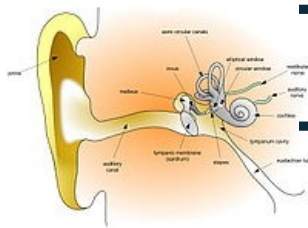


Sluch

Úvod do problematiky



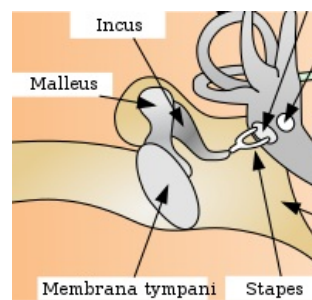
- **Sluch** je jedním z pěti smyslů, založený na percepci (zpracování a vedení) akustických (zvukových) podnětů. Jeho podstatou je transformace mechanických zvukových vln na elektrické akční potenciály.
- **Zvuk** je mechanické vlnění vyvolané nějakým vnějším činitelem, vyskytující se ve formě podélné vlny na základě střídavého zahuštění a zředění molekul v okolí původce podnětu (tj. kolísání akustického tlaku). K zobrazení zvukové vlny užíváme jejích vlastností: **amplitudy** a **vlnové délky**.
- **Amplituda** je maximální výchylka akustického tlaku. Udává sílu zvuku (přímo úměrně): čím vyšší amplituda, tím silnější zvuk.
- **Vlnová délka** je úsek vlny, který se periodicky opakuje. Je nepřímo úměrná frekvenci. Udává výšku tónu (nepřímo úměrně). Čím větší frekvence, tím vyšší tón. (Čím větší vlnová délka, tím nižší tón.)



Střední ucho

Zevní ucho

Zvuková vlna je zachycena **ušním boltcem** a beze změny vedena **zevním zvukovodem** až k **bubínku**, který funguje jako rezonátor.



Sluchové kůstky

Střední ucho

Popis

Ve středoušní dutině se nachází **3 sluchové kůstky**, vzájemně kloubně spojené: **kladívko** (malleus), **kovadlinka** (incus) a **třmínek** (stapes), dále svaly **m. tensor tympani** (úpon na kladívko, inervace z N. V.) a **m. stapedius** (úpon na stupátko třmínku, inervace z N. VII.). Kladívko je připojeno k bubínku, kloubně spojeno s kovadlinkou. Kovadlinka je spojena s třmínkem, jehož stupátko přiklápí a odklápí **fenestra ovalis** do prostoru vnitřního ucha, konkrétně scala vestibuli hlemýždě. Vnitřní ucho vyúsťuje kochleární scala tympani zase zpět do středouší druhým okénkem, **fenestra rotunda**, které leží těsně pod fenestra ovalis.

Princip

Sluchové kůstky působí jako **pákový systém**, jenž přenáší vibrace bubínku na pohyby stupátka třmínku proti fenestra ovalis. Jelikož přechodem ze středního do vnitřního ucha se změní prostředí, kudy vlna prochází, z plynného (ve středouší) na kapalné (perilymfa a endolymfa v hlemýždě vnitřního ucha), přičemž kapalné prostředí vyvíjí zvukové vlně mnohem větší odpor, **je třeba zvýšit tlak**, jímž zvuková vlna vtrhne do vnitřního ucha. To se děje mechanickou úpravou vzduchu:

- **poměrem plochy bubínku (velká plocha)** a fenestra ovalis (malinká ploška);
- **nerovnoramenností pák sluchových kůstek** (kladívko je delší než výběžek kovadlinky).

Následkem toho se tlak zvukové vlny zvýší (asi 22×) a amplituda sníží.

Tympanický reflex

Jedná se o zvýšení tuhosti a odporu převodního systému ve středoušní dutině (a tím snížení vedení zvuku) při současném stahu m. tensor tympani a m. stapedius; vzniká jako ochranný reflex na základě hlasitých zvuků o nízké frekvenci, např. výbuchu. Chrání sluchové receptory před nadměrnou stimulací příliš silnými zvukovými vlnami.

Vnitřní ucho

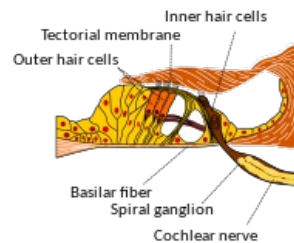
Popis

Ve vnitřním uchu se jako sluchově relevantní (nachází se tu ještě vestibulární aparát, tomu se ale nebudeme věnovat) vyskytuje kostěný hlemýžď, zvnitřku kopírovaný hlemýžďem membranózním (stočená membranózní trubice uvnitř stočené kostěné trubice), vyplněný tekutinou.

Hlemýžď (cochlea) je tvořen dvěma a půl závitů stočené trubice, podélně rozdělené na tři části: **scala vestibuli**, **ductus cochlearis** a **scala tympani**. Scala vestibuli začíná za fenestra ovalis a v apexu hlemýžďe kontinuálně přechází ve scala tympani, jež ústí do fenestra rotundum. Vnitřní komoru tvoří ductus cochlearis, jenž v apexu hlemýžďe slepě končí. Ductus cochlearis je od scala vestibuli oddělen **Reissnerovou** a od scala tympani **bazilární membránou**. V ductus cochlearis jsou na bazilární membránu posazeny buňky **Cortiho orgánu**, kromě jiných také **vnější** (laterálně) a **vnitřní** (mediálně) **vláskové buňky**, senzory akustického podnětu. Vnější buňky jsou zanořeny do taktoriální membrány, kryjící Cortiho orgán svrchu. Vnitřní vláskové buňky nejsou s taktoriální membránou pevně spojeny.

Princip

Zvuková vlna přicházející z fenestra ovalis rozvlní tekutinu ve scala vestibuli. Jelikož je scala vestibuli kryta (vůči ductus cochlearis) poddajou Reissnerovou membránou, rozvlní i tu a následně i membránu bazilární. Tímto způsobem vlna postupuje hlemýžďem dál- nazýváme ji **postupnou vlnou**. Kvůli vlastnostem bazilární membrány se rychlost postupu se vzdáleností od fenestra ovalis snižuje, amplituda vlny ale naopak roste, až dosáhne v určitém místě maxima, aby pak rychle opadla. Místo, kde zvuková vlna dosáhne maximálního vyklenutí membrán (maximální amplitudy), závisí na frekvenci této zvukové vlny. Čím vyšší frekvence, tím dříve (tzn. tím blíže k fenestra ovalis) dosáhne maxima. Takovéto místo dosažení maximální amplitudy je pro jednotlivé frekvence charakteristické; principu, v němž je každé frekvenci přiřazeno určité místo maxima amplitudy, se říká **princip tonotopie**. Znamená to, že z určitého konkrétního místa vedou do mozku aferentní nervová vlákna zvukovou informaci o jediné frekvenci. **Analyzátorem frekvencí** zvukových vln je bazilární membrána- ta určí, ve kterém místě vlna dosáhne maxima.



Cortiho orgán

Vláskové buňky

V místě dosažení maximální amplitudy se bazilární membrána vyklene také maximálně. Svým vyklenutím posouvá vůči sobě taktoriální membránu a změní směr stereocilií vnějších vláskových buněk (VB), které jsou do taktoriální membrány zanořeny. Tím se vnější VB depolarizuje: otevírá kationtové kanály a dochází k influxu draselných, sodných a vápenatých kationtů. Současně s tím se vnější VB zkracuje. Následuje ohnutí cílů v protisměru, buňka se hyperpolarizuje a prodlouží na původní délku. Tímto způsobem působí **vnější VB** jako **kochleární zesilovač** zvuku (zvyšuje amplitudu) – zesílená vlna přechází k vnitřním VB. Ty mají za úkol převést zpracované mechanické vlnění za pomoci chemických procesů na elektrickou energii – akční potenciál. Tato transformace, kterou **vnitřní VB** provádí, se nazývá **transdukce**. Princip depolarizace je zde stejný: stereocilie vnitřních VB drážděny tekutinou mění směr, otevírají iontové kanály, a tím se depolarizují. Následkem toho uvolňují transmitery, tím vznikne na zakončeních přilehlých aferentních vláken nervový impuls, který je veden do vyšších etází (do mozku). Vnější VB jsou obklopeny eferentními zakončeními a jejich funkcí je modulace (zesílení) zvukové vlny. Vnitřní VB jsou obklopeny aferentními zakončeními bipolárních neuronů z ganglion spirale a jejich funkcí je transdukovat mechanickou energii na energii elektrickou.

Souhrn

1. rozkmitání bazilární membrány;
2. posun taktoriální membrány vůči membráně bazilární;
3. změna směru stereocilií vnějších VB;
4. otevření iontových kanálů a zkrácení vnější VB = depolarizace vnějších VB;
5. zesílení zvuku vnějšími VB;
6. dráždění stereocilií vnitřních VB pohybem tekutiny ductus cochlearis;
7. změna směru stereocilií vnitřních VB;
8. otevření iontových kanálů a uvolňování transmiteru = depolarizace vnitřních VB;
9. na synapsi s aferentním vláknem vznik elektrického impulsu.

Odkazy

Související články

- Nervus vestibulocochlearis
- Vývoj sluchového a rovnovážného ústrojí
- Klasifikace sluchových poruch
- Práh sluchu a sluchové pole
- Vyšetření sluchu. Rozdělení základních poruch podle audiogramu

Externí odkazy

- Sluch (česká wikipedia)
- Hearing (sense) (anglická wikipedia)

Použitá literatura

- Silbernagl, S., Despopoulos, A. : Atlas fyziologie člověka. Grada Publishing, a. s., Praha 2004, 6. vyd.

- Trojan, S. a kolektiv: Lékařská fyziologie. Grada Publishing, a. s., Praha 2003, 4. vyd.
- Ganong W.F.: Přehled lékařské fyziologie. Galén, Praha 2005. 20. vyd.