

**AKUSTIKA – JEVY A SOUVISLOSTI
V HUDEBNÍ TEORII A PRAXI**

PhDr. BOHUMIL GEIST

B — ušní bubínek, M — kladívko (malleus), I — kovadlinka (incus), S — třmínek (stapes), Ms — m. stapedius, Tph — tuba pharyngotympanica, P — perilymfa, De — ductus cochlearis, U — utriculus s polokruhovými kanálky, Sa — sacculus, N — sluchově rovnovážný nerv (VIII), K — kost.

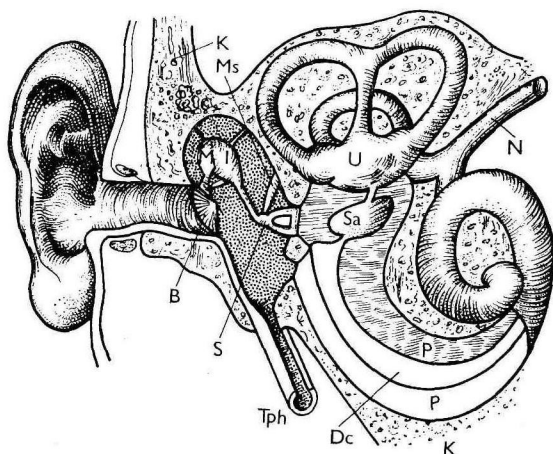


Schéma sluchového orgánu

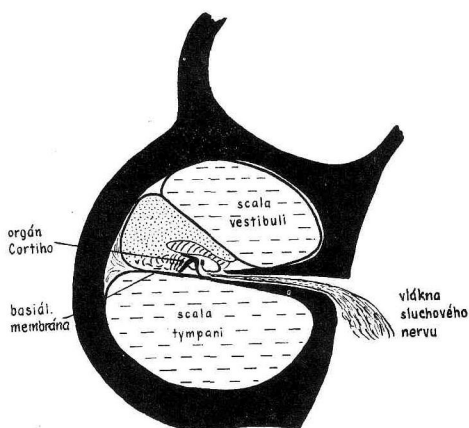
Nejprve je akustický podnět (vlnění) zachycen boltcem a zvukovodem pokračuje k bubínku (B); ten je zvenci pokryt pokožkou a zevnitř sliznicí. Má tvar mělké nálevky o průměru cca 8–10 mm a ploše asi 55–70 mm². Zvuk rozechvěje jeho blánu. Kmitočet bubínku má hodnotu asi 200 kmitů za sekundu (tj. kolem frekvence $g/195,998$ Hz/). Z toho vyplývá, že bubínek převádí vlny o nižší frekvenci přesněji než vlny o vyšší frekvenci. Blána bubínku přenáší kmity na soustavu kostiček – kladívko (maleus – M), kovadlinku (incus – I) a třmínek (stapes – S) se Silviovou kůstkou; ten má dvě ramínka, která nasedají na oválnou ploténku (basis) o průměrné ploše 32 mm². Celá soustava těchto kostiček je navzájem spojena svalstvem. Zde se rozkmity vlnění zmenší (jejich síla je menší), ale zvětší se jejich akustická hustota (energie). Dalo by se říci, že se na úkor kvantity zvětší kvalita. Poslední kůstka, třmínek, přiléhá k velmi jemné blance – oválnému okénku o rozměrech 3 a 1,5 mm. Jimi se přenáší akustická energie do vnitřního ucha, které je vyplněno vnitroušním mokem, tekutinou nazvanou endolymfa (v chodbě mezi blanami, resp. mezi horním a spodním patrem hlemýždě, v „mezipatře“, nazývaném scala media – prostřední patro) a perilymfa (v hlemýždi). Na přenosu zvuku se podílejí také dva svaly – sval bubínkový a třmínkový. Třmínkový sval spojuje třmínek s kovadlinkou. K jeho napnutí dojde tehdy, je-li hladina zvuku vyšší než 70 dB. Tento sval ovlivňuje ve středoušní oblasti přenášení zvuků o nízkých kmitočtech kolem 250 Hz ($\approx h - 246,942$ Hz) a intenzitě 15 dB, přičemž frekvence nad 1 kHz nejsou ovlivněny.

²² Akustická impedance perilymfy je srovnatelná s impedancí mořské vody a činí cca 1 610 000 kN . m-2 . s-1.

Sluchové kůstky fungují zároveň jako převodní ústrojí, upravují akustický odpor (impedanci) vzduchu (ten je asi $415 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)²² a vnitřního ucha v převodním poměru cca 1:60. Ze vztahů obou impedancí vyplývá, že pouze 0,1 % akustické energie je přenesena do vnitroušní tekutiny.

Vlastní sluchové ústrojí vyplňuje prostor vnitřního ucha a je uloženo v dutině hlemýžďe (9); hlemýžď (cochlea) je kostěný výčnělek dlouhý cca 35 mm a spirálovitě stočený do dvou a půl závitu. Má dvě patra (scalae). Horní patro (scala vestibuli) je od spodního (scala tympani) odděleno přepážkou. Ta se skládá jednak z kostěné destičky, vybíhající od kostěné osy hlemýžďe, jednak z blány, napnuté od volného kraje této destičky k protější stěně, tzv. membráně basilaris. Spodní patro je uzavřeno blankou, která vede přes okrouhlé okénko (foramen tympani). Mezi oběma patry je hlemýžďová chodba. Obě patra hlemýžďe jsou spojena blanami. U horního patra je vestibulární (Reissnerova), u spodního patra bazilární (základní) blána (membrana basilaris).

Bazilární membrána je soustava pravidelných, hustých a jemných příčně pruhovaných radiálních vláken v základní substancí blány. Na ní spočívá Cortiho ústrojí, do něž ústí vlákna sluchového nervu, a představuje vlastní sluchové ústrojí. Opěrnými pilíři Cortiho orgánu jsou Cortiho sloupce, které se opírají o sebe svými vrcholky. Jakmile jsou tato vlákna podrážděna přenesenými kmity (zvukovou vlnou), odvádějí podráždění složitou cestou do mozku.



Příčný průřez závitem hlemýžďe

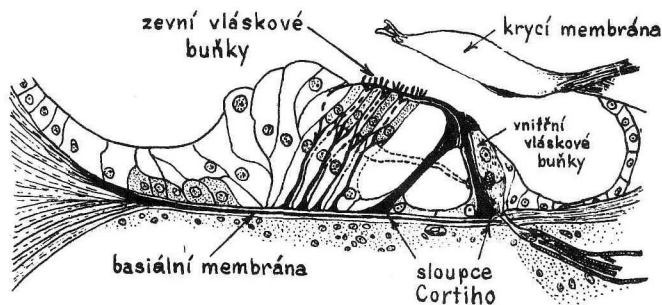


Schéma bazilární membrány a Cortiho sloupců