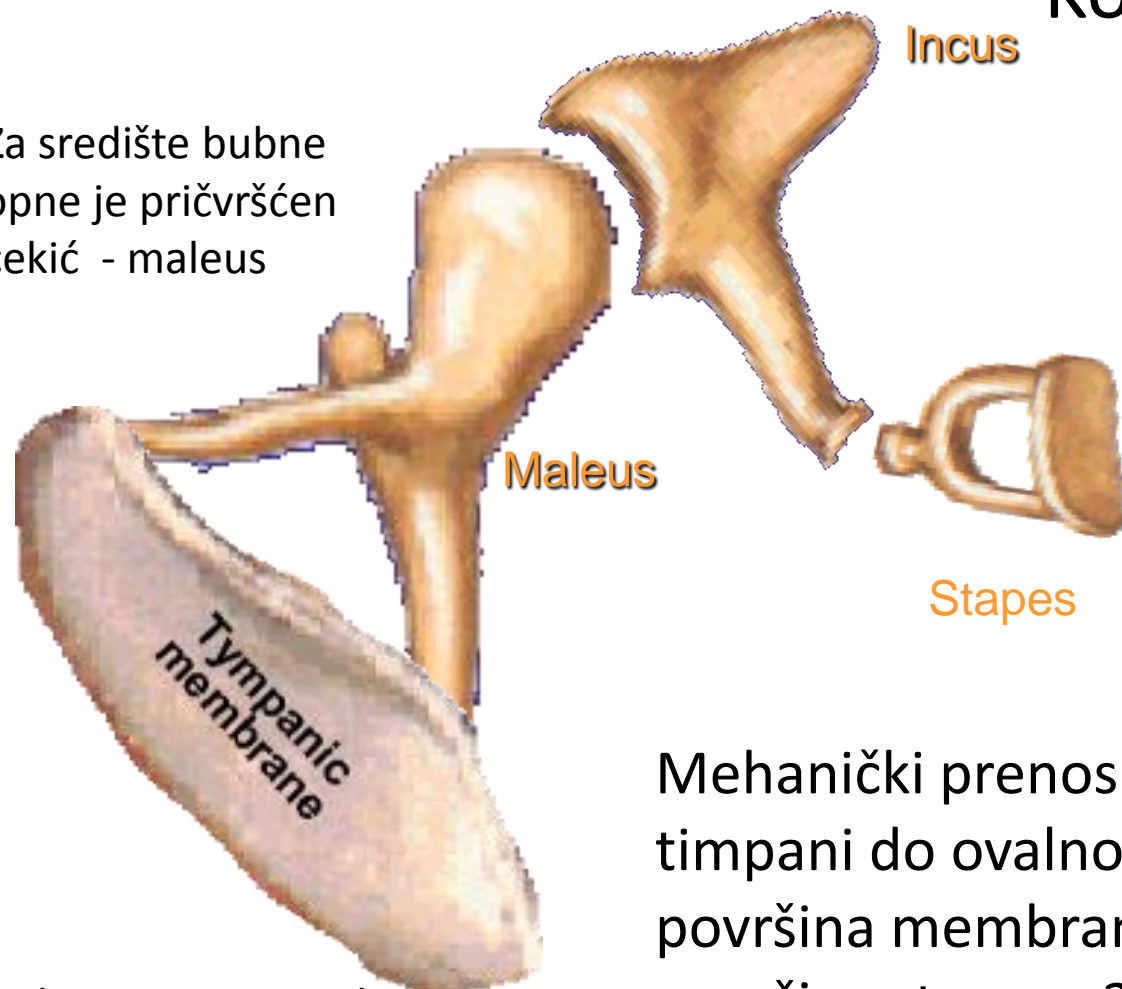
Membrana tympani
(bubna opna)

Spoljašnji slušni kanal

Eustahijeva
tuba



Koščice u srednjem uvu



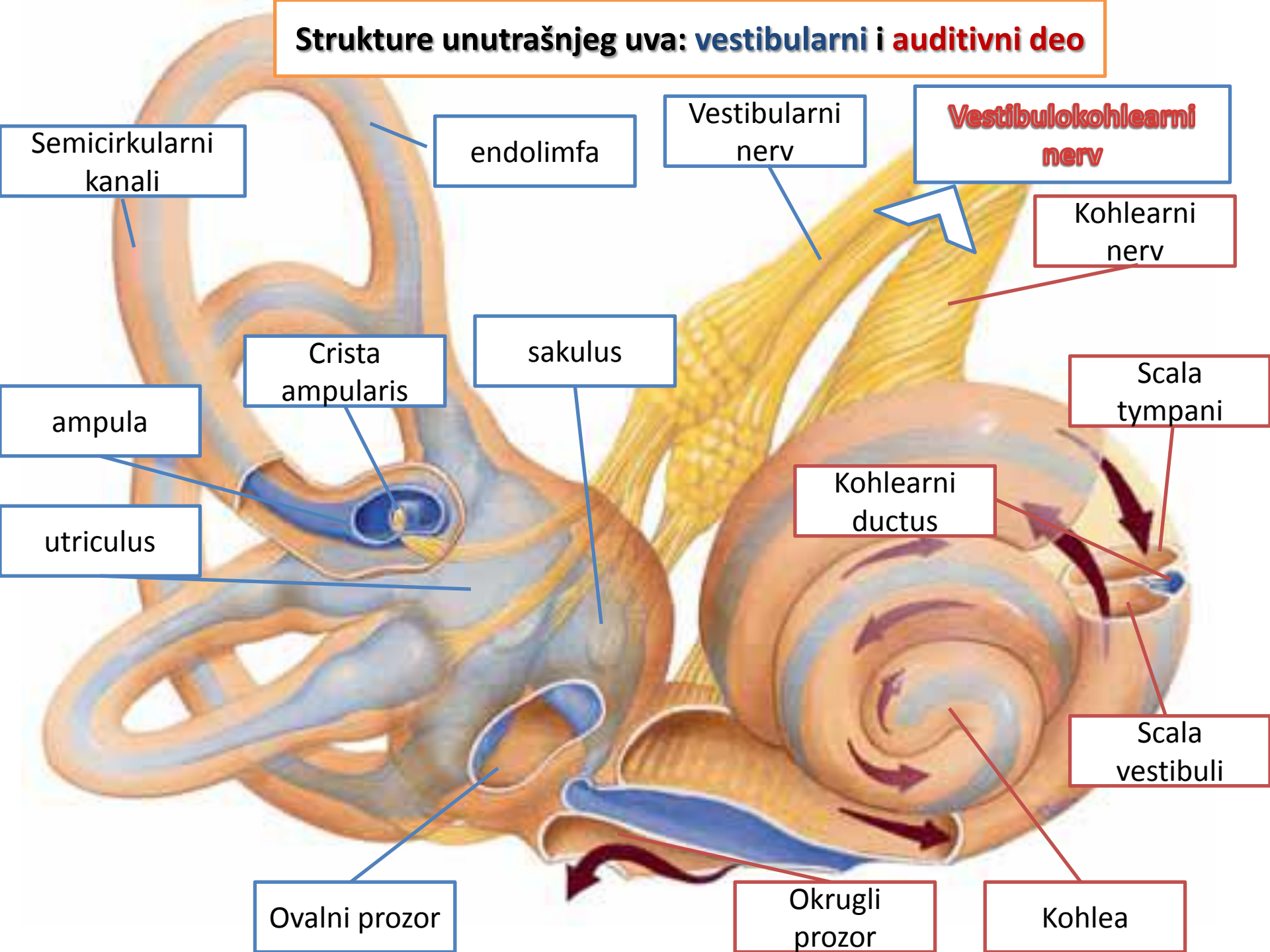
Za središte bubne opne je pričvršćen čekić - maleus

Nakovanj - stapes gura napred tečnost, kada se maleus pomakne unutra

Bubna opna - membrana timpani opna kupastog oblika

Mehanički prenos vibracije sa membrane timpani do ovalnog prozora:
površina membrane tympani je 55 mm^2 , a površina stapesa $3,2 \text{ mm}^2$: razlika u površini je 17x, pa je pritisak na bazi stapesa (nakovnja) 17-22 puta veći nego pritisak koji se razvija na membrani timpani.

Strukture unutrašnjeg uva: vestibularni i **auditivni** deo



Semicirkularni kanali

endolimfa

Vestibularni nerv

Vestibulokohlearni nerv

Kohlearni nerv

ampula

Crista ampularis

sakulus

Scala tympani

utriculus

Kohlearni ductus

Scala vestibuli

Ovalni prozor

Okrugli prozor

Kohlea

Mišići srednjeg uva

- M. tensor timpani
- M. stapedius
- Uloga:
 - Zaštita uva od prejakih zvučnih oscilacija
 - Učestvuju u maskiranju (prekrivanju) zvukova niske frekvencije u bučnoj sredini, čime se koncentrišemo na zvuke od značaja.
 - Dve sile unutrašnjih mišića deluju suprotno i izazivaju visok stepen ukočenosti celog sistema, što:
 - redukuje zvukove $f > 1000$ Hz
 - smanjuje osetljivost uha na vlastiti govor
 - pruža zaštitu od prejakih zvukova

Komunikacija srednjeg uva sa ždrelom

- Eustahijeva tuba –
 - Omogućava da vazdušni pritisak u srednjem uvu bude jednak atmosferskom pritisku.

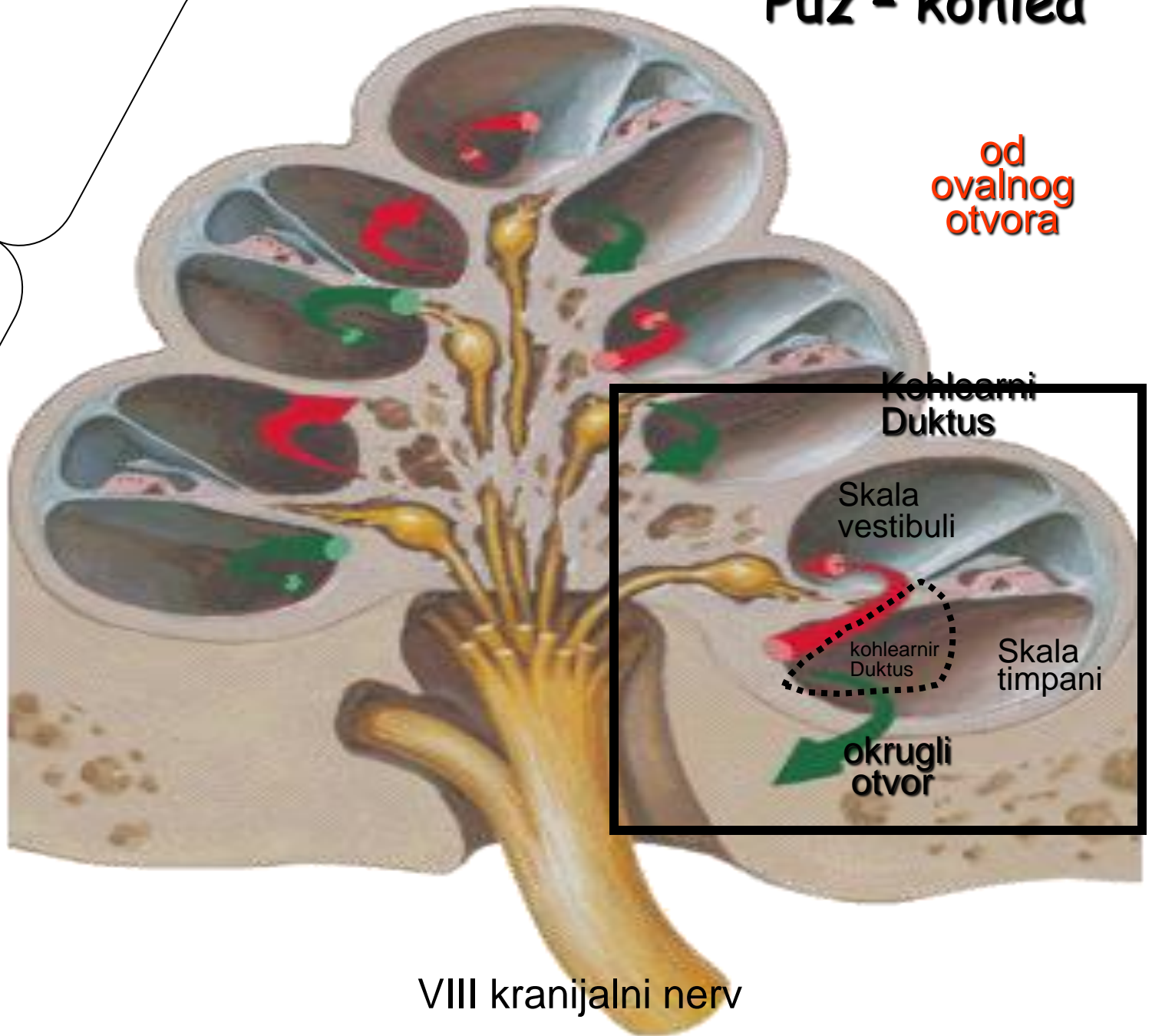
Kohlea – unutrašnje uvo

- Auditorni deo labirinta
- Aferentni neuroni formiraju slušni živac i slušni put koji prenosi signale do primarne slušne kore mozga.

Puž - kohlea

od
ovalnog
otvora

Koštani
labirint



Kohlearni
Duktus

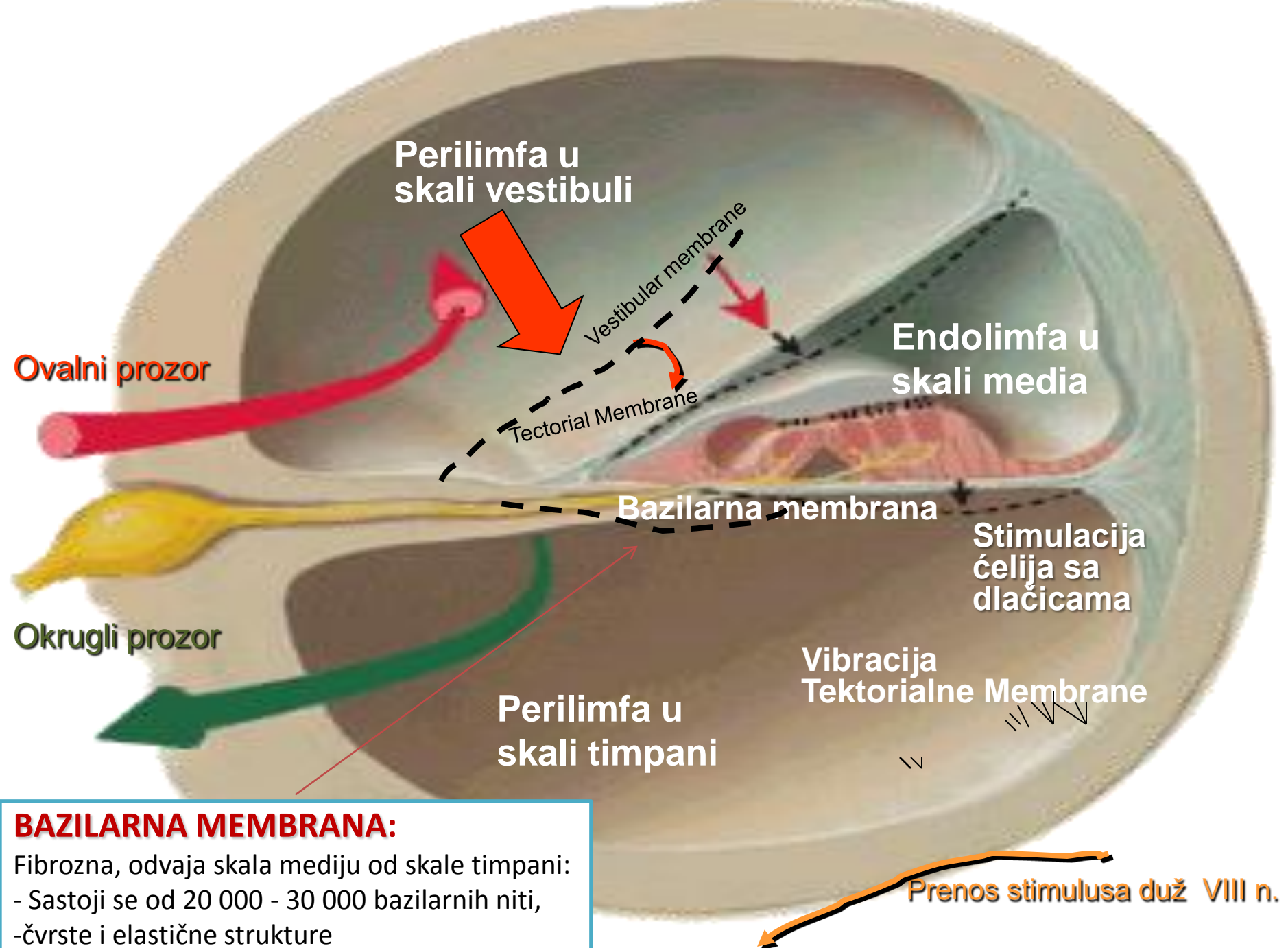
Skala
vestibuli

kohlearni
Duktus

Skala
timpani

okrugli
otvor

VIII kranijalni nerv



Perilimfa u skali vestibuli

Endolimfa u skali media

Ovalni prozor

Okrugli prozor

Vestibular membrane

Tectorial Membrane

Bazilarna membrana

Stimulacija ćelija sa dlačicama

Perilimfa u skali timpani

Vibracija Tektorialne Membrane

BAZILARNA MEMBRANA:
 Fibrozna, odvaja skala mediju od skale timpani:
 - Sastoji se od 20 000 - 30 000 bazilarnih niti,
 - čvrste i elastične strukture
 na distalnom delu nisu učvršćene

Prenos stimulusa duž VIII n.

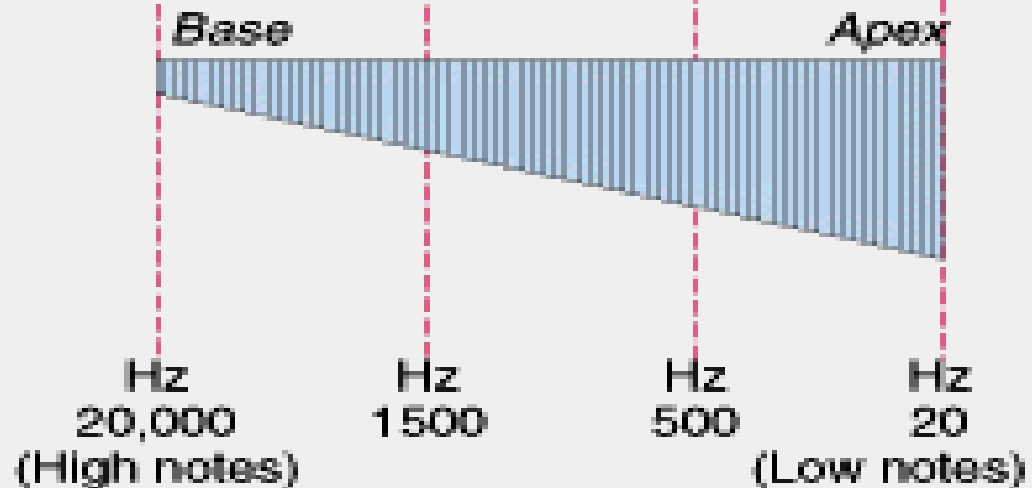
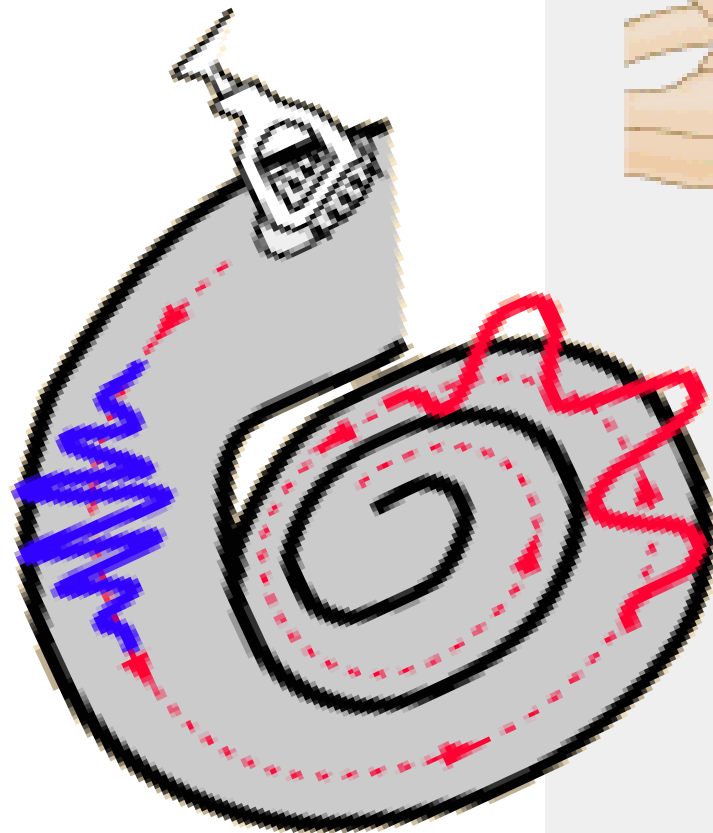
Bazilarna membrana

- Sastoji se od bazilarnih niti koje se protežu od koštanog središta puža (modiolusa) prema spoljašnjem zidu.
- Kruta i kratka vlakna u blizini ovalnog prozora vibriraju najbolje na visokim frekvencijama
- Duga i savitljiva vlakna blizu vrha vibriraju najbolje pri niskim frekvencijama.

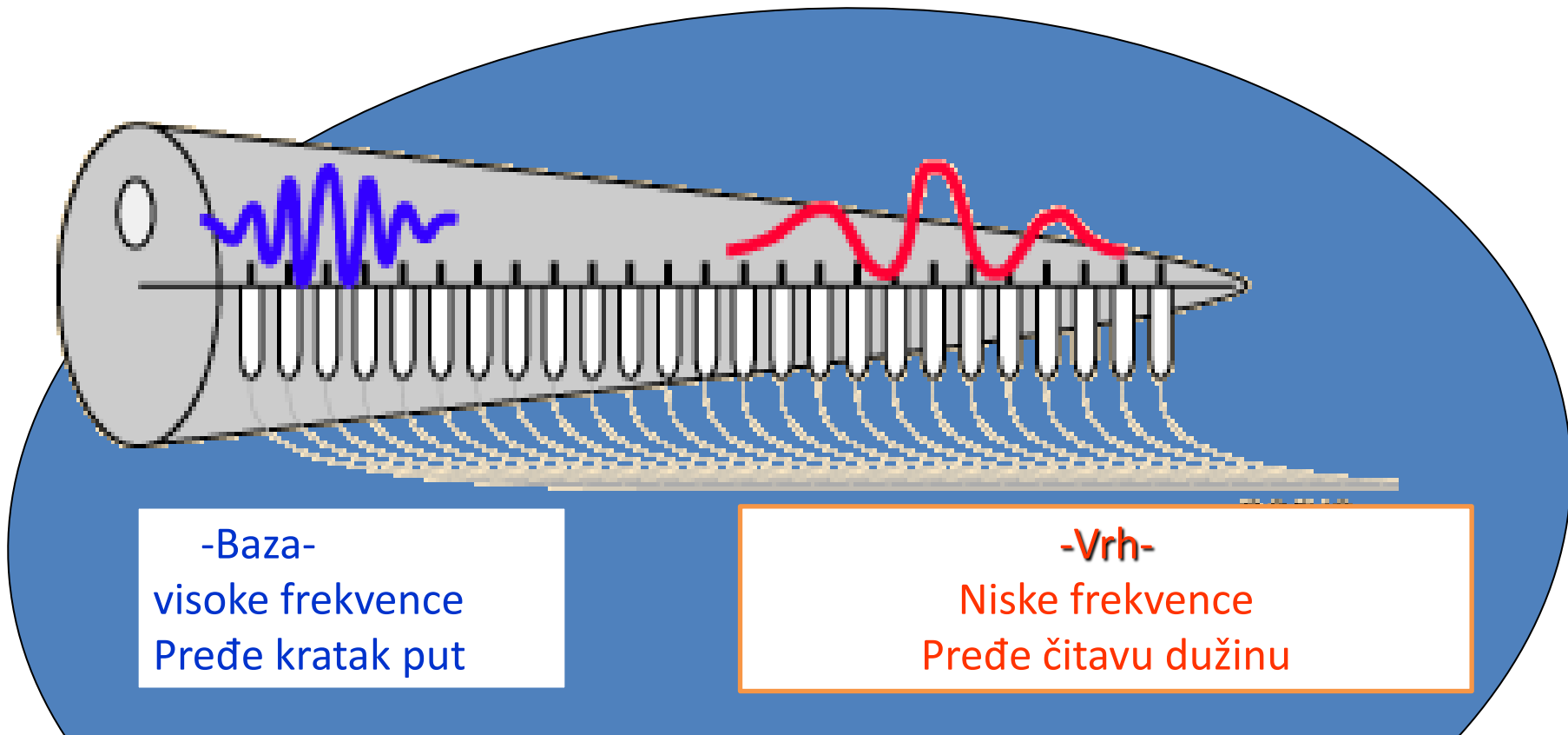
Prenošenje zvučnih talasa u puž: “putujući talas”

- Na bazi kohleje:
 - **ovalni prozor se spaja sa skalom vestibuli**
 - **okrugli prozor se spaja sa skalom tympan**
- **Pokreti ovalnog prozora pod dejstvom pritiska vazduha izazivaju talas talas tečnosti koji savija bazilarnu membranu – “putujući talas”.**

Dužina bazalnih niti u membrani se razlikuje i osciluje različitim frekvencijama



Rezonancija putujućeg zvučnog talasa i bazilarne membrane

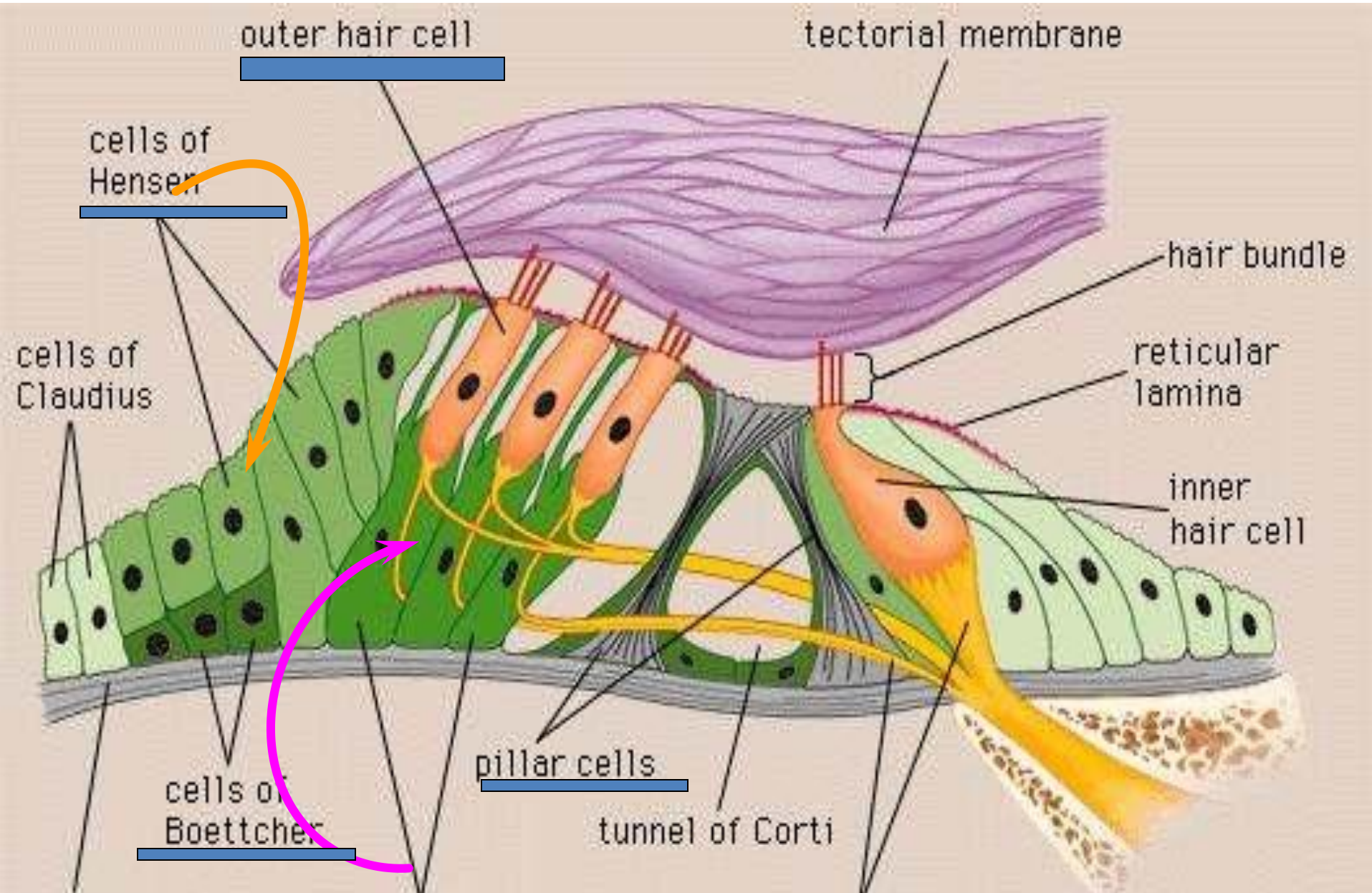


RAZLIKOVANJE FREKVENCE ZVUKA

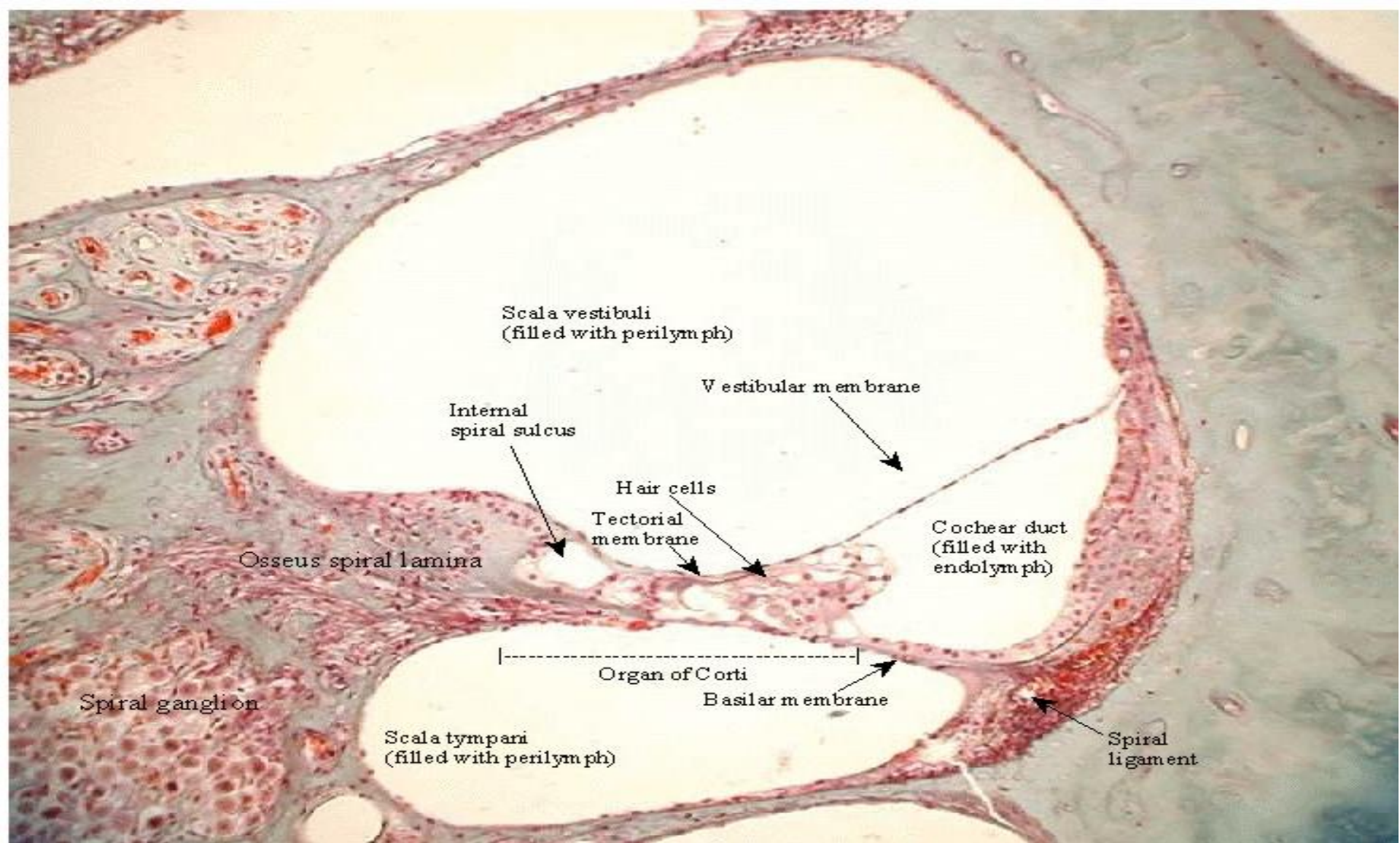
Na osnovu mesta na bazilarnoj membrani na kojem dolazi do maksimalne stimulacije nervnih vlakana iz Kortijevog organa.

Kortijev organ

- Smešten je na površini bazilarnih vlakana i bazilarne membrane.
- Senzorne ćelije sa dlačicama leže na bazilarnoj membrani
- Krov Kortijevog organa gradi tektorijska membrana.
- Kada putujući talas prolazi duž bazilarne membrane, ćelije sa dlačicama se kreću prema tektorijskoj lamini.
- **Deformacija stereocilija je ključni događaj u prevođenju zvuka u receptorski potencijal, jer dovodi do ulaska K^+ u ćeliju - hipopolarizacija receptorske ćelije.**



Kortijev organ MEHANO-ZVUČNI PRETVARAČ (BIOELEKTRIČNI)



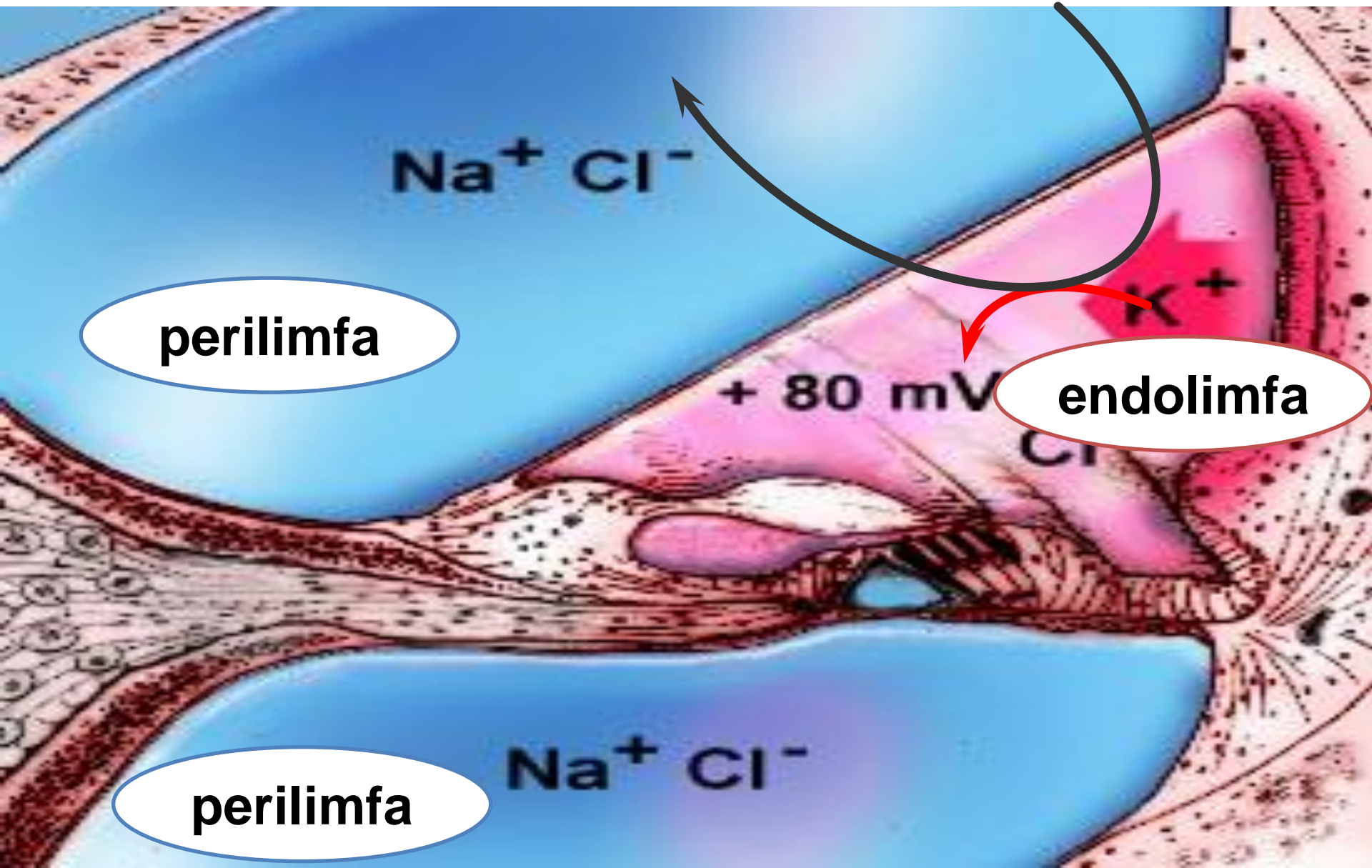
Kortijev organ leži na površini bazilarnih vlakana i bazilarne membrane:

- Jedan red UNUTRAŠNJIH ĆELIJA sa dlačicama (3500)
- 3 – 4 reda SPOLJAŠNJIH ĆELIJA sa dlačicama (12 000)

Tečnosti unutrašnjeg uva

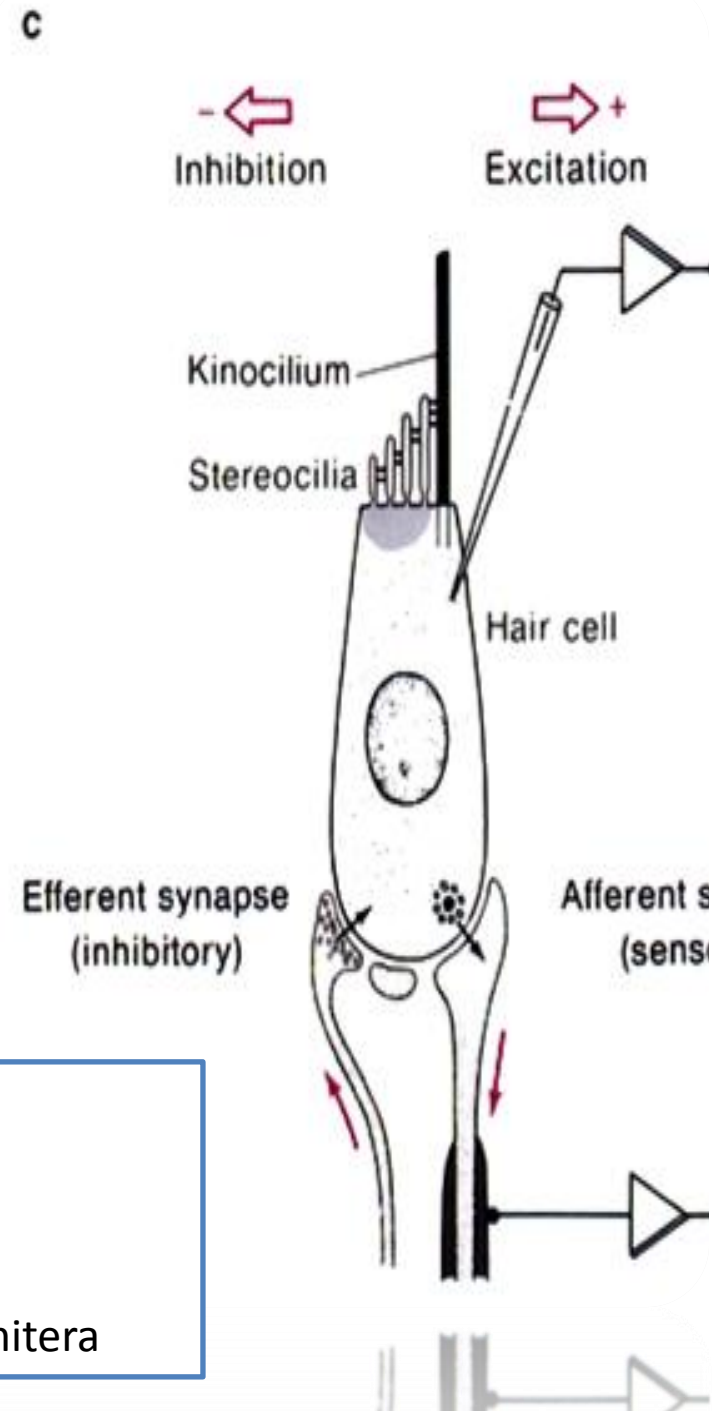
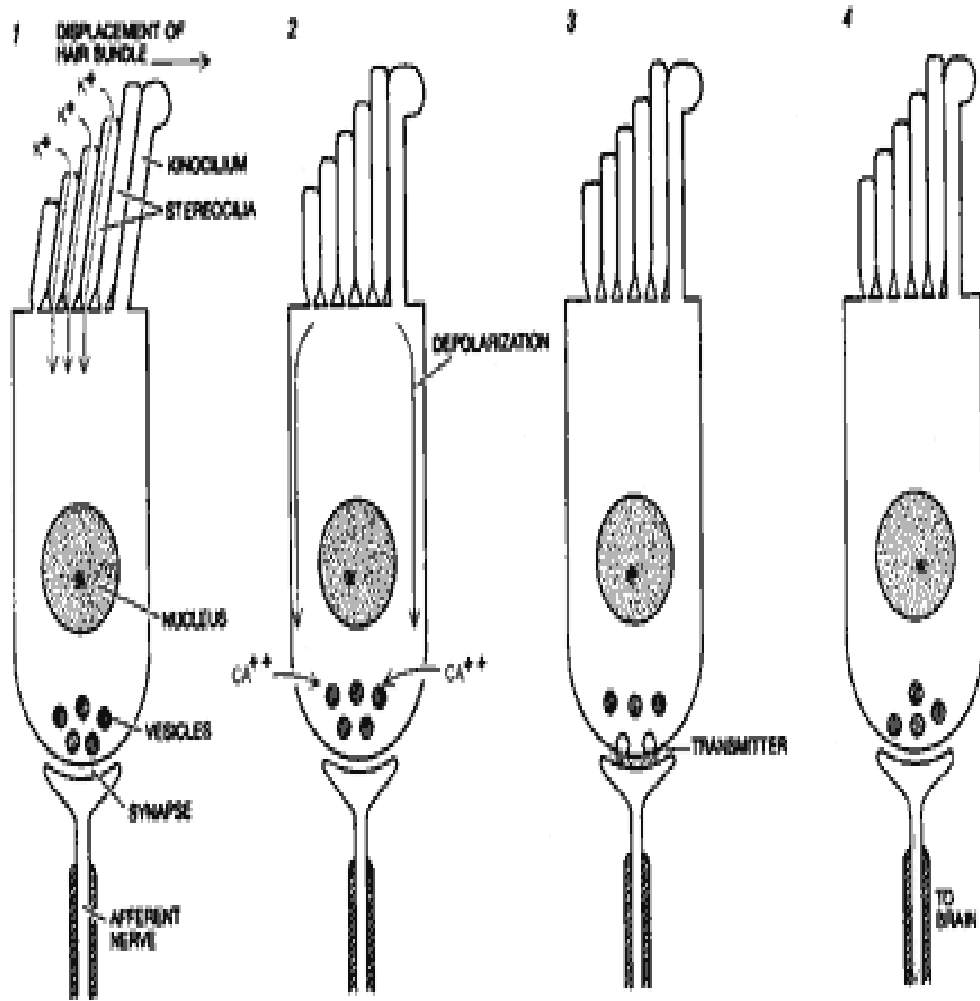
- Perilimfa
 - niska koncentracija K^+ , visoka konc Na^+ :
 - Skala vestibuli i skala tympani
- Endolimfa
 - visoka koncentracija K^+ , niska Na^+
 - Skala media
- Endokohlearni potencijal je razlika potencijala između perilimfe i endolimfe – povećava osetljivost receptorskih ćelija.

Endokohlearni potencijal Između endo i perilimfe **+80 mV**



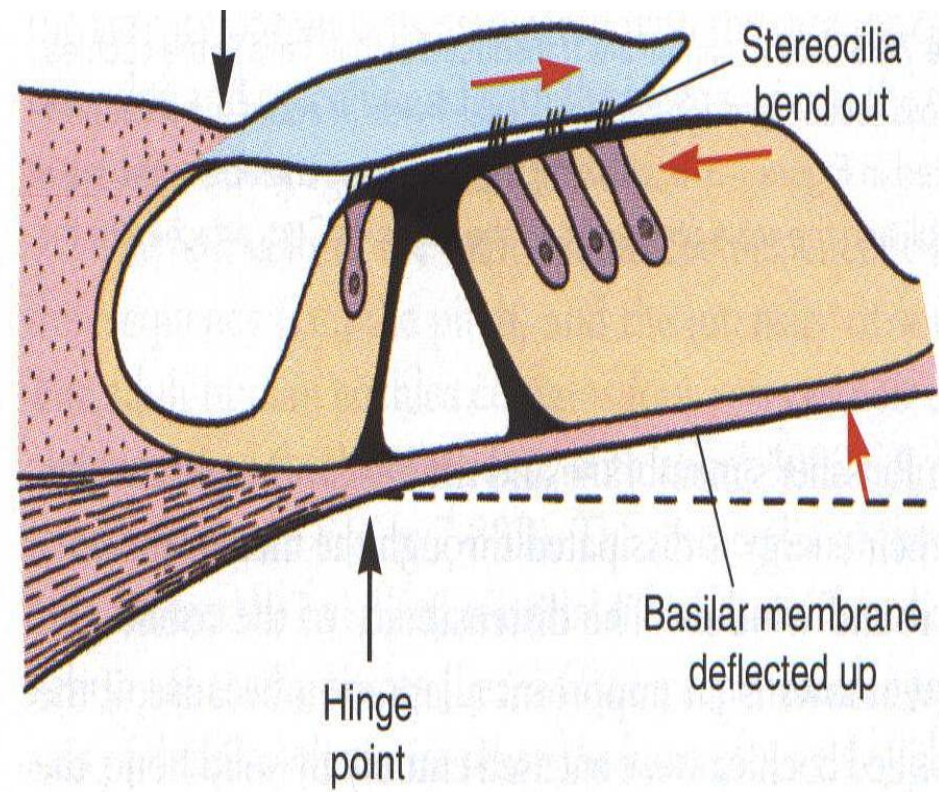
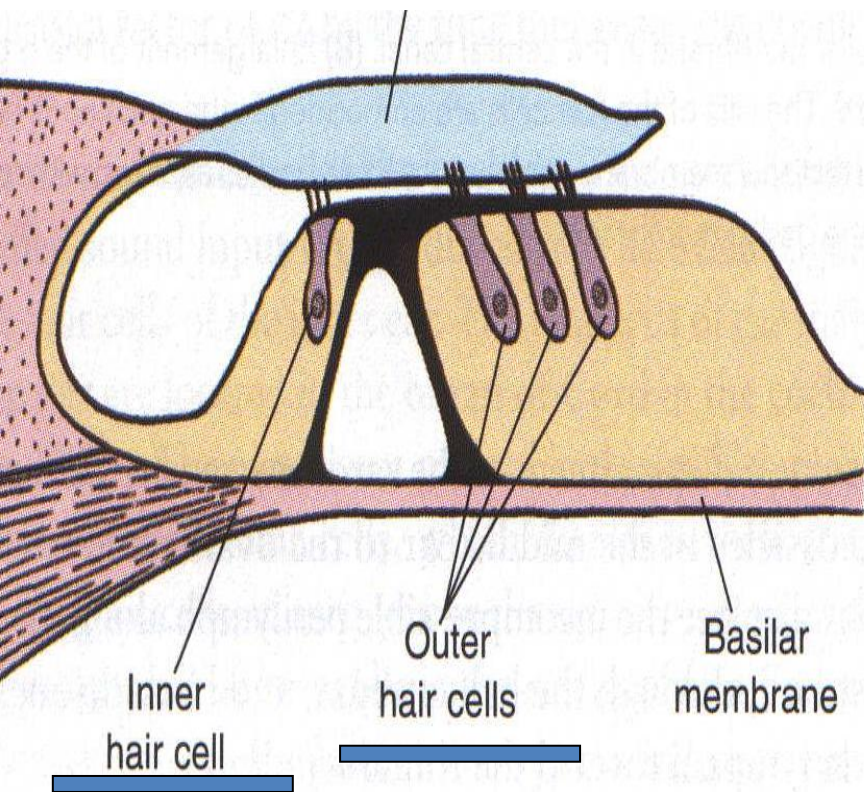
Podraživanje ćelija sa dlačicama

- Visoka kinocilija +100 stereocilija
- U miru, uspravne stereocilije - membranski potencijal -70mV
- Pomeranje stereocilija prema kinociliji ,
otvaranje K^+ kanala, ulaz K^+ , hipopolarizacija,
oslobađanje glutamata.



1. Talas pritiska savija stereocilije
2. Savijanje stereocilija izaziva otvaranje K⁺ kanala
3. Ulaz jona K depolarizuje membranu
4. Hipopolarizacija uzrokuje ulaz Ca⁺⁺
5. Joni Ca⁺⁺ dovode do procesa oslobađanja neurotransmitera

RETIKULARNA LAMINA

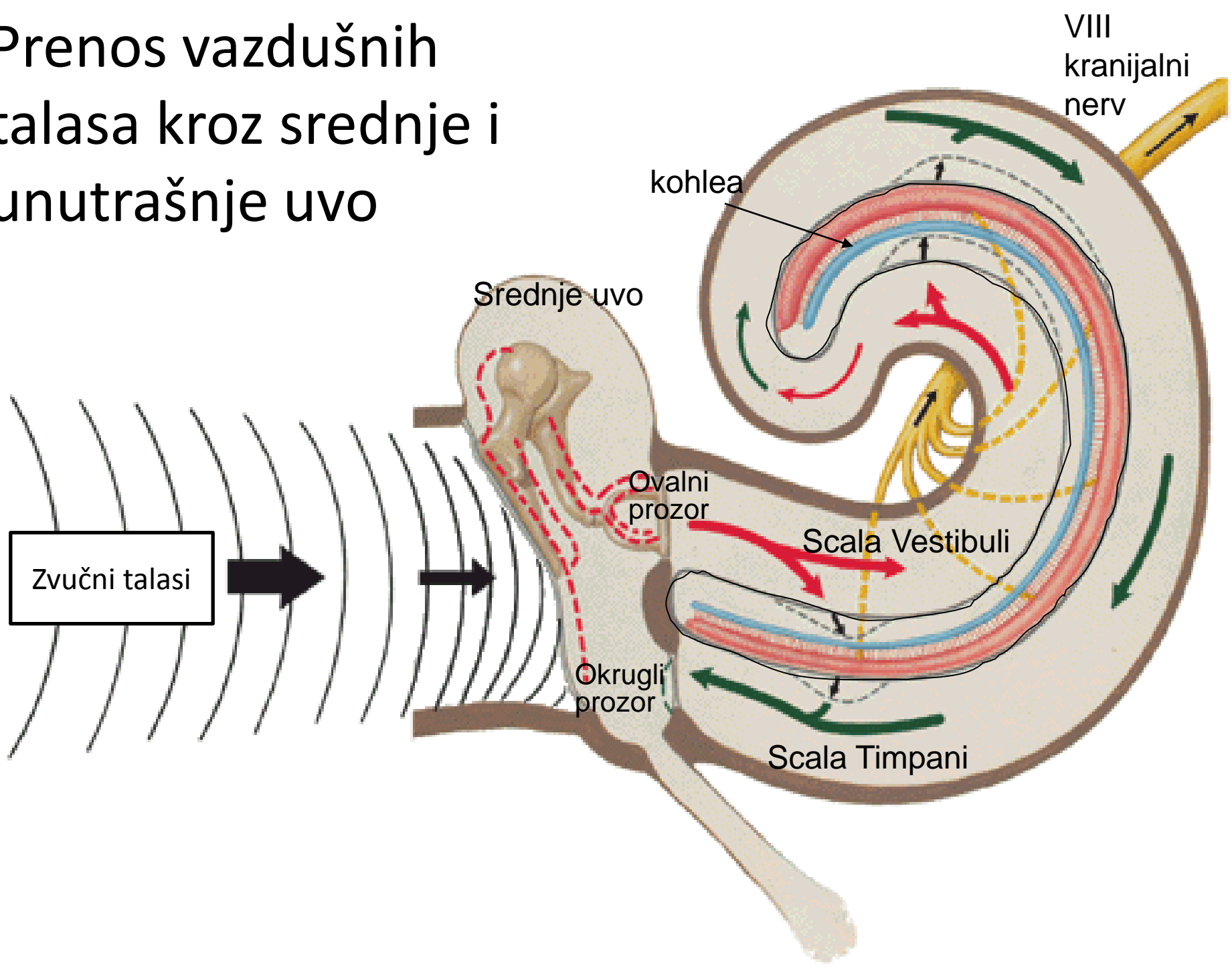


Unutrašnje ćelije sa dlačicama su odgovorne za prenos zvuka jer je 90% vlakana slušnog nerva spojeno sa njima.

Ova vlakna se produžavaju u spiralni ganglion, a iz spiralnog gangliona se formira slušni nerv.

Oštećenje ćelija sa dlačicama - toksični efekat aminoglikozidnih antibiotika (gentamicin, tobramicin, amikacin) – oštećenje sluha.

Prenos vazdušnih talasa kroz srednje i unutrašnje uvo



Percepcija zvuka

- Bazilarna membrana Kortijevog organa koja se nalazi u kohleji odgovara na zvuk različitom frekvencom.
- U kohleji se vibracije zvuka pretvaraju u električne impulse koji se slušnim živcem i slušnim putem prenose do kore mozga.

Prenos zvučnih impulsa do centralnog nervnog sistema

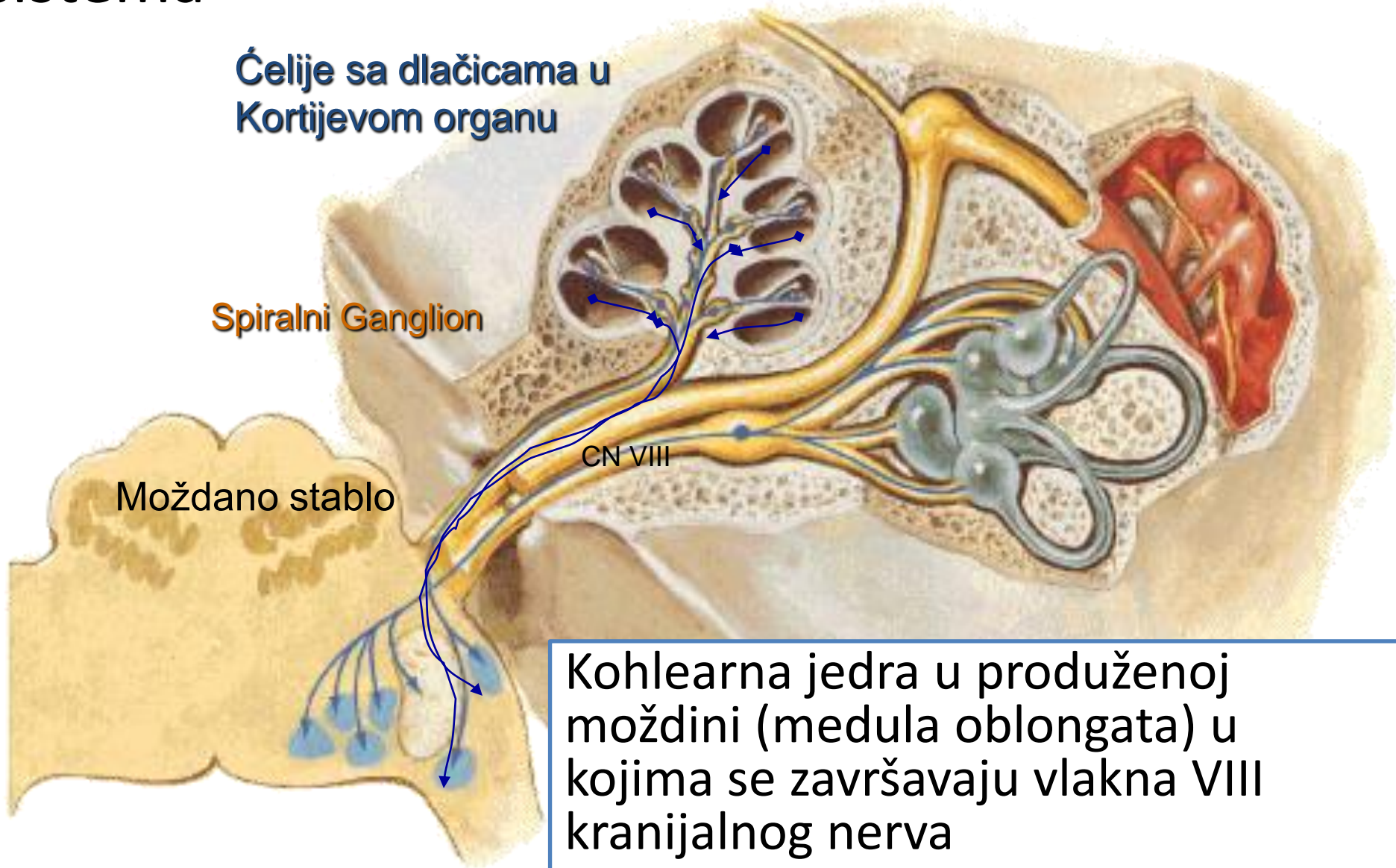
Ćelije sa dlačicama u Kortijevom organu

Spiralni Ganglion

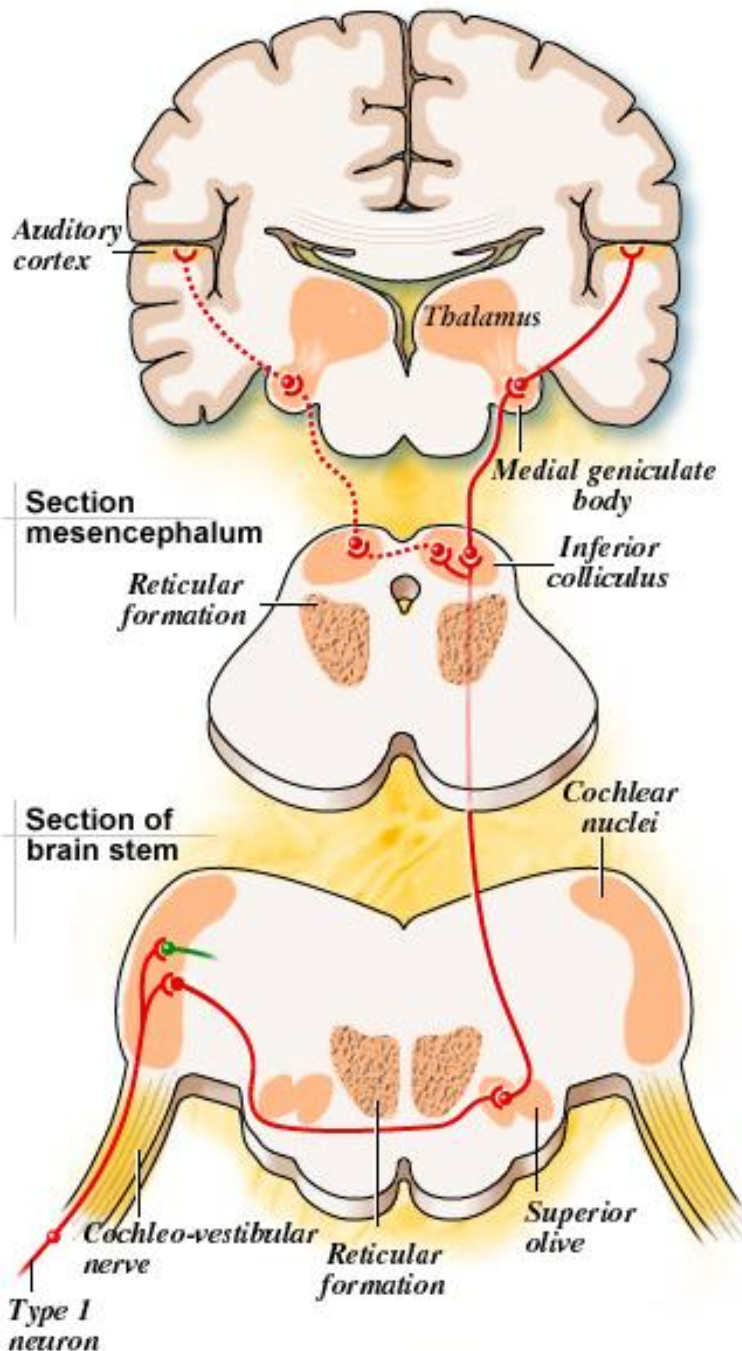
Moždano stablo

CN VIII

Kohlearna jedra u produženoj moždini (medula oblongata) u kojima se završavaju vlakna VIII kranijalnog nerva



Slušni put



- Kohlearna jedra u produženoj moždini (medula oblongata) se projektuju do talamusa, i auditornog korteksa u temporalnom režnju velikog mozga.
- Prisustvo paralelnih puteva
- Višestruke tačke ukrštanja
- Biauralni neuroni

Vrste gluvoće

