

# Sluch

Sluch je smysl pro vnímání zvuku. Zvukové vlny jsou zachovány specializovanými mechanoreceptory. Sluch je vyvinut zejména u živočichů, kteří se mezi sebou dorozumívají pomocí zvukových signálů tj. u hmyzu a vyšších obratlovců. U hmyzu jsou sluchové orgány uloženy v tykadlech (komáři), na končetinách (cvrčci), nebo na hrudi (noční motýli). Člověk, jako živočišný druh má málo nepřátel, nepotřebuje mít velmi citlivý sluch. Proto jsou naše uši malé, ploché a nepohyblivé. Slouží nám hlavně pro zachycování zvuků pocházejících z různých směrů. Receptory pro vnímání zvuku u ryb jsou uloženy zejména v postraní čáře. Orgánem sluchu u vyšších obratlovců je ucho. Intenzita zvuku je kódována frekvencí vzruchů v daném nervovém vlákne. Vyšší frekvence (tj. ultrazvuk ) vnímají například delfíni, psi, netopýři.

Podnětem pro sluch jsou zvukové vlny= podélné kmitání molekul vzduchu. Sluchem jsme schopni rozeznat zvuky a tóny, jejich intenzitu, výšku, zbarvení, směr, odkud přicházejí. Člověk slyší a rozlišuje tóny od kmitočtu 16Hz až 16000 – 20000Hz. Maximální citlivost sluchu je pro tóny okolo 1000 až 3000Hz. Vědci měří hlasitost zvuku v decibelech. Zvuky okolo 90 – 100 dB mohou sluch poškodit.

## Popis ucha

Ucho je ústrojí sluchu a rovnováhy. Má tři části: zevní ucho, střední a vnitřní ucho.

**Zevní ucho:** Má za úkol zachytit zvukové vlny a dovést je k bubínku. Zevní ucho tvoří ušní boltec, chrupavčitá struktura s množstvím záhybů, vystupující po obou stranách hlavy, a zevní zvukovod (trubice dlouhá asi 2,5cm). Je vystlán jemnou kůží s četnými mazovými žlázami. Proti střednímu uchu je zvukovod uzavřen bubínkem (pružná asi 0,1mm silná a 1cm velká blána).

**Střední ucho:** Dutina ve spánkové kosti spojená Eustachovou trubicí, která pokrývá i tři kůstky-kladívko, kovádlíku a třmínek. Kladívko je svým držátkem přirostlé k bubínku, oblou hlavičkou je kloubně spojeno s kovádlíkem a ta je napojena na třmínek, který je zasazen do oválného okénka kosti skalní. Mezi plochou bubínku (50-90mm<sup>2</sup>) a malou ploškou třmínku (3mm<sup>2</sup>), kterou vyplňuje oválné okénko, je velký nepoměr. Kůstky tvoří systém pák, který pohyby bubínku takto koncentruje na malou plochu a dosahuje tím až třicetinasobné zvětšení síly kmitu.

**Vnitřní ucho:** je uloženo v dutinách skalní kosti, které se souborně označují jako kostěný labyrint, skládající se ze třech polokruhovitých kanálků, z předsíně a hlemýždě. Do předsíně vedou ze středoušní dutiny dvě okénka: oválné, do něhož je zasazen třmínek a kulaté, uzavřené tenkou vazivovou blánou. Dutiny kostěného labyrintu jsou vyplněny tekutinou – perilymfou, v níž je vlastní smyslový orgán – blanitý labyrint, tvořený dvěma váčky: vejčítým se třemi polokruhovitými chodbami a váčkem kulatým, na který se napojuje hlemýžď. Blanitý labyrint je vyplněn tekutinou – endolymfou.

**Hlemýžď:** Je to vazivová, slepě končící trubička, tvořící 2,5 závitů. Je dělen dvěma membránami – vestibulární a bazilární membránou na tři části, horní a dolní prostor. Střední prostor nedosahuje až docela do vrcholu, horní a dolní prostory jsou tam spolu spojeny. Perilymfa přechází tedy ve špičce hlemýždě z horního prostoru do dolního. Oválné okénko je tedy vstupem do horního prostoru. Nad vlákna sluchového nervu, vybíhajícími daleko z bazilární membrány, jsou umístěny řasnaté buňky, tvořící sluchové receptory.

**Cortiho orgán:** soubor struktur v přepážce hlemýždě středního ucha. Nejdůležitější součástí jsou vláskové buňky (sluchové receptory), v nichž dochází k převodu mechanické energie zvukových vln na elektrický signál. Ten je z vláskových buněk předáván transmitterem na vlákna sluchového nervu.

## Vedení zvukových vln

Boltec -> zvukovod -> bubínek -> kladívko -> kovadlinka -> třmínek -> oválné okénko -> perylymfa hlemýždě -> Cortiho orgán s vláskovými buňkami -> sluchový nerv -> mozek

**Kmity kůstek:** převodem se kmity zesílí až 30x, nepřesáhnou výkyvy třmínku 1/20mm. Přenos kmitu kůstkami je mechanicky bezvadný: kůstky přestávají kmitat takřka současně se skončením zvuku, není tu žádný „dozvuk“. Tak dokonalé tlumení se docílí tahem dvou malinkých středoušních svalů. Jeden se upíná na držátka kladívka a druhý na třmínek. Oba táhnou dovnitř středního ucha a tím celou převodní soustavu kůstek pružně tlumí. Kromě toho hlasité zvuky vyvolávají reflektorický stah těchto svalů, což je ochranou před poškozením vnitřního ucha silným zvukovým nárazem. Je to reflex velmi rychlý. Uskuteční se během 1 až 2 setin sekundy.

Kmity zvuků přecházejí zvukovodem, rozkmitají bubínek a sluchovými kůstkami se přenesou na oválné okénko. Kmity oválného okénka se přenášejí tekutinou (perilymfou) horního prostoru hlemýždě a v určitém místě blanité přepážky středního prostoru vyvolají maximální vzduť (při běžné řeči se rovná zlomku miliontiny mm). Kulaté okénko svými výkyvy vyrovnává kmitání tekutiny v hlemýždi.

## Vláskové buňky

(v každém uchu se jich nachází necelých 25 000, kdežto nervových vláken je v každém sluchovém nervu asi 30 000 i více)

Jsou to podlouhlé buňky spočívající dolními konci na bláně, která odděluje střední prostor od spodního. Horní konce vláskových buněk jsou zanořeny do pevné blány, která je svrchu kryje. Vlázky touto blánou pronikají a ční svými konci do další pružné, jakoby rosolovité přepážky, která leží nad pevnou blánou a odděluje tak vlázky od vlastního středního prostoru. Vlákná sluchového nervu se bohatě větví kolem každé vláskové buňky. Tento vlastní sluchový orgán se rozkládá po celé délce středního prostoru.

Vláskové buňky mění zvukové vlny na elektrické impulzy. Kmity stěny středního prostoru se přenesou na pevnou blánu, která kryje vláskové buňky a ta se tak posouvá vůči rosolovité přepážce, jež leží nad ní. Tím se ohýbají konce vlásků, které jsou do rosolovité přepážky zanořeny. Dál už jdou jen impulzy elektrické. Pro přeměnu zvukových vln na elektrické signály je využito rozdílu v rozložení iontů. Střední prostor blanitého hlemýždě má proti hornímu a dolnímu prostoru stálý klidový potenciál, který můžeme snímat mikroelektrodou. Také rozložení iontů je tu obdobné jako v nervové buňce: velká převaha iontů draslíku (K<sup>+</sup>) a nedostatek iontů sodíku (Na<sup>+</sup>). V horním a dolním prostoru je iontové rozložení obrácené, což odpovídá iontovému složení typickému pro mezibuněčnou tekutinu. Tyto rozdíly jsou nezbytné, mají-li vláskové buňky vůbec fungovat. Kdyby byla tekutina ze středního prostoru mikropipetou odsáta a nahrazena tekutinou z horního a dolního prostoru, vláskové buňky by byly nenávratně zničeny. I v hlemýždi udržuje iontová pumpa rovnováhu. Ohýbáním vlásků vzniká tzv. mikrofonní potenciál, můžeme jej snímat mikroelektrodou zavedenou do středního prostoru. Získáme tak slabounký elektrický proud, který reprodukuje přesně zvukové vlnění přicházející do ucha. I ze sluchového nervu v blízkosti hlemýždě můžeme tento proud snímat, dokonce i krátký čas po smrti zvířete, kdy klidový potenciál a ostatní nervová činnost už dávno vymizely.

## Výška tónu

Krátké vlny (vysokého kmitočtu čili vysoké tóny) dosáhnou nejvyššího rozkmitu blízko oválného okénka. Čím delší je vlna (čím nižšího kmitočtu nebo čím hlubší je tón), tím blíže k vrcholu hlemýždě je její maximum. V místě největšího rozkmitu jsou nejvíce drážděny vláskové buňky. Vlnění z horního a dolního prostoru přenáší na tekutinu středního prostoru, jehož dolní blána se pak nejvíce vychýlí v místě maxima postupující vlny. V tomto místě je největší ohyb vlásků a nejvýraznější podráždění příslušné vláskové buňky. A tak výšku vnímaného tónu určuje to, jak daleko od oválného okénka jsou vláskové buňky nejvíce podrážděny: čím blíže k němu, tím vyšší tón je vnímán, čím dále, tím hlubší.

## Hlasitost zvuku

Slabý zvuk vyvolává vzruch jen v malém počtu vláken (v místě nejvyššího rozkmitu membrán středního prostoru hlemýždě). Při zvětšující se hlasitosti zvuku jsou vzruchy v příslušných vlákních sousedních. Nejslabší zvuk, který ještě slyšíme, byl mezinárodní dohodou stanoven za nulový bod decibelové stupnice hlasitosti (10 dB). U pokusných zvířat se po dlouhodobém ohlušování objeví značný úbytek vláskových buněk a nervová vlákna sluchového nervu vykazují zvýšený práh dráždivosti. Vlákná sluchového nervu procházejí spodinou mozkovou a podkorovými centry přes několik synapsí. Ty představují jakási relé, ve kterých se mění kód elektrických informací (impulsů). Do mozku přicházejí jen shluky elektrických impulsů, oblasti mozkové kůry k tomu určené je musí vyluštit a vytvořit podle nich zvukový obraz.

## Sluch zvířat

Echolakace: způsob orientace některých živočichů v prostředí. Využívají ji druhy s noční aktivitou nebo žijících v jeskyních či v kalné vodě (např. Některé druhy ryb, ptáků, savců- hmyzožravci, netopýři, delfíni). Živočich vydává zvuky (zpravidla ultrazvuky) a zachycuje jejich ozvěnu (echo), tj. Signál odražený od předmětu v prostoru.

Psi: různá plemena psů slyší různě. Většina plemen má velké ušní boltce. Ty jsou ovládány sedmnácti svaly, které umožňují jejich vzpřimování a natáčení tak, aby zachycovaly zdroj Každého zvuku. Sluch psa může registrovat až 35kHz a je tak citlivý, že odliší dva metronomy, z nichž jeden tiká stokrát a druhý šestadevátkrát za minutu. Pes také dovede své vnitřní ucho uzavřít tak, aby za všeobecného hluku oddělil ty zvuky, na které se chce soustředit. Psi se vzpřímenýma ušima (např. Německý ovčák) mohou uši natáčet a tak zjišťovat směr zvuku. Psi s dlouhýma ušima ( např. Bladhaund) tuto schopnost nemají. Není známo, proč mají někteří psi dlouhé uši. Snad Byla tato vlastnost vyšlechtěna u loveckých psů pohybujících se v hustém podrostu, protože dlouhé ušní boltce zabraňují vniku cizích těles do zvukovodu. Jiná domněnka je, že dlouhé uši usměřňují pachové vjemy, které přicházejí ze země.

Ostatní zvířata: Kůň: má 17 svalů, které jsou schopny pohybovat ušima

Kočka: Vnímá zvuky o výšce až 25 kHz společně s morčetem vnímá zvuky desetkrát tišší než člověk

Delfíni a netopýři: Dorozumívají se ultrazvukem.

**Zdroj:** <http://referaty-seminarky.cz/sluch-sluchovy-organ-ucho/>