

Jak vlastně slyšíme? A jak funguje ucho? -

Napsal/a: Žirafka

Datum zveřejnění: : 19. 11. 2008 v 16:00

V této části našeho seriálu se podíváme pod pokličku sluchu. Podíváme se, jak celý tento systém funguje, z čeho se skládá a jak vlastně funguje.

Předpokládám, že všichni čtenáři vědí, co to je zvuk a jak se šíří. Proto začnu až v okamžiku, kdy zvuková vlna dorazí k člověku a ten ji zachytí.

Zvuková vlna, šířící se prostorem, je částečně zachycena boltcem a tím nasměrována do vnějšího zvukovodu. Zvukovod společně s boltcem fungují jako jednoduchý zesilovač a zároveň filtr frekvencí. Na konci vnějšího zvukovodu se nachází bubínek a tady začíná vlastní děj slyšení.

Po dopadu zvukové vlny na bubínek se tento rozkmitá ve stejném rytmu, se stejnou frekvencí, jako měla zvuková vlna. Bubínek tedy slouží jako mikrofón a zároveň odděluje vnější svět od středního ucha a tím brání jeho poškození.

Na bubínek navazují tři, notoricky známé, kůstky: kladívko, kovadlinka a třmínek. Jsou to nejmenší kůstky v těle, ale jsou nejvíce v pohybu. Pohybují se 24 hodin denně. Tato soustava kůstek se nazývá převodní systém a funguje jako transformátor impedance přizpůsobující nízkou impedanci vzduchu vysoké impedanci kapaliny ve vnitřním uchu. Pokud by zvuková vlna dopadala přímo na hladinu tekutiny vnitřního ucha, prakticky celá její energie by se odrazila zpět. Převodní systém provede imedanční přizpůsobení a tím nedochází k odrazům energie. Funguje to podobně, jako přizpůsobení VF kabelů k anténě nebo přijímači. Bez přizpůsobení také dochází k odrazům.

Druhou částí převodního systému jsou dva tenké svaly, jsou to nejtenčí svaly v těle, sloužící k regulaci tuhosti převodního systému a tím k regulaci jeho přenosu. Jeden je připojený ke kladívku a druhý ke třmínku. Pokud je dopadající zvuk příliš silný, dá mozek pokyn těmto svalům ke stažení a tím se zmenší přenos energie z bubínku do vnitřního ucha.

Třetí částí převodního systému je Eustachova trubice, spojující střední ucho s nosohltanem. Ta zajišťuje vyrovnávání tlaku vzduchu před a za bubínkem. Pokud dojde k jejímu uzavření (rýma), tak je za bubínkem jiný tlak než před ním a bubínek se může pohybovat méně, protože jej rozdíl tlaků napíná. Z toho důvodu pak člověk hůře slyší. Eustachova trubice není trvale průchozí, ale otevírá se jen při polykání nebo podobných pohybech svalů. Snad každý zná pocit „zalehnutého ucha“ když jede rychle z nebo do kopce. Tento jev je způsobený právě tím, že nedošlo k vyrovnání tlaků před a za bubínkem a proto je bubínek napnutý. Při polknutí se Eustachova trubice otevře a tlaky se vyrovnají.

Třmínek nasedá na oválné okénko vnitřního ucha a tady začíná onen zázrak slyšení. Oválné okénko je blanka, oddělující střední a vnitřní ucho, zadržující kapalinu uvnitř vnitřního ucha a chránící vnitřní ucho před nebezpečím z vnějšku. Zvuková vlna, která dorazila z vnějšího prostředí, přes převodní systém až sem, se promění v kmitání kapaliny vnitřního ucha.

Jednou z částí z částí vnitřního ucha je hlemýžď. Ten se dále dělí na hlemýžď blanitý a kostěný. Tento orgán dostal svůj název podle nápadné podobnosti s hlemýžďem skutečným. Kostěný hlemýžď chrání citlivé ústrojí uvnitř před poškozením a také určuje jeho tvar. Blanitý hlemýžď je dále rozdělený na tři části: horní, střední a vnitřní. Hlemýžď má celkem 2,5 závitů

Cortiho orgán je vlastní smyslové ústrojí sluchu. V Cortiho orgánu se mění mechanické vlnění zvukové vlny na elektrochemický signál pro mozek. Cortiho orgán je tvořený smyslovými vláskovými buňkami. Ty jsou uloženy uvnitř blanitého hlemýžďe, ve střední části, v několika řadách. Mají na

jedné straně „vlásky“, cilie, a na druhé sluchový nerv. Vlásokových buněk je přibližně 23 až 25 000. Vlázky i vlastní buňky jsou spojené s blánami, dělíci blanitý hlemýžď.

Nyní malý pokus: Pokud rozkmitáme kapalinu v misce nízkou frekvencí, vznikne první vlna v určité vzdálenosti od místa kmitání. Pokud se kmitočet bude zvyšovat, vznikne první vlna blíže, pokud kmitočet klesne, vznikne dále. První vlna je navíc největší ze všech, má největší amplitudu.

Kapaliny ve vnitřním uchu se chová zcela stejně.

V místě první vlny nastane deformace blan a tím dojde k podráždění vláskových buněk v této oblasti. Podrážděné buňky pošlou do mozku signál a ten podle jejich umístění ví, jaká frekvence způsobila tento podnět. Buňky reagující na vysoké frekvence jsou umístěné u oválného okénka (základna hlemýžďe, base). Čím dále od oválného okénka buňky jsou, tím nižší frekvence je potřeba k jejich podráždění.

Obr.1: Principiální schéma vnitřního ucha

Na obrázku je vidět princip. Vlaskové buňky jsou označené barevně. Zvuková vlna vstupuje oválným okénkem do horní části. Dále postupuje do střešní části a z té pak ještě do dolní. Vlna postupně deformuje všechny membrány, ale když zdeformuje bazální membránu dojde k pohybu vláskových buněk nahoru nebo dolů. Membrana tectoria funguje jako hydrodynamická brzda a proto se pohybuje o něco pomaleji. V místě deformací bazální membrány proto dojde k „zatahání za ocásek“ u vláskové buňky a ta o tom pošle signál do mozku. Skutečnost je podstatně složitější, už proto, že celý tento systém je stočený do tvaru hlemýžďe. Pak jsou zde ještě buňky zajišťující výživu buněk vláskových, dále podpěrné buňky, buňky, kde se tvoří kapalina... ale v principu to funguje podle výše uvedeného popisu.

Spodní část hlemýžďe končí na okrouhlém okénku. Jak všichni víme, kapalina je nestlačitelná a nebýt okrouhlého okénka, tak by se kapalina nemohla pohybovat a tím by nemohlo dojít k dráždění vláskových buněk. Okrouhlé okénko také tvoří zakončení celého vedení a tím zabraňuje odrazům.

Kapaliny vnitřního ucha jsou celkem dvě: Endolymfa, nacházející se ve scala media, a perilimfa, jenž je obsažena ve scala vestibuli a tympani. Liší se od sebe chemickým složením, hustotou a tím i mechanickými vlastnostmi.

Kapaliny ve vnitřním uchu se mohou rozkmitat i jinak, než jenom pohybem převodního systému. Může za to kostní vedení při kterém se zvuk dostane k hlemýždi vedením přes kosti lebky. Můžete si to sami vyzkoušet, přiložit ladičku doprostřed čela a rozeznít ji. Normálně slyšící člověk bude slyšet tón v obou uších. Je to právě tím, že kmitání ladičky se přenáší přes lebku přímo na kostěný hlemýžď a z něj dále do kapalin. A když se kapaliny chvějí, chvějí se i membrány a vláskové buňky posílají informace do mozku. I to nejdokonalejší ucpání uší, nebo zničení převodního systému, způsobí pokles vnímání zvuku asi o 60dB, ale nikdy nezpůsobí úplnou hluchotu. Proto si člověk nemůže vyzkoušet jaké to je neslyšet nic.

Pokus: zkuste si zacpat co nejdokonaleji obě uši a být v tiché místnosti. Uslyšíte neskutečné zvuky, způsobené dýcháním a pohybem svalů a hlavně kloubů. Normálně tyto zvuky neslyšíme, protože jsou překryté zvuky z okolí. Ale pokud jsou okolní zvuky výrazně ztlumené, tak začneme vnímat i to, co normálně nevnímáme.

Většina lidí si myslí, že sluchový nerv je pouze jednosměrný. Že vede pouze signály z vnitřního ucha směrem do mozku. Ale navzdory tomuto tvrzení je ve sluchovém nervu určitý počet nervových vláken vedoucích pokyny z mozku právě do vnitřního a středního ucha. Tyto signály dávají pokyn svalům převodního systému a vláskovým buňkám k regulaci citlivosti. Další druh nervových vláken

slouží k vedení bolesti. Pokud hladina zvuku přesáhne určitou velikost, dojde k aktivaci těchto vláken a zvuk pak opravdu bolí. Kdo to nezažil, těžko uvěří a pochopí. Kdo zažil, tak ví, o čem mluvím. Je to opět ochrana sluchu před poškozením. Když člověka zvuk bolí, tak jej tato bolest prostě donutí odejít někam stranou, tam, kde je hluk menší.

Ve vnitřním uchu je ještě jeden orgán – rovnovážné ústrojí, které slouží k regulaci rovnováhy těla. Má podobný princip jako sluch, a sluch z něj také vývojem vznikl, ale pro slyšení není toto ústrojí důležité. Případné zájemce proto odkazuji jinam.

Vlastností vláskových buněk je to, že jsou mimořádně citlivé na nedostatek kyslíku a také to, že nemají schopnost regenerace. Pokud tedy dojde ke zničení vláskové buňky, je tato již nenávratně ztracena bez možnosti její opravy. Citlivost na nedostatek kyslíku zase způsobuje to, že dítě přidušené při porodu, může mít poškozený i sluch.

Ačkoli jsou vláskové buňky chráněné zpětnou vazbou před poškozením, tak tato zpětná vazba nezabrání při dlouhodobém přetěžování hlukem jejich poškození. Sluch je velice důležitý orgán a je potřeba jej chránit a zbytečně jej nepřetěžovat a neničit hlasitým zvukem, hudbou a podobně. Nějakou dobu může fungovat kompenzační mechanismus, ale po nějaké době již dojde k poškození takovému, že je nemožné jej kompenzovat a potom nastanou potíže.

Na závěr si dovolím ještě jednou upozornit, že tento popis je výrazně zjednodušený a není určený pro studenty zdravotnických oborů. U zkoušek by tento popis asi nebyl dostačující 😊

Literatura:

Jindřich Mourek – Fyziologie, Grada 2005, ISBN 80-247-1190-7
Encyklopedie firmy Widex: <http://www.widex.cz>