

SLUCHOVÉ ÚSTROJÍ

To nejdůležitější v komunikaci je slyšet to, co nebylo řečeno. P.F. Drucker

Zvuk je vlnění prostředí, které je schopné vyvolat sluchový vjem.

Např. elektromagnetické vlnění není zvuk. Je to sice vlnění, ale není schopno vyvolat sluchový vjem.

Výška zvuku je určena jeho frekvencí - čím vyšší frekvence, tím vyšší zvuk. Lidské ucho vnímá zvuk od 16 do 20 000 Hz (Hz = hertz = jednotka frekvence určující počet vln za sekundu).

Frekvence f je určena počtem vln za určitý čas. Jednotka frekvence je nazvána podle německého fyzika, který se jmenoval Heinrich Rudolf Hertz /čti herc/ (1857 - 1894).

Pozor - člověk vnímá frekvence 16 až 20 000 Hz, ale ne ve smyslu 16 000 až 20 000 Hz !!!

Zvuk s vyšší frekvencí než 20 000 Hz je tzv. ultrazvuk, zvuk s nižší frekvencí než 16 Hz je tzv. infrazvuk (lat. "infra" je dole, lat. "ultra" je nad).

Někteří živočichové se dorozumívají ultrazvukem (echolokace netopýrů či ozubených kytovců). Pes je schopen slyšet i ultrazvuk. Někdy se používají na přivolání psů zvláštní píšťalky, které člověk už neslyší, ale psi ano. Některá zvířata používají a vnímají m.j. i infrazvuk (např. kytovci s kosticemi).

Hlasitost zvuku je určena výškou vlny - amplitudou (čím vyšší - tím hlasitější zvuk). Jednotkou hlasitosti jsou dB (decibely).

Decibely jsou nazvány podle američana, který se jmenoval Alexander Graham Bell (1847 - 1922). Vynalezl telefon.

Barva zvuku je to, co odlišuje dva tóny stejné výšky (tón c zahráný na klavír, basovou kytaru a zazpívaný člověkem).

Ucho dělíme na zevní ucho, střední ucho a vnitřní ucho. Zevní ucho je složeno z boltce, ze zvukovodu a z bubínku. Bubínek je úžasně citlivý - zaznamenává prohnutí desetimiliontiny milimetru a tlaky.

Boltec má za úkol soustředit zvuk do zvukovodu. S výjimkou ušního lalůčku je z chrupavky. Na rozdíl od ostatních savců člověk boltcem takřka nedokáže pohybovat.

Zvukovod je asi 3 cm dlouhá tubice mezi boltcem a bubínkem. Zadní část zvukovodu je uvnitř spánkové kosti lebky.

Bubínek je poslední částí zevního ucha a tvoří tak hranici s uchem středním. Jeho citlivost je opravdu pohádkově vysoká. Kdybychom si každodenním používáním na sluch nezvykly, stěží tomu uvěříme. Vezměme jen okolnost, že třeba zvon v nějaké věži vydá zvuk, ten letí vzduchem 5 kilometrů a vyvolá vlnění vzduchu, které se projevuje střídavým stlačním a zředěním molekul vzduchu. Tato vlna nám vletí do ucha a – přestože má za sebou několikakilometrovou cestu, prohne nám bubínek . Jistě se dokážete představit, jak málo. Přesto to člověk zaznamená.

Bubínek zaznamená prohnutí 0,000 000 1 mm, což je asi tolik jako rozměr atomu!!! Při nejsilnějších zvucích je prohnutí bubínku asi 1 mm.

Střední ucho je dutina, kde jsou tři středoušní kůstky, kladívko (maleus), kovadlinka (incus) a třmínek (stapes). Tři středoušní kůstky jsou typickým znakem savců a jsou to jejich nejmenší kosti. Přenáší zvuk od zevního ucha (konkrétně od bubínku) k vnitřnímu uchu (konkrétně k oválnému okénku). Dutina středního ucha a nosohltanu je spojena tzv. Eustachovou trubicí.

Sluchové kůstky jsou od vnějšího k vnitřnímu uchu seřazeny v pořadí kladívko, kovadlinka, třmínek.

Jsou spolu kloubně spojeny, takže, když se rozpohybuje jedna kůstka, rozhýbe se i druhá. Kladívko je spojeno s bubínkem, třmínek je spojen s oválným okénkem hlemýždě. Oválné okénko je pružná blanka. Rozhýbáním bubínku se tedy přes středoušní kůstky přenesou na oválné okénko, které se taktéž začne prohýbat.

Přenosem po středoušních kůstkách se zvuk zesiluje asi 13 x.

Eustachova trubice spojuje dutinu středního ucha s nosohltanem, což je nejhořejší část hltanu. Umožňuje vyrovnávat tlaky před a za bubínkem. V klidu jsou stěny Eustachovy trubice přiložené k sobě a zprůchodní se například při zívnutí či polknutí. Všichni to asi známe z cestování. Po určité době nám „zalehnou uši“ – bubínek se nám například vyšším okolním tlakem prohne dovnitř a tak dobře neslyšíme. Když polkneme, otevře se Eustachova trubice, přes ní se vyrovná tlak i z vnitřní, středoušní strany, bubínek se díky rovnosti tlaků vně a uvnitř zase srovná do normálu a slyšíme normálně.

Vnitřní ucho je tvořeno tzv. hlemýžděm (cochlea). Je to útvar ve tvaru hlemýždí ulity s 2,5 závitů uvnitř skalní kosti neboli pyramidy, což je součást spánkové kosti lebky. Uvnitř kostěnného hlemýždě je tvarově podobný blanitý hlemýžď. Obě části jsou vyplněny tekutinou - kostěnný hlemýžď tzv. perilymfou, blanitý hlemýžď tzv. endolymfou. Blanitý hlemýžď rozděluje vnitřní prostor kostěnného hlemýždě na dvě patra – nad blan. hlem. je patro předsíňové, pod blan. hlem. je patro bubínkové.

Hlemýžď je taková chodba uvnitř skalní kosti, která je zkroucena do dva a půl závitů, takže připomíná ulitu hlemýždě. Od toho je také odvozen na první poslech podivný název. Uvnitř tvrdého kostěnného hlemýždě je umístěna jeho měkká, blanitá, zmenšená obdoba – tzv. blanitý hlemýžď.

Blanitý hlemýžď si tak trochu můžeme představit jako pytlík na určování směru větru na letištích a u dálnic, který „povlává“ uvnitř chodeb kostěnného hlemýždě.

Obojí hlemýžďové jsou vyplněny tekutinou. Jejich odborný název je vztažen k blanitému hlemýžďi. Kapalina kolem něj je perilymfa (peri = okolo, lymfa = kapalina), kapalina uvnitř je endolymfa (endo = vnitřní).

Důležité pro náš další výklad je fakt, že blanitý hlemýžď se vzadu kostěnného hlemýždě nedotýká, ale je tam mezera.

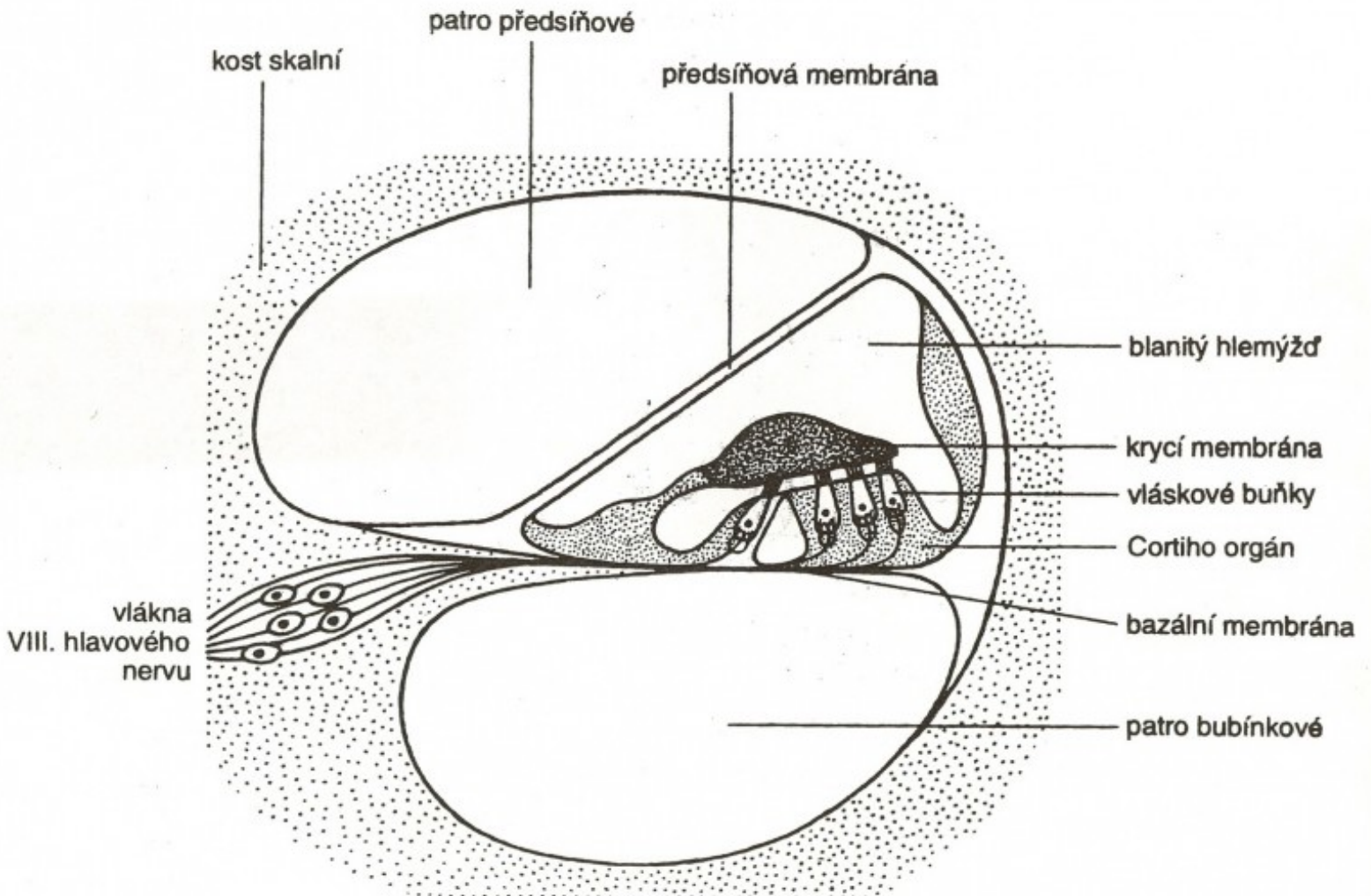
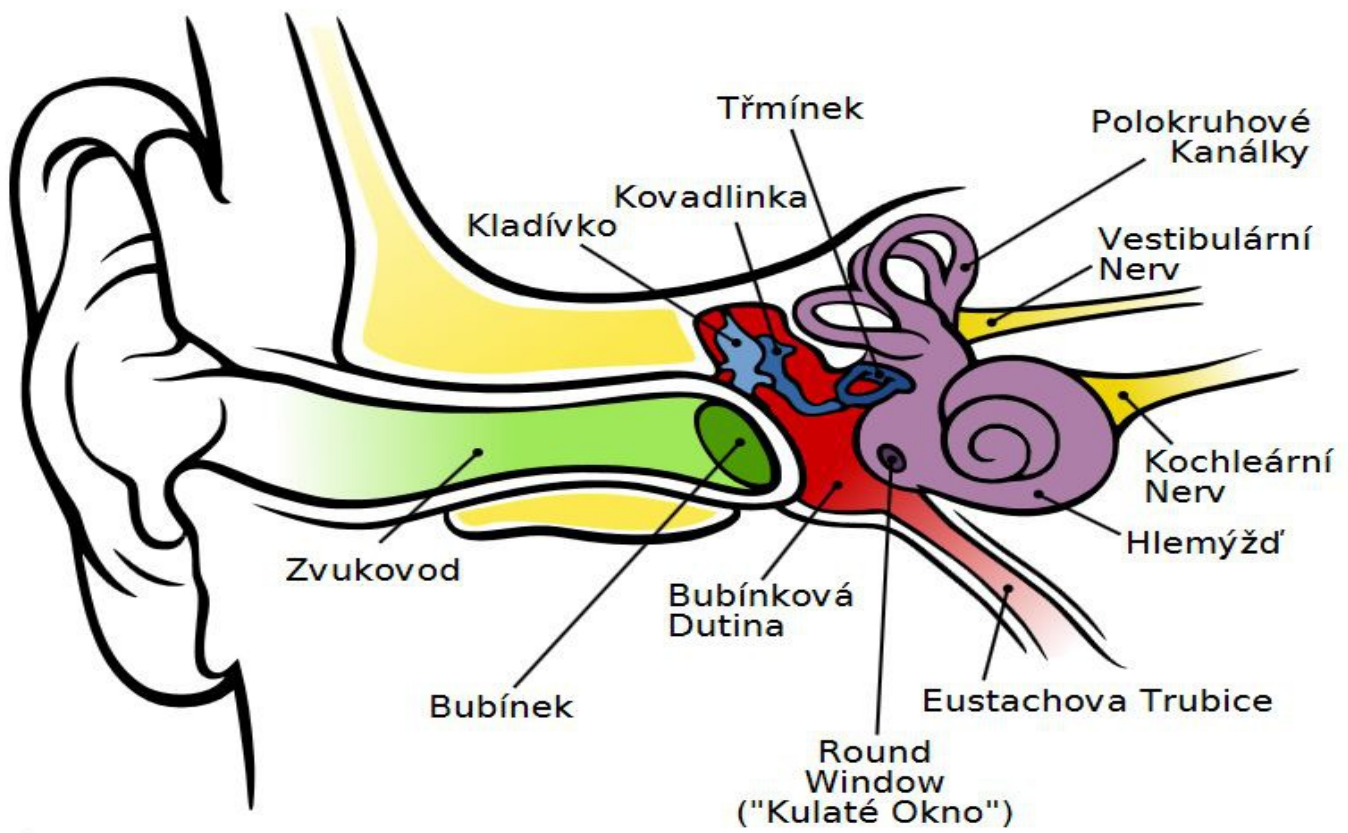
Pohyby středoušní kůstky třmínku rozvlní oválné okénko hlemýždě. Pohyby oválného okénka rozvlní perilymfu, která následně rozvlní i endolymfu. Pohyby oválného okénka jsou na jiném místě hlemýždě vyrovnávány opačnými pohyby tzv. kulatého okénka.

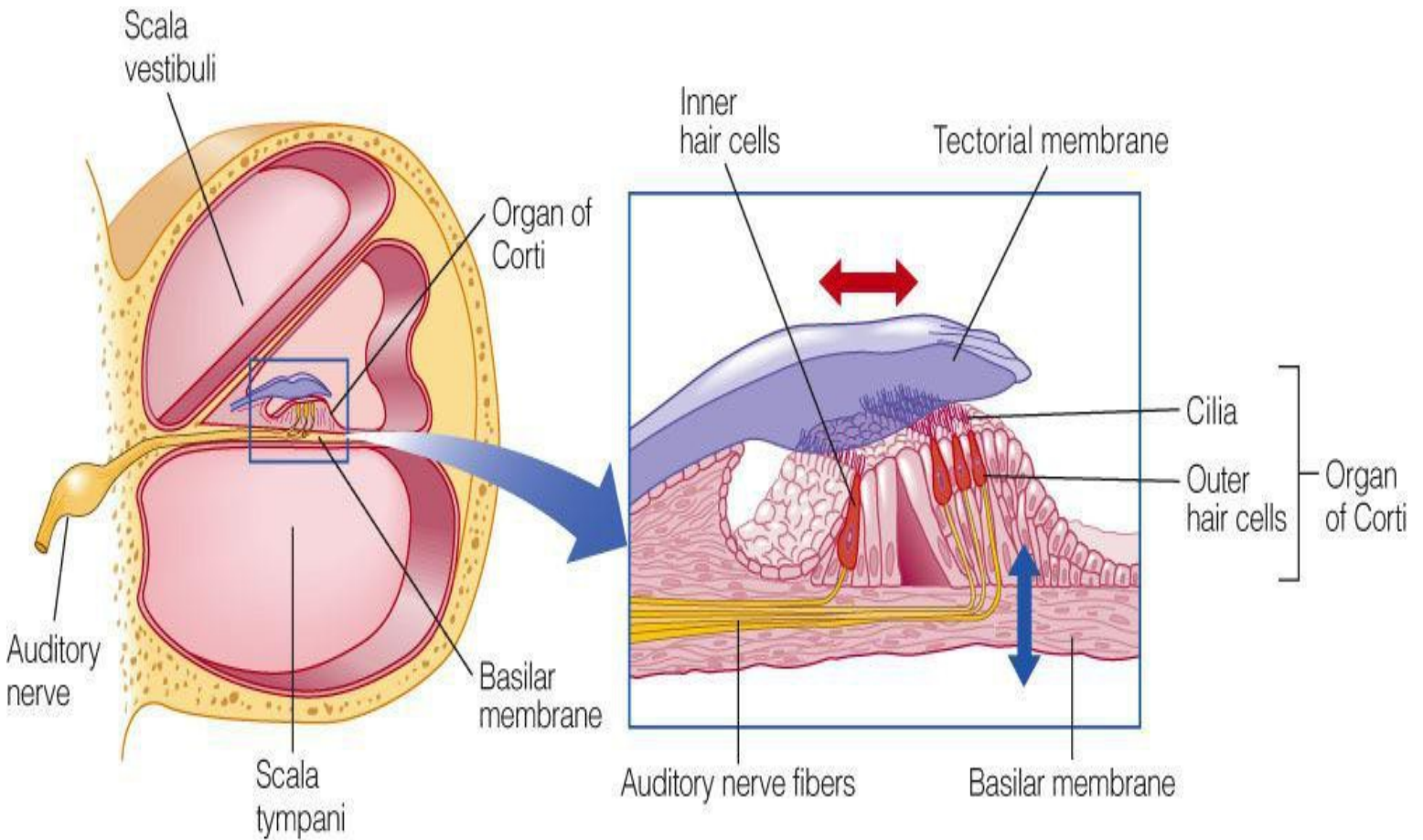
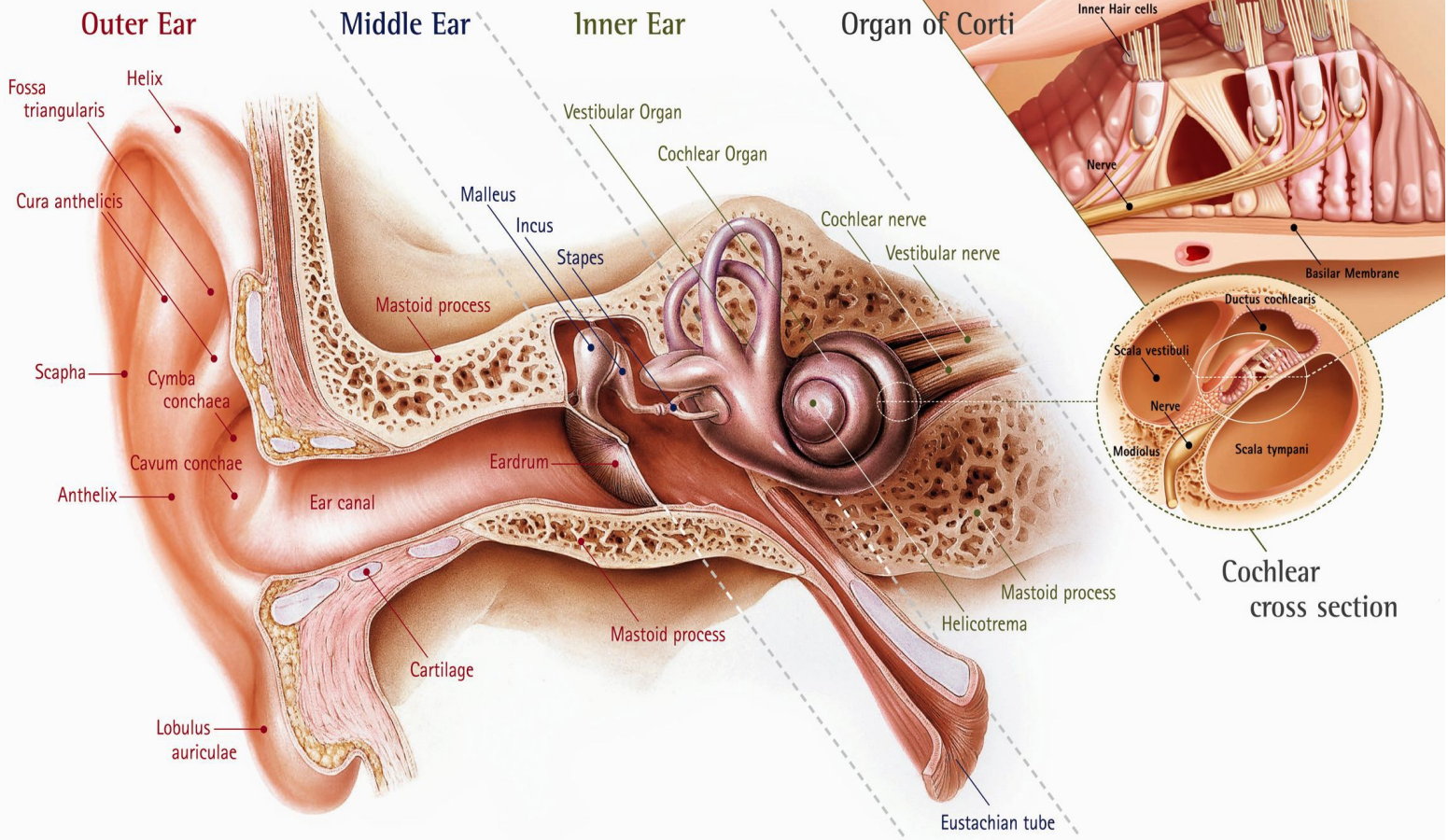
Cortiho orgán (čti kortiho) je orgán na dně blanitého hlemýždě, který slouží k vlastnímu vnímání zvuku. Skládá se z bazální membrány, z vláskových buněk a z krycí membrány.

Bazální membrána je zároveň i „dnem“ blanitého hlemýždě. Vláškové buňky dostaly svůj název podle toho, že z horního konce buňky vyčnívá asi 100 vláskovitých výběžků (tzv. cilie). Krycí membrána leží na ciliích vláskových buněk.

Vlněním endolymfy uvnitř blanitého hlemýždě dochází ke vzájemnému posunu bazální a krycí membrány. Protože jsou cilie vláskových buněk vrostlé do krycí membrány, vzájemným posunem těchto membrán dojde k ohybu cíl vláskových buněk. Tento ohyb vyvolá elektrické změny, které jsou přeneseny do mozku, který je vyhodnotí jako nějaký zvuk.

Vnímání zvuku je vyvoláno mechanickým způsobem – ohnutím cíl vláskových buněk, proto ucho patří mezi mechanoreceptory. Vláškové buňky Cortiho orgánu jsou fantasticky citlivé. Zaregistrují i tak malé výchylky cíl, které dosahují hodnot desetimilióntiny milimetru a jsou přibližně stejné jako průměr atomu vodíku.





(a)

(b)