

Fyziológia sluchu

Ján Jakuš

Sluch – je veľmi citlivý ľudský zmysel, ktorým vnímame zvuk (reč, hudbu, hluk) Je to druh **mechanickej energie (akustický tlak)**, ktorý vzniká v dôsledku kmitania molekúl vzduchu, ich zhustovania a zriedovania. Vo **vákuu** sa zvuk **nešíri**, lebo nie sú tam molekuly vzduchu, ktoré by sa rozkmitali.

Akustický tlak – jednotka je **N/m^2 (Pa)**. Sluchový prah je **$2 \cdot 10^{-5}$ Pa. (0 dB)**

Rýchlosť zvuku vo vzduchu je cca 330 m/ s a šíri sa v nom **pozdĺžnym vlnením**, rovnako aj v **kvapalinách**, kde je však rýchlosť zvuku až 5x vyššia.

V pevných látkach je rýchlosť zvuku až 20x vyššia, šíri sa **pozdĺžnym aj priečnym vlnením**, jeho intenzita je však nižšia.

Zvuky : pravidelné (harmonické) - **tóny** a nepravidelné (neharmonické) - **hluk** .

Sluchom vnímame zvuk v rozsahu od **16 Hz do 20 kHz**. Najčastejšie vnímame frekvencie od **1500-4000 Hz**. Netopiere, psi, delfíni sú citliví na **ultrazvuk** ($f > 20$ kHz). Kmitanie < 16 Hz vytvára **Infrazvuk**

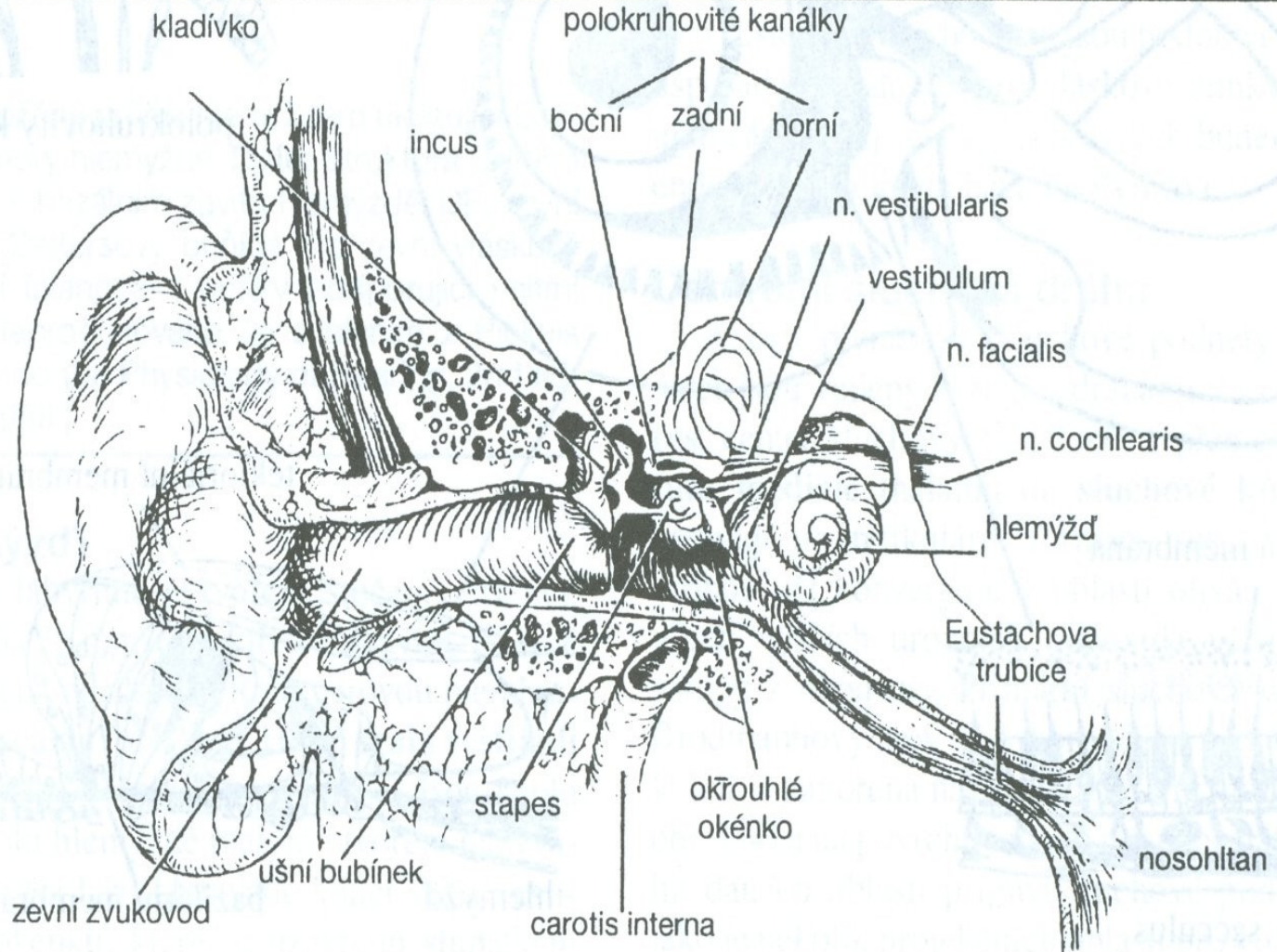
Frekvencia vlnenia udáva **výšku** tónu, amplitúda vlnenia udáva **hlasitosť**. (subjektívne vnímané parametre: **výška, hlasitosť zafarbenie zvuku...**)

Intenzita objektívne vytváraného zvuku (hladina sily zvuku) sa udáva v jednotkách B resp. v dB .

Intenzita subjektívne vnímaného zvuku (hladina hlasitosti) sa udáva vo fónoch (Ph)

Obe stupnice- v dB a vo Ph, sa zhodujú len pri frekvencii 1 kHz, kedy je ucho najcitlivejšie.

Ucho- schéma



Obr. 9-1. Lidské ucho. Pro přehlednost byl poněkud natočen hlemýžď a vypuštěny svaly středního ucha.

ANATÓMIA UCHA

Zloženie: **I. Vonk. ucho** – ušnica (auricula), **sluchový kanál** vyplnený **mazom** (cerumen) a **chĺpkami**.

II. Stredné ucho – bubienok (membrana tympani) + 3 kostičky **Maleus** (kladivko), **Incus** (nákovka), **Stapes** (strmienok) + **Oválne okienko** a **Okrúhle okienko** + 2 svaly (m. stapedius a m. tensor tympani) + **Eustachova trubica** (3.5 cm dlhá spája stredné ucho s faryngom (vyrovnávanie tlaku), možná cesta prenosu infekcie najmä u detí.

III. Vnúť. ucho - **slimák** (Cochlea) s **Coriho orgánom**

Prenos zvuku Vonkajším a Stredným uchom

Vonkajšie ucho: sluchová energia je zachytávaná **ušnicou** a zvuk sa šíri vzduchom až na pevnú membránu - **bubienok**- a spôsobí jeho rozochvenie.

Stredné ucho: Zvuk sa prenáša cez **sluchové kostičky** (šírenie kost'ou) a **Oválne okienko** až na tekutinu vnútorného ucha- **perilymfu** a rozochveje drobné blanky tak **Oválneho** ako aj **Okrúhleho okienka** v strednom uchu.

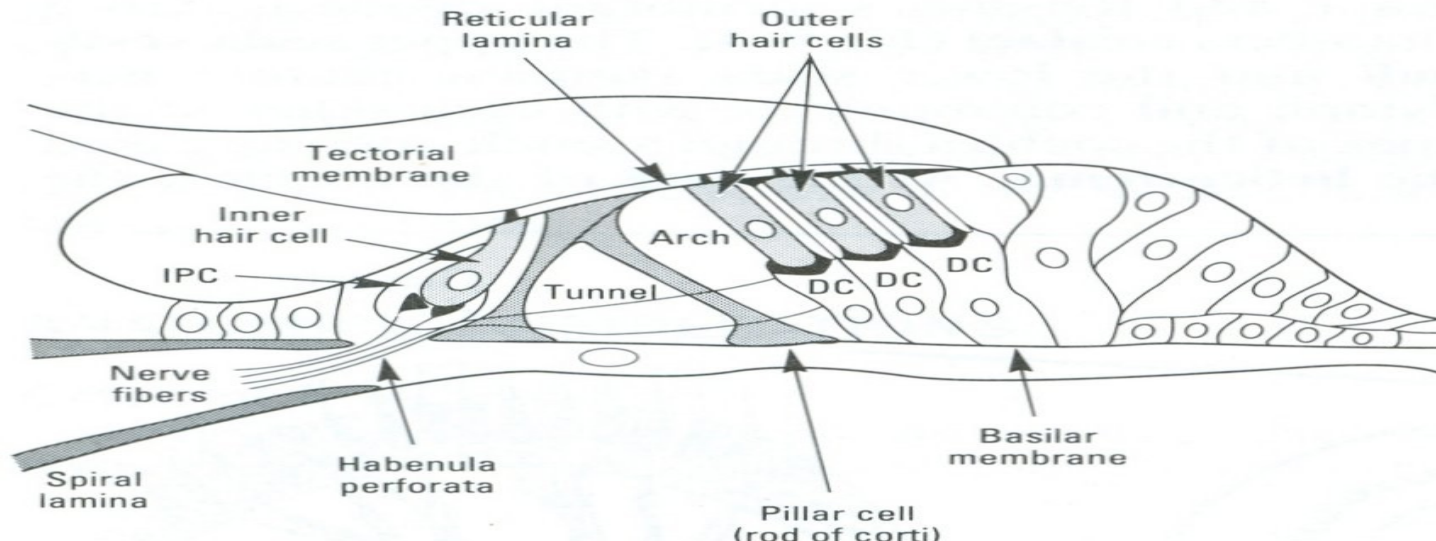
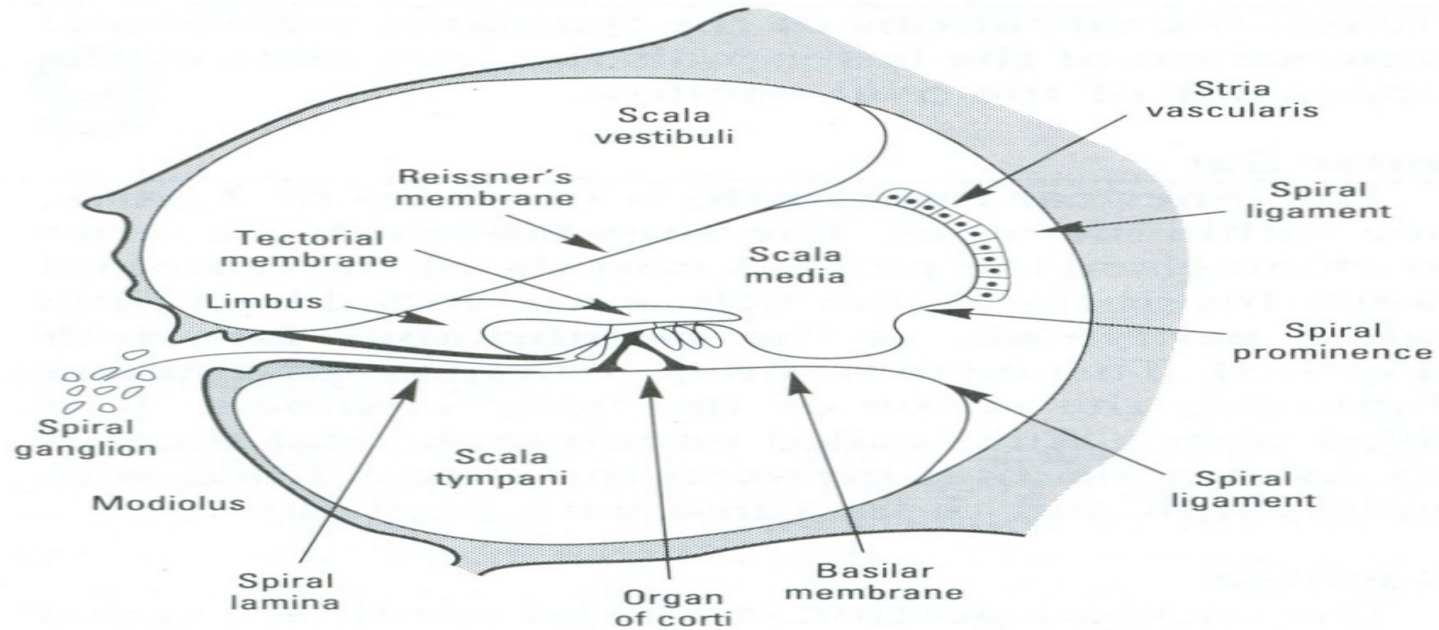
Význam Stredného ucha - zabezpečuje **impedančné prispôsobenie** prenosu zvuku medzi vzduchom vonk. ucha a kvapalinou vnút. ucha. Ak by nebolo stredné ucho s kostičkami - až viac ako **99 % zvuku by sa odrazilo** z perilymfy vnútorného ucha späť do ucha vonkajšieho.

SOUND PERCEPTION

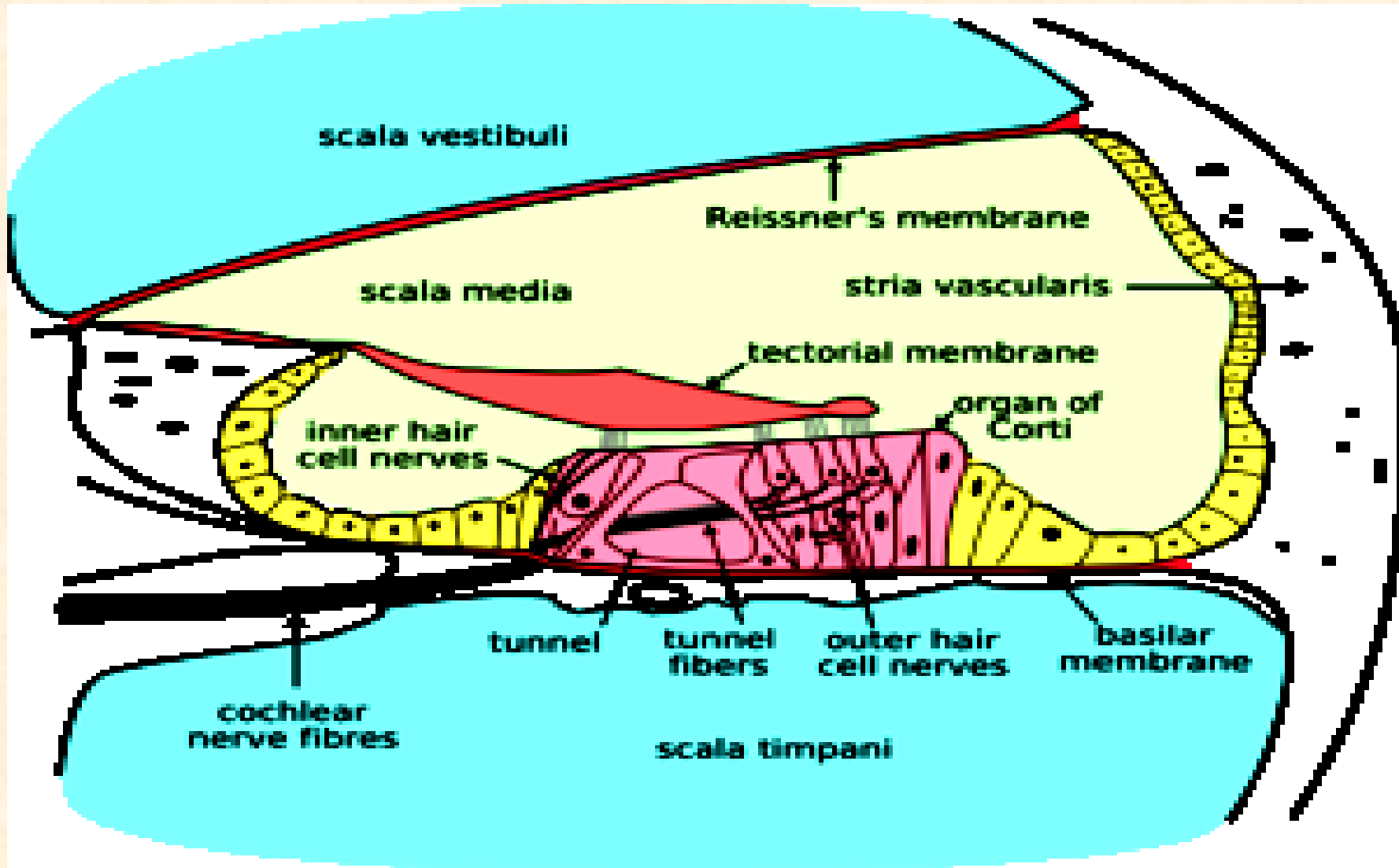


rm alhearing.s

Zloženie vnútorného ucha



Cortiho orgán - zloženie



Prenos zvuku vnútorným uchom

Zvuk prichádza do **Slimáka - Cochlea** - cez **Oválne okienko**.

Slimák je rozdelený na 3 časti : **SCALA VESTIBULI** (je vyplnená **perilymfou**, ktorá obsahuje vyššiu koncentráciu Na^+ a Cl^- iónov a viac proteínov),

SCALA MEDIA (je vyplnená **endolymfou**, ktorá obsahuje vyššiu konc. K^+ katiónov a menej Na^+ and Cl^- iónov). **Na bazilárnej membráne je Cortiho orgán s vnútornými a vonkajšími vláskovými bunkami**. Obe majú na povrchu **stereocílie**. Vnútorné vláskové bunky sú **vlastné receptory zvuku**, vonkajšie pôsobia ako **zosilňovač**.

SCALA TYMPANI (je vyplnená **perilymfou**). Rozdielne zloženie tekutín umožňuje vznik elektrických zmien **GPs a APs**, tiež **endokochleárneho potenciálu v Scala media (+80mV)**, **kochleárneho mikrofonického potenciálu** (na celom slimaku) a **negat. sumačného potenciálu na vnútorných vláskových bunkách**

Po vstupe do Vnútorného ucha zvuk (akustický tlak) rozvlní **perilymfu a endolymfu**.

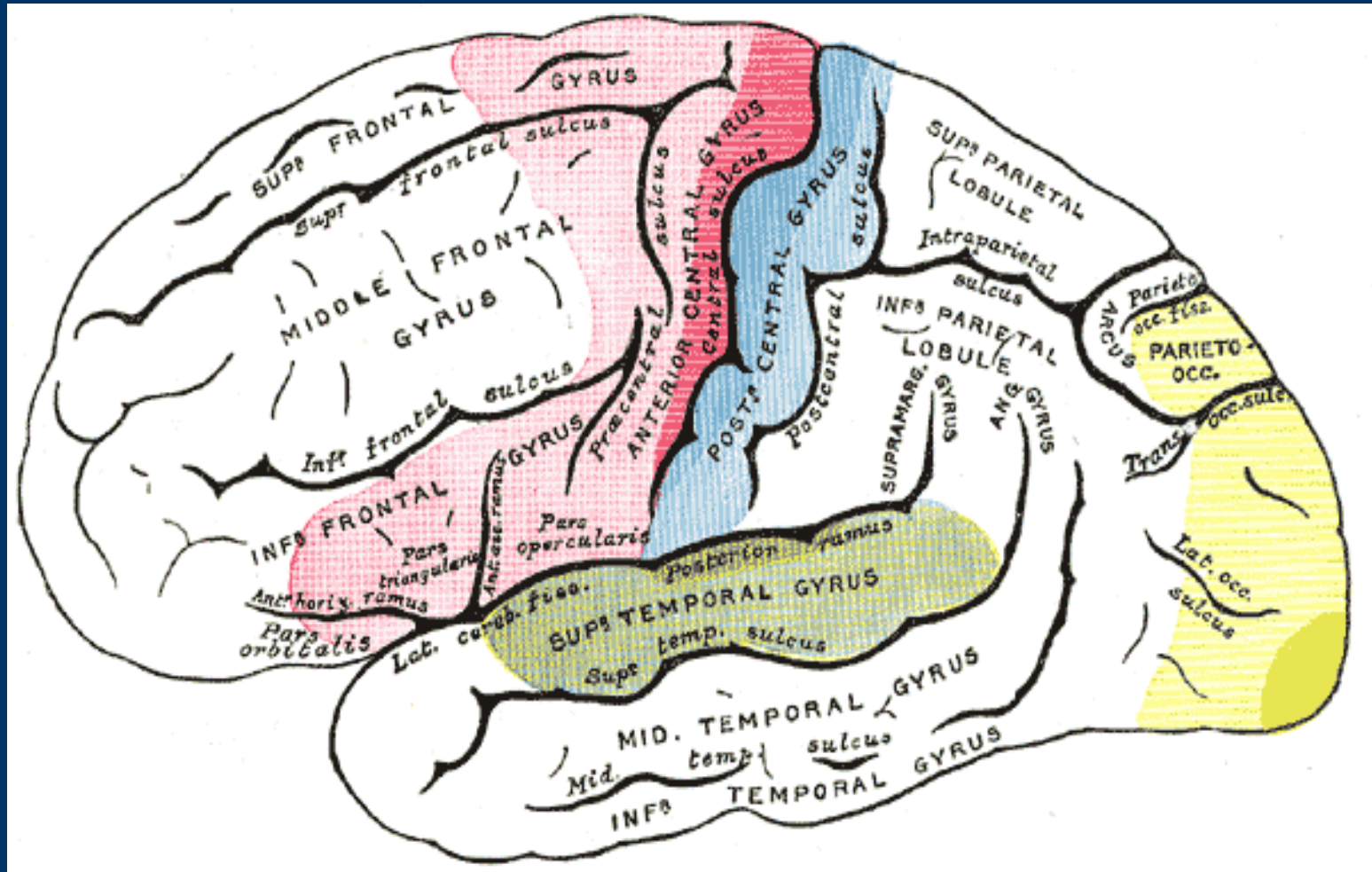
Endolymfa rozkmitá **bazilárnu membránu a stereocíle vláskových buniek**.

Stereocílie sa pohybom endolymfy ohýbajú raz doprava (**hyperpolarizácia**), raz doľava (**depolarizácia**)

Generátorový potenciál (GP) sa vytvára z mikrofónických potenciálov slimáka a negatívnych sumačných potenciálov vnútorných vláskových buniek, **po vstupe K^+ z endolymfy do vnútorných buniek !**

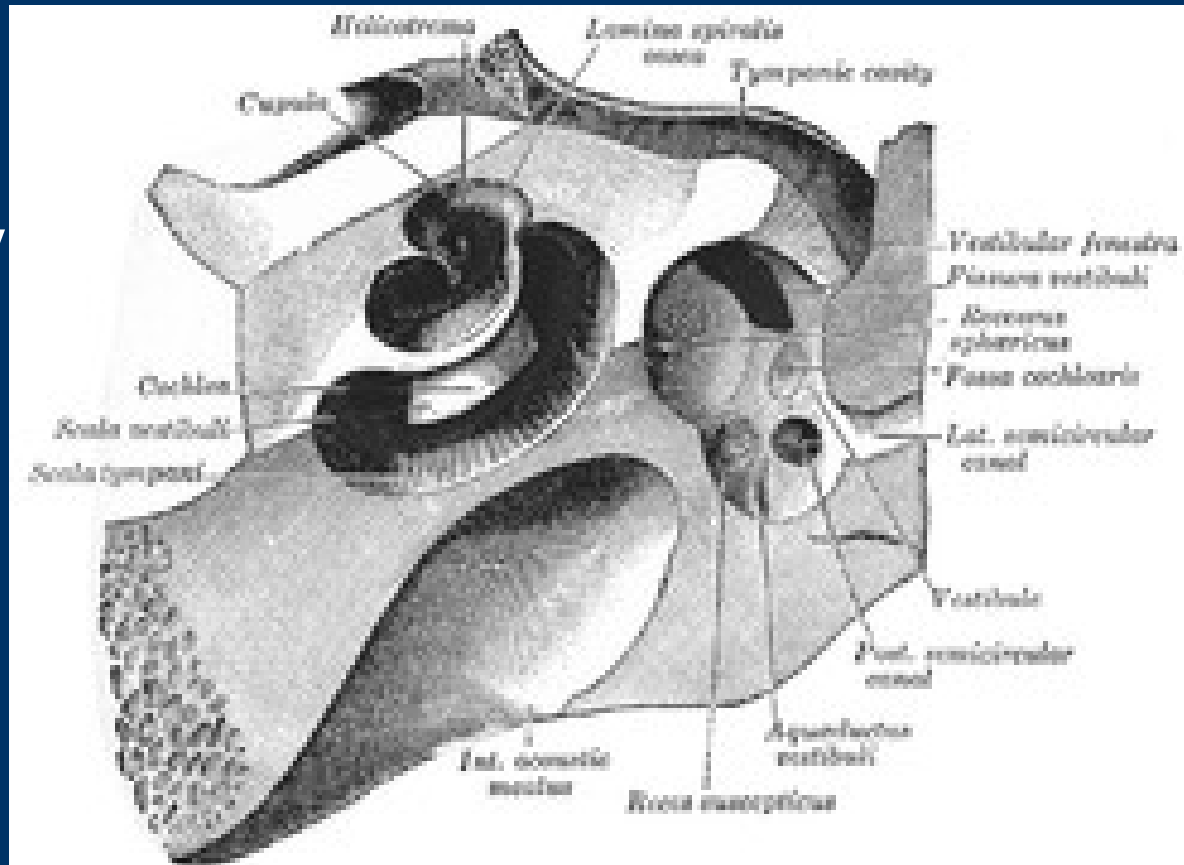
Akčný potenciál (AP) vzniká po sumácii GPs na axónoch sluchového nervu.

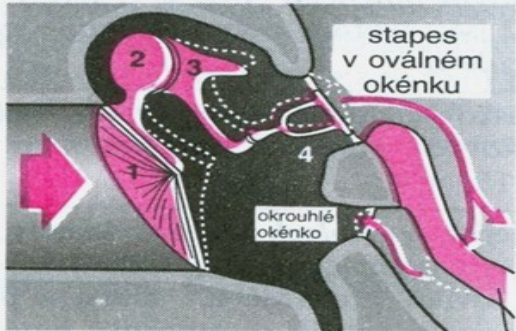
APs sú prenášané Sluchovým nervom do **Temporálneho laloka** sluchového kortexu, kde sú spracovávané a tu si uvedomujeme **kvalitu, silu, farbu a význam zvuku (reč).**



Podľa BEKESYHO teórie počutia (1964):
Bazilárna membrána slúži ako **frekvenčný analyzátor**. **Vysoké frekvencie** ju rozochvievajú na **báze**, blízko **Oválneho okienka**, kde je najužšia. **Nízke frekvencie** ju rozochvievajú najmä pri **vrchole slimáka** – pri **helikotreme**, kde je membrána najširšia.

Slimák - kostenný labyrint

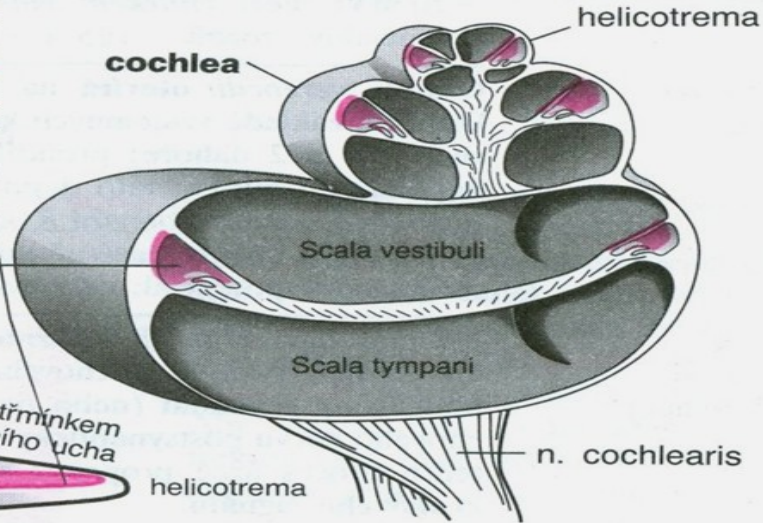
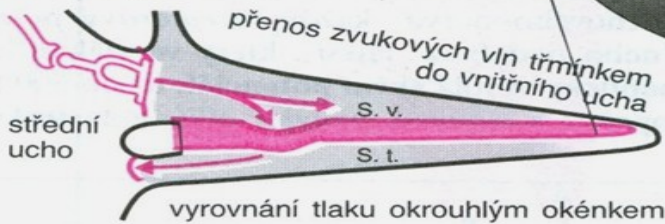




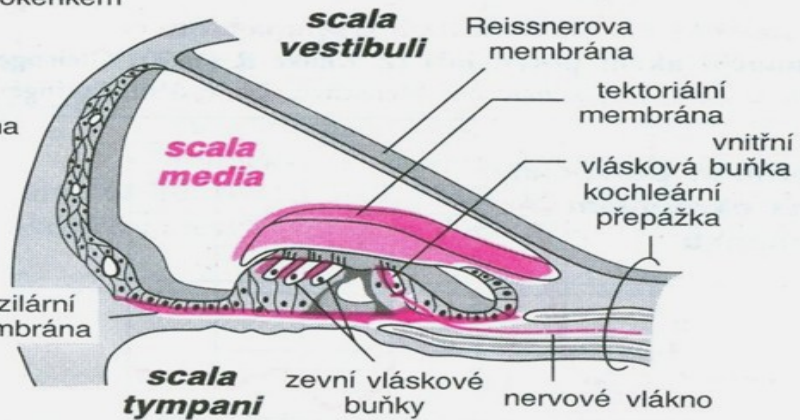
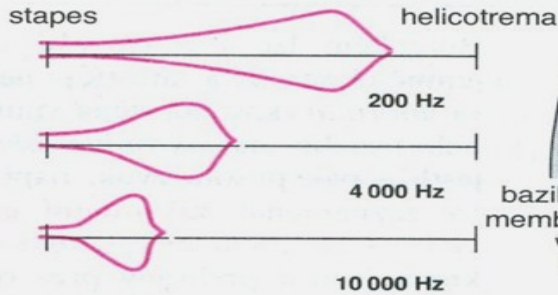
- 1 bubínek
 2 malleus (kladívko)
 3 incus (kovadlinka)
 4 stapes (třmínek) } řetěz sluchových kůstek

stavba středního ucha

schéma „rozvinuté“ kochley



Maxima výkyvu kmitající bazilární membrány



Poruchy sluchu (hluchota)

AUDIOMETRIA umožňuje zistiť 3 druhy porúch sluchu:

- 1. Poruchu prevodovú (periférna)** – postihnutý je **bubienok** a/alebo **sluchové kostičky** Stredného ucha – pacient nepočuje **hlboké zvuky** (nízke frekvencie)
- 2. Poruchu percepčnú (centrálna)** – postihuje buď **Cortiho orgán** a v ňom **vláskové bunky**, príp. **sluchový nerv**, alebo **sluchový kortex**. Pacient nepočuje **vysoké tóny** (s vyššou frekvenciou kmitania)
- 3. Poruchu zmiešanú**

Zhrnutie - animácia



Ďakujem Vám za pozornosť !

