

# Audiometrie (2. LF UK)

## Audiometrie

Audiometrie je diagnostická metoda, sledující poruchy sluchových funkcí, pomocí které může lékař určit míru ztráty sluchu. Podle zjištěného typu sluchového postižení může potom i zčásti určit jeho příčinu. Rozdělujeme audiometrii subjektivní a objektivní. Audiometrie **subjektivní**, která je předmětem praktika, spoléhá na údaje poskytnuté pacientem, tak jak pacient tóny vnímá a následně je signalizuje. Existuje také audiometrie **objektivní**, používaná v případech vysokého věku pacienta či jeho nedostačujícího duševního stavu, kdy se snímají biochemické signály.

## Teoretický úvod

### Akustika

**Akustikou** byla původně nazývána nauka o zvuku slyšitelném lidským uchem, tedy o zvuku ve frekvenčním rozsahu přibližně 16–20000 Hz. V širším pojetí akustika zahrnuje i **oblast infrazvuku**, mající frekvence do 16 Hz, a **oblast ultrazvuku**, kam patří vlny o frekvencích vyšších než 20 000 Hz. Pod pojmem zvuk nerozumíme jen sluchový vjem sluchového orgánu, ale i jeho vnější příčinu, kterou můžeme popsat jako uspořádaný kmitavý pohyb částic prostředí, kterým se zvuk šíří, např. molekul plynu, kapaliny nebo atomů pevné látky.

	veličina	symbol	jednotka	rozsah hodnot
objektivní	akustický tlak	$p$	Pa	$2 \cdot 10^{-5}$ –60
objektivní	intenzita zvuku	$I$	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$	$10^{-3}$ –10
objektivní	hladina intenzity zvuku	$L$	dB	–10–130
subjektivní	hladina hlasitosti	$\Lambda$	Ph	–10–130

**Intenzitu zvuku** můžeme vyjádřit různými veličinami:

- Intenzita zvuku  $I$  ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) vyjadřuje velikost akustického výkonu, který prochází jednotkovou plochou – energie zvukového vlnění, která projde za dobu 1 s plochou  $1 \text{ m}^2$
- Hladina intenzity zvuku  $L$  (dB) porovnává tento výkon s referenční hodnotou  $10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$ . V medicíně se často setkáte s označením  $\text{dB}_{\text{HL}}$  – decibels hearing level.
- Hladina hlasitosti  $\Lambda$  ve fónech (Ph) vyjadřuje velikost našeho sluchového vjemu.

Zatímco veličiny intenzita zvuku a hladina intenzity zvuku jsou objektivně změřitelné, hladina hlasitosti bere v úvahu různou citlivost lidského sluchu při různých frekvencích; v podstatě je to veličina subjektivní, vztah k hladině intenzity je stanoven statisticky z výpovědí velkého počtu testovaných osob.

Mezi intenzitou zvuku  $I$  a hladinou intenzity zvuku  $L$  platí vztah  $L = 10 \cdot \log(I/I_0)$ , kde  $I_0 = 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$  je považována pro lidské vnímání zvuku za nejmenší slyšitelnou (prahovou) intenzitu při frekvenci 1 kHz. Při jiných frekvencích jsou prahové hodnoty intenzity jiné, většinou vyšší, pouze v intervalu frekvencí 1–6 kHz mohou prahové intenzity klesnout pod hodnotu  $I_0$  (poměr  $I/I_0$  je tedy menší než hladina intenzity v dB je pak záporná).

Z definice hladiny intenzity zvuku plyne, že zvýšení hladiny intenzity

- o 10 dB odpovídá desetinásobnému zvýšení intenzity zvuku,
- o 20 dB odpovídá stonásobnému zvýšení intenzity zvuku,
- o 30 dB odpovídá tisícinásobnému zvýšení intenzity zvuku atd.

Šíření zvuku prostředím vyvolává velmi malé tlakové změny, nazývané akustický tlak. Jeho velikost se pohybuje od několika pascalů (pro velmi silné zvuky) až k prahové hodnotě tlaku  $p_0 = 10^{-5} \text{ Pa}$ , odpovídající intenzitě  $I_0$  při frekvenci 1 kHz. Vzhledem k tomu, že pro zvuk o dané intenzitě  $I$  a příslušném akustickém tlaku  $p$  platí

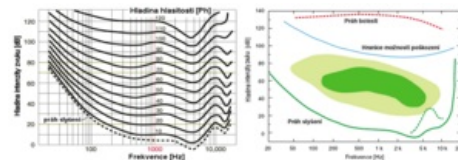
$$\frac{I}{I_0} = \left( \frac{p}{p_0} \right)^2$$

můžeme k výpočtu hladiny intenzity zvuku (v dB) užít vztah

$$L = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0}$$

## Sluchový orgán

Vnímání zvuků sluchovým orgánem je individuální a mění se postupně s věkem. Člověk je schopen vnímat zvuky s přibližnou frekvencí **16 Hz–20kHz**. Lidský sluchový orgán je nejcitlivější v oblasti frekvencí **1–5 kHz**. U každé frekvence je odlišný rozsah intenzit, které slyšíme. Oblast slyšení je omezena *prahem slyšení* a *prahem bolesti*, protože pro každou frekvenci existuje intenzita, se kterou už neslyšíme zvuk, ale vnímáme jen bolest.



Oblast slyšení je dole omezena **prahem slyšení**, nahoře **prahem bolesti**. U každé slyšitelné frekvence existuje intenzita, při které přestáváme slyšet zvuk a vnímáme bolest. Vzhledem k tomu, že je člověk schopen posoudit, kdy slyší dva zvuky stejně silně, můžeme si do grafu vynést křivky, pro které platí, že body na téže křivce, to jest zvuky příslušné frekvence a intenzity, vnímáme jako stejně silné. Těmto křivkám říkáme **izofóny**; nulová izofóna představuje práh slyšení, izofóna na hladině 120 pak práh bolesti.

**Sluchový orgán** můžeme rozdělit na dvě základní části – periferní a centrální analyzátor. Periferní se anatomicky dělí na zevní, střední a vnitřní ucho. Zvuk, který prochází zvukovodem naráží do bubínku, který se rozechvěje. Vibrace akustických vln jsou dále převáděny na mechanické vibrace. Řetěz sluchových kůstek (kladívko, kovadlinka a třmíněk) přenáší vibrace od bubínku do vnitřního ucha – ploténka třmínku se dotýká oválného okénka v labyrintu a tím dochází k rozvlnění perilymfy vnitřního ucha. Pohyby perilymfy jsou přenášeny do endolymfy a dále pak převedeny na elektrické impulsy dráždící vlasové buňky Cortiho orgánu. Informace o zachyceném zvuku jsou vedeny pomocí sluchového nervu k dalšímu zpracování do mozku.

### Zevní ucho

K zevnímu uchu patří **ušní boltec**. Je to párový plochý útvar přiléhající z boku k hlavě v úhlu 20–45°. Jeho podkladem je charakteristicky zprohýbaná elastická chrupavka (*cartilago auriculae*). Boltec má směrový účinek, který je však u člověka spíše rudimentární, takže jeho ztráta nevede k velkému postižení sluchu. **Zevní zvukovod** je dalším pokračováním sluchového orgánu. Jedná se o zahnutou trubici oválného průřezu o délce přibližně 2,5 cm směřující ke středoušní dutině ventromediálně. Skládá se ze zevní — **chrupavčité** a vnitřní — **kostěné** části.

### Střední ucho

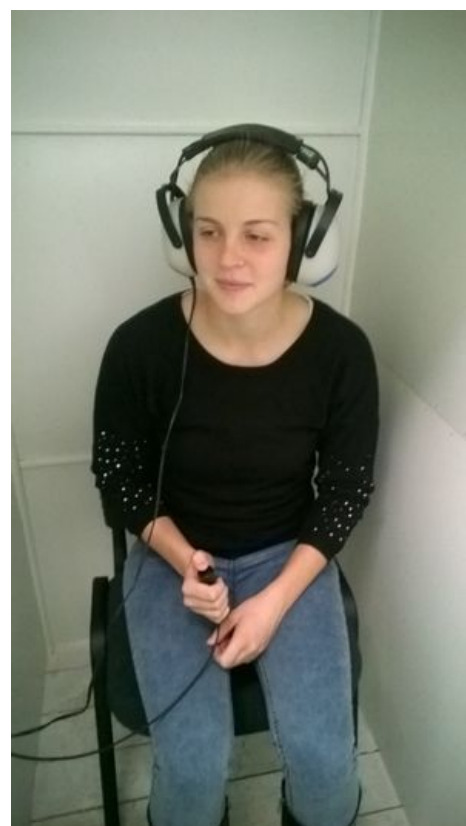
Další částí periferního analyzátoru je střední ucho složené z **bubínku**, **dutiny bubínkové** a **sluchových kůstek**. Bubínek je tenká, růžově šedivá membrána, zasazená do *sulcus tympanicus ossis tympanici*. Ve *stria mallearis* ze středoušní strany se k bubínku připojuje rukojeť kladívka. Bubínek je postaven šikmo, přední stranou dovnitř a zadní stranou ven. Tloušťka bubínku je přibližně 0,1 mm. Plocha bubínku činí zhruba 55 mm<sup>2</sup>.

Přechod do vnitřního ucha tvoří dvě membránová okénka (oválné a kruhové okénko). Plocha membránového okénka je 3 mm<sup>2</sup>. Dutina bubínková je prostor nacházející se mediálně za bubínkem. Je vyplněna vzduchem a pokryta tenkou sliznicí. Kromě tří sluchových kůstek obsahuje středoušní dutina také dva svaly, které zastávají ochrannou funkci (brání poškození sluchového orgánu při nadměrných zvukových podnětech). Jsou to napínač bubínku (*m. tensor tympani*) a sval třmínkový (*m. stapedius*). Sluchové kůstky vytvářejí pohyblivě (kloubně) spojený řetězec mezi bubínkem a oválným okénkem. Jeho hlavním úkolem je přenos chvění bubínku, způsobeného zvukovými vlnami do nitroušního labyrintu vyplněného perilymfou.

Mezi sluchové kůstky patří **kladívko (malleus)** — kůstka kyjovitého tvaru, na něj navazující **kovadlinka (incus)**, tvořící střední část řetězce sluchových kůstek a jako poslední **třmíněk (stapes)** spojený s kovadlinkou a přenášející zvukové vlny na oválné okénko vnitřního ucha. Sluchové kůstky působí jako páka a tím zvyšují tlak, čím se překoná akustický odpor tekutiny v hlemýždi (15,7 Mpa\*s\*m<sup>-1</sup>). Pokud bychom tento odpor porovnávali s akustickým odporem vzduchu (390 Pa\*s\*m<sup>-1</sup>), dojdeme k tomu, že ve vzduchu má zvukové vlnění velikou výchylku a malý tlak a tekuté prostředí má malou výchylku, ale tlak velký. Z toho vyplývá, že pokud by kůstky neměly funkci páky, docházelo by ke ztrátě energie zhruba kolem 30 dB. Ke střednímu uchu dále patří **Eustachova trubice**, která spojuje středoušní dutinu s nosohltanem. Jejím úkolem je přivádět vzduch do středouší a vyrovnávat případné tlakové rozdíly. Její délka je přibližně 3 cm.

### Vnitřní ucho

Vnitřní ucho je tvořeno **blanitým labyrintem** ve skalní kosti. Má dvě části: **vestibulární aparát** a **hlemýžď**. Spojení mezi středním a vnitřním uchem je realizováno pomocí dvou okének. Okénka jsou tvořena pružnou vazivovou membránou, reagující na zvukové vlnění. První z nich je oválné, které je již popisováno výše a slouží pro vstup zvukových vln. Druhé je okénko kruhové, které umožňuje chvění kapaliny v hlemýždi a tím i samotné slyšení.



Pacient v průběhu vyšetření

Vnitřní ucho je vyplněno **endolymfou** a **perilymfou** (tekutina). Sluch je zprostředkováván buď výše zmiňovaným převodním systémem, nebo **kostním vedením**, kdy dochází k přenosu zvukových vln po skalní kosti, a tím se endolymfa rozkmitá. Hlemýžď je tvořen dvěma a půl závitů se zmenšujícím se poloměrem. Kostěná osa hlemýžďe má tvar kužele (*modiolus*). Hlemýžď je rozdělen na tři části: *scala vestibuli* (s perilymfou), **ductus cochlearis** (s endolymfou) a **scala tympani** (s perilymfou). *Scala vestibuli* začíná za oválným okénkem a v apexu hlemýžďe kontinuálně přechází ve *scala tympani*, jež ústí do kruhového okénka. Vnitřní komoru tvoří *ductus cochlearis*, který je v apexu hlemýžďe slepě zakončen. *Ductus cochlearis* je od *scala vestibuli* oddělen Reissnerovou membránou a od *scala tympani* bazilární membránou. V *ductus cochlearis* jsou na bazilární membránu posazeny buňky Cortiho orgánu. Tvoří ho tři řady zevních a jedna řada vnitřních vláskových sluchových buněk s řasinkami. Řasinky komunikují jemným dotykem s *membrana tectoria* odstupující v místě mezi *membrana basilaris* a *vestibularis*. Podráždění sluchových buněk má za následek vznik **akčních potenciálů**, které jsou vedeny sluchovým nervem do mozku. Díky vlastnostem bazilární membrány se rychlost postupu se vzdáleností od oválného okénka snižuje, amplituda vlny naopak roste, až do místa, kde dosáhne maxima. Místo, kde zvuková vlna dosáhne maximálního vyklenutí membrán (maximální amplitudy), závisí na frekvenci dané zvukové vlny. Čím vyšší frekvence, tím dříve (tzn. tím blíže k oválnému okénku) dosáhne maxima. Takovéto místo dosažení maximální amplitudy je pro jednotlivé frekvence charakteristické. Tomuto jevu se říká **princip tonotopie**. Úroveň hlasitosti zvuku je pak dána četností akčních potenciálů.

## Vzdušné vedení

Vzdušné vedení je vedení zvuku procházející zevním zvukovodem přes bubínek do vnitřního ucha. Prakticky všechny zvuky při normálním slyšení, s výjimkou vlastního hlasu, jsou přenášeny touto cestou. Při dysfunkci vzdušného vedení hovoříme o převodních vadách sluchu. Ty se projeví pouze ve vedením vzdušném, zatímco vedení kostní je normální. Ztráty obvykle bývají v rozsahu celého sluchového pole.

## Kostní vedení

Kostní vedení je přenos zvukových vln lebku přímo do vnitřního ucha a je realizováno rozkmitáním lebečních kostí za uchem např. ladičkou nebo kostním vibrátorem. Je proto hlavně ukazatelem kvality funkce vnitřního ucha. Při jeho dysfunkci hovoříme o percepčních vadách sluchu. Ty se projeví sluchovou ztrátou souměrnou ve vedením kostním i vzdušném (porucha se nachází v hlemýždi samostném). Obvykle bývá větší pokles ve vyšších tónech.

Kostní vedení je zodpovědné za to, že člověk vnímá svůj hlas jinak při poslechu z nahrávky. Dochází totiž k amplifikaci nižších frekvencí, a proto nám připadá, že je hlubší, než jak je ve skutečnosti vnímán ostatními. Kostní vedení nemůže být nikdy horší než vedení vzdušné, protože působí přes lebku přímo na hlemýžď. Má však vyšší práh než vedení vzdušné (cca o 40–50 dB). Při nervových poruchách jsou hodnoty pro oba typy vedení stejné.

## Vyšetření

Cílem vašeho měření je zjistit, zda je pacientova sluchová funkce snížena a určit o jaký druh poruchy se v jeho případě jedná, zda je to vada převodní, percepční či smíšená. Z nedostatečnosti sluchu v určitých oblastech frekvencí lze také usuzovat na možné příčiny vady sluchu. Při vyšetření budete používat zvuk ladičky/kostního vibrátoru a čisté tóny tónového generátoru. Při měření zesílujeme daný tón z podprahových hodnot (příliš tiché tóny). Až vyšetřovaný tón zaslechne, dá vyšetřujícímu znamení tlačítkem.

## Vyšetření ladičkami

Vyšetření ladičkami umožňuje lékaři posoudit citlivost pacientova hlemýžďe na zvuk vedený skalní kostí a nikoli obvyklou cestou rozkmitání bubínku a přenosu sluchovými kůstkami. Toto vyšetření slouží při nedostatečné funkci sluchu k lokalizaci místa poruchy, která se nachází „před“ hlemýžďem nebo ve vnějším či středním uchu, slyší-li pacient zvuk přenášený kostním vedením anebo v oblasti vnitřního ucha či v přenosu signálů do mozku, neslyší-li zvuk ani při rozkmitání skalní kosti ladičkou.

## Tónová audiometrie

V tónové audiometrii používáme čisté tóny z tónového generátoru, které mají zpravidla sinusový průběh a lze u nich přesně určit intenzitu zvuku. Můžeme tedy u pacienta hledat nejnižší intenzity zvuku, které jsou ještě/už slyšeny, tzn. **prahové intenzity**. Ty jsou pro různé frekvence různé. Proměřením dostatečného počtu frekvencí můžeme odhadnout tvar tzv. *prahové křivky slyšitelnosti pacienta a při porovnání s fyziologickými hodnotami* (fyziologickou křivkou) posoudit, zda se nejedná o vadu sluchu. Vyšetření je ovlivňováno spoluprací pacienta.

Pacient je vyšetřován v tzv. *tiché komoře*, jež by měla být dobře zvukově izolována. Dostane vyšetřovací pomůcky – kostní vibrátor či sluchátka a do ruky tlačítko, kterým dává znamení lékaři, kdykoli zaslechne testovací tón. Každé ucho je vyšetřováno zvlášť – zvuk se ozývá vždy jen z jedné strany.

**Prahová audiometrie** umožňuje vyšetření sluchového prahu při několika vybraných frekvencích. Prahovou křivku sluchu (**nulovou izofónu**) můžeme vyšetřovat akusticky přesně definovanými tóny o různé frekvenci a intenzitě. V audiometrii se běžně používá stanovení tzv. **relativního sluchového prahu**. Audiometry jsou konstruovány tak, aby prahové hodnoty normálního audiogramu při různých tónových frekvencích ležely na přímce. Tyto hodnoty vycházejí z měření subjektivního prahu vyšetřovaného na mnoha zdravých lidech (minimum audible), proto se často označují jako dB<sub>HL</sub> (Hearing Level).

## Hodnocení výsledků vyšetření

- **Percepční porucha** se projeví ztrátou symetrickou ve vedení kostním i vzdušném

v části nebo celé oblasti frekvenčního spektra jsou křivky pro vzdušné i kostní vedení pod hladinou 20 dB

obě křivky probíhají těsně vedle sebe, prahy slyšení jsou přibližně stejné

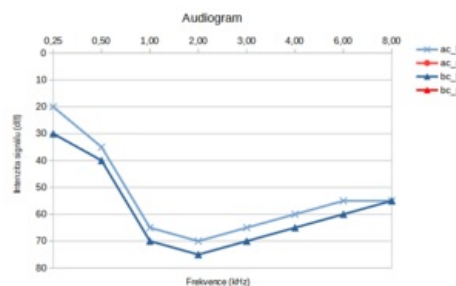
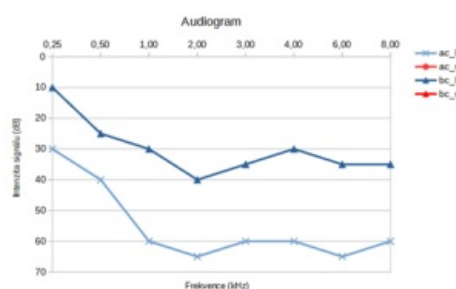
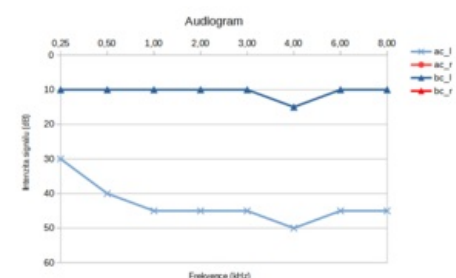
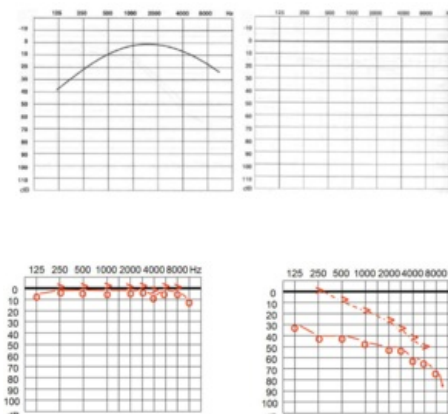
obě křivky jsou paralelní a mají obdobné prahy slyšení

- **Převodní porucha** se projeví ztrátou ve vedení vzdušném (křivka vzdušného vedení probíhá v audiogramu níže), zatímco vedení kostní je normální

rozhodující je rozdíl mezi úrovněmi křivky pro vzdušné a kostní vedení

ztráta sluchu (porucha)	ztráta sluchu (dB)
normální	do 15
mírně těžká	25-40
středně těžká	41-65
těžká	66-90
velmi těžká včetně hluchoty	nad 90

Všechny uvedené vyšetřovací metody řadíme mezi metody **subjektivní**, založené na tom, jak pacient zvuky vnímá a své počítky signalizuje. Proto je nezbytná spolupráce pacienta. Naproti tomu **objektivní** audiometrie je založena přímo na snímání biosignálů (evokovaných potenciálů), vybuzených zvukovým podnětem (ERA – Evoked Response Audiometry) – vyžaduje složitější zařízení.



## Poškození sluchu a jeho náprava

### Škodlivost hluku

Příliš vysoká frekvence, intenzita zvuku nebo dlouhodobý pobyt v hlučném prostředí může mít za následek poškození sluchu, přičemž poškození může být vratné nebo trvalé. Při vratném poškození dochází pouze k dočasnému zvýšení prahu sluchu a sluch se po určité době vrací do normálu. Při trvalém poškození sluchu je poškozená některá z částí sluchového orgánu, což má za následek poškození sluchu až hluchotu.

Nepřetržitý hluk může mít i mimosluchové negativní účinky. Abnormální dráždění mozkové kůry může stimulovat další části CNS a narušovat tím např. kvalitu spánku, může mít negativní vliv na **kardiovaskulární systém** nebo **vegetativní nervový systém**.

### Náprava sluchu

#### Naslouchadla

Naslouchadlo je malý **elektroakustický přístroj**, který se skládá z mikrofону, zesilovače a reproduktoru. Podstatou fungování přístroje je zaznamenání zvuku a jeho přenesení do pacientova ucha. Existují dva typy naslouchadel: naslouchadla pro *vzdušné vedení* a naslouchadla pro *kostní vedení* (vibrátor). Slouží ke zlepšení sluchu při částečné hluchotě zesilováním a modulací zvuku přicházejícího z okolního prostředí.



## Kochleární implantáty

Kochleární implantát je zařízení, které dráždí zakončení sluchového nervu v hlemýždi. Pacient ho tedy musí mít alespoň částečně **zachovalý**, aby mu implantát mohl být vložen.

Má 2 části:

- Vnější část obsahuje mikrofon (zachytí zvuk), řečový procesor (kódovač zvuků, který zvuk převede na signály) a vysílací cívku (pošle signál do vnitřní části implantátu).
- Vnitřní část obsahuje stimulátor (převede signály na elektrickou energii) a elektrody (stimulují nervová vlákna).

## Praktická část

V praktické části pracujeme s audiometrem MAICO ST20, určeným pro tónovou audiometrii všech pacientů. Nejprve je důležité se seznámit s ovládacími prvky audiometru (viz obrázek). Posadte vyšetřovanou osobu do zvukotěsné komory a zajistěte, aby byl během testu v nejbližším okolí co největší klid. Na formulář audiogramu napište jméno pacienta, jméno vyšetřujícího a datum měření. Formulář připevněte na audiometr pomocí dvou fixačních kolíků.

### Postup práce při měření vzdušného vedení

Nasadte pacientovi sluchátka, červenou stranou vpravo, modrou nalevo. Zapněte přístroj (1.) a nastavte volič výstupu u symbolu vzdušného vedení AC (2.). Zkontrolujte, zda je nastaven pulzní signál (4.). Test započnete na uchu s lepším sluchem, pokud vyšetřovaný slyší normálně, začnete pravým uchem. Zmáčknete červené (pro pravé ucho (6.)), či modré tlačítko (levé (7.)). Aktuální zvolené ucho bude svítit žlutě. Aktuální hodnota frekvence, hladina hlasitosti a přítomnost signálu jsou indikovány svítící červenou diodou pod formulářem audiogramu. Uslyší-li vyšetřovaná osoba vysílaný signál, červená dioda (v úrovni odpovídající intenzity) zabliká.

Započnete testování tak, že nejprve nastavíte úroveň testovacího signálu (9.) na -10 dB<sub>HL</sub> tzn. posuvné tlačítko bude úplně nahoře a zkontrolujete, že máte nastavenou frekvenci na 1 kHz. Stisknutím tlačítka (8.) generujete testovací signál. Postupně hodnotu frekvence přidávejte, a to vždy s krokem 5 dB<sub>HL</sub>. Nejnižší úroveň signálu, na kterou pacient reagoval, vyznačte do formuláře, pro pravé ucho do kolonky AC Pravé ucho. Postup zopakujte postupně na všech sedmi zbývajících frekvencích (2 kHz, 3 kHz, 4 kHz, 6 kHz, 8 kHz, 500 Hz, 250 Hz). Frekvence můžete přepínat tlačítky (13.) a (14.).

Postup zopakujte pro levé ucho. Nejnižší úroveň signálu, na kterou pacient reagoval, vyznačte do formuláře, a to do kolonky AC Levé ucho

### Postup práce při měření kostního vedení

Nastavte volič výstupu u symbolu kostního vedení BC (3.). Nasadte vyšetřovanému kostní vibrátor tak, aby se chvění přenášelo na výběžek skalní kosti za ušním boltcem.

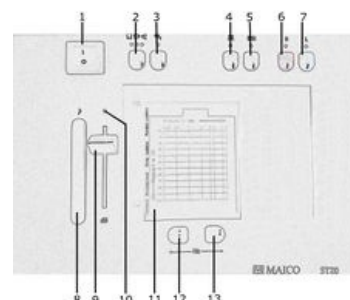
Nastavte opět regulátor úrovně testovacího signálu (9.) na hodnotu -10 dB<sub>HL</sub>. Vyšetření proveďte stejným způsobem jako u vzdušného vedení, tj. testujte různé úrovně signálu na sedmi frekvencích (1kHz, 2 kHz, 3kHz, 4 kHz, 6 kHz, 500 Hz, 250 Hz) na obou uších. Nejnižší hodnotu signálu, na kterou vyšetřovaný reagoval, vyznačte do stejného formuláře avšak nyní do sloupců označených BC s příslušné ucho.

### Shrnutí

1. Otevřete na Moodle UK (<https://dl2.cuni.cz/>) otevřete Pracovní dokument typu excel.ods pro úlohu Audiometrie.
2. Zmáčknete tlačítko sluchátek. Zkontrolujte, které ucho zkoumáte. Nastavte hlasitost na nejvyšší úroveň a požadovanou frekvenci
3. Pusťte pacientovi tón stiskem dlouhého černého tlačítka, vyčkejte, jestli nezabliká
4. Hlasitost přidávejte po 5 dB, hodnota hlasitosti je na digitálním displeji v pravé horní části audiometru. Pokračujte, dokud pacient nesignalizuje, že tón slyšel a zaznamenejte nejvyšší slyšený tón
5. Frekvenci změňte dvěma černými tlačítky pod audiogramem
6. Pro kostní vedení zvolte symbol kostního vibrátoru a nasadte pacientovi kostní vibrátor. Drát je u ucha, u kterého se měření právě provádí.
7. Stejný postup jako u vzdušného vedení aplikujte při kostním vedení
8. Nezapomeňte do protokolu vyplnit datum a číslo praktika, v diskusi se můžete zmínit o podmínkách, které mohly ovlivnit vaše měření a výsledky.

### Doporučení

Pro měření kostního vedení si přineste špunty do uší. Pomohou pacientovi se lépe soustředit při vyšetření, protože ho nebude rušit hluk z okolí.



**Ovládací prvky audiometru Maico ST 20:** 1. Hlavní vypínač  
2. Volič: AC (vzdušné) / BC (kostní) 3. Maskovací signál 4. Pulzní signál 5. SISI (nepoužívat!)  
6. Pravé ucho (červené) 7. Levé ucho (modré) 8. Přerušovač testovacího signálu 9. Regulace úrovně testovacího signálu  
10. Indikace signálu 11. Formulář — výtisk audiogramu 12. Nastavení frekvence — snížení  
13. Nastavení frekvence — zvýšení

# Videotutoriál

Bez zvuku, jen titulky:



## Zdroje

- Portál:Biofyzikální praktikum (2. LF UK)
- Audiometrie (biofyzika)
- Práh sluchu a sluchové pole
- wikiversity:cs: Subjektivní audiometrie
- AMLER E. *et al.* *Praktické úlohy z biofyziky I. Ústav biofyziky UK, 2.lékařské fakulty*, Praha 2006.
- NAVRÁTIL L. *et al.* *Medicínská biofyzika*, Grada Praha 2005, ISBN 80-247-1152-4.
- HRAZDIRA I. *et al.* *Biofyzika, učebnice pro lékařské fakulty*, Avicenum/Osveta, 2. vydání, Praha 1992, ISBN 80-902896-1-4
- RAKOVIČ M., VÍTEK F. *Základy lékařské biofyziky*, 2. sv., UK Praha, Praha 1987
- HyperPhysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>
- Pavel Začal: Vliv včasné intervence na úspěch reedukace sluchového postižení (Bakalářská práce, MU Brno, 2006)
- Návod naobsluhu audiometra MAICO – ST 20. SIEMENS Audiologická Technika s.r.o