

Evokované potenciály (2. LF UK)

BERA (Brainstem Evoked Response Audiometry, syn. BAEP, ABR) je objektivní vyšetření sluchových potenciálů.

Teoretický úvod

Evokované potenciály

Evokované potenciály (EP) jsou bioelektrické impulzy vyvolané specifickými podněty z vnějšího prostředí, šířící se po konkrétních nervových drahách. EP dále rozdělujeme do několika kategorií dle typu podnětu a tedy příslušné nervové dráhy:

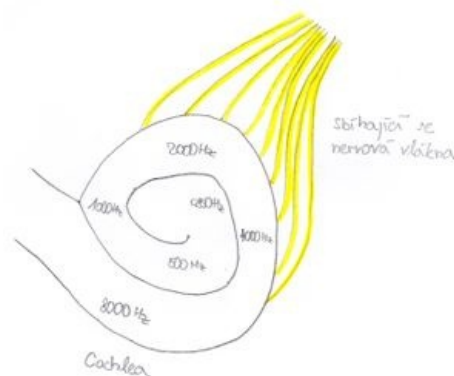
1. **VEP** (zrakové EP = visual EP)
2. **AEP** (sluchové EP = acoustic EP)
3. **SEP** (somatosenzorické EP = somatosensoric EP)
4. **MEP** (motorické EP = motoric EP)

Poznáme však i jiné typy EP a to například:

- SSEP (ustálené EP = steady state EP)
- ERP (kognitivní EP = even related potentials)

Fyziologie slyšení

Zvuk je podélné mechanické vlnění ve frekvenčním rozsahu 16 – 20 000 Hz. Mozek ale není schopen mechanickou energii přímo zpracovávat. Je tedy potřebné ji transformovat v bioelektrický signál. K tomu slouží vláskové buňky v Cortiho orgánu uvnitř kochley (hlemýžďe). Tyto buňky reagují vždy na frekvenčně specifickou část podélného mechanického vlnění (buňky v bazálním závitě kochley reagují na krátké vlny = vlnění o vysokých frekvencích; postupně reagují buňky na vlny delší, v apikálním závitě reagují naopak na vlny dlouhé = vlnění o nízkých frekvencích; viz obr. 1). Mechanickým vlněním dojde k ohnutí stereocilií vláskových buněk, otevření kalciových kanálů, depolarizaci membrány vláskové buňky a následnému uvolnění neurotransmiterů na bazálním konci buňky proti dendritu neuronu sluchového nervu. Podrážděním tohoto neuronu vzniká bioelektrický signál, který se dále šíří sluchovou nervovou drahou (viz obr. 2). Signál vzniklý v buňkách bazálního závitě kochley je mozku vnímán jako vysoký tón, signály pocházející od buněk směrem k apikálnímu závitě jsou vyhodnoceny jako tóny postupně nižší.



Obrázek 1 - rozložení vnímání tónů v kochlei

Sluchová nervová dráha

Bioelektrické signály se následně šíří sluchovou nervovou drahou. Anatomická stavba sluchové dráhy je zde uvedena z důvodu, že výsledkem vyšetření evokovaných potenciálů je křivka závislosti snímaného elektrického napětí na čase (viz níže) o několika vlnách, přičemž původ každé vlny je přičítán konkrétní anatomické etáži této dráhy.

1. cochlea
2. nervus cochlearis
3. nucleus cochlearis (ventralis et dorsalis)
4. nucleus olivaris superior
5. lemniscus lateralis
6. colliculus inferior
7. corpus geniculatum mediale
8. radiatio acustica
9. cortex auditoria (Heschlovy závitě)

Sluchové evokované potenciály (AEP)

Sluchový evokovaný potenciál je akční potenciál vyvolaný akustickým podnětem, šířící se sluchovou nervovou drahou. Tento bioelektrický signál lze měřit a zaznamenávat ve formě elektrického potenciálu pomocí elektrod umístěných na povrchu lebky (nebo v průběhu nervové dráhy), podobně jako u vyšetření EEG. Výsledkem vyšetření AEP je křivka závislosti elektrického potenciálu (detekovaného na elektrodách) na čase (měřeného od okamžiku vyslání akustického stimulu). Protože bioelektrickému signálu určitou dobu trvá, než projde celou sluchovou drahou, je na této křivce možné identifikovat množství časově oddělených vln, přičemž každá vlna je považována za elektrickou odpověď určitého článku sluchové dráhy. Pomocí záznamu elektrických

potenciálů je tedy možné měřit elektrické odpovědi jednotlivých článků sluchové nervové dráhy (viz výše a obr. 3). Doba mezi vysláním akustického stimulu a zaznamenáním konkrétní vlny je označována jako latence této vlny. Podle doby, po kterou se od vyslání stimulu zaznamenává bioelektrický signál (tato doba se nazývá latenční okno), dělíme vyšetření sluchových evokovaných potenciálů na následující:

1. časné potenciály
 - a) Elektrokocholeografie – latenční okno zpravidla 0 – 4 ms
 - b) vyšetření BERA (BAEP, ABR) – latenční okno 2 – 10 ms
2. potenciály středních latencí (vyš. MERA) – latenční okno 15 – 50 ms
3. potenciály pozdní (vyš. CERA) – latenční okno až 500 ms, někdy i více

Latenční okno určuje, které části sluchové dráhy lze daným vyšetřením sledovat. Např. elektrokocholeografie se zaměřuje na vyšetření vláskových buněk, kde bioelektrický impuls proběhne nejdříve, proto stačí krátké latenční okno. Naopak vyšetřením CERA se sledují odpovědi mozkové kůry, kam dorazí bioelektrický signál až mnohem později, proto je nutné latenční okno dlouhé.

BERA (Brainstem evoked response audiometry; vyšetření kmenových evokovaných sluchových potenciálů; syn. BAEP, ABR)

BERA je objektivní vyšetření evokovaných sluchových potenciálů, při kterém je zaznamenáván bioelektrický potenciál šířící se sluchovým nervem a oblastmi mozkového kmene. Označení BAEP (Brainstem auditory evoked potential) používají spíše neurologové, označení BERA foniatři. Jedná se o nejčastěji využívané vyšetření sluchových potenciálů. Existují dvě základní využití tohoto vyšetření:

1. neurologické – je sledován průchod bioelektrického signálu sluchovou drahou a latence jednotlivých vln a jsou vyhledávána případná poškození této dráhy (retrokocholeární léze, neurinomy, aj.). Zvláštní aplikací je peroperační vyšetření BAEP využívané při neurochirurgických operacích v okolí sluchového nervu.
2. určení sluchového prahu u nespolupracujících pacientů, např. malých dětí, mentálně postižených osob apod.

Výsledkem vyšetření BERA je křivka časové závislosti detekovaného elektrického potenciálu, ve které je možné identifikovat až 7 vln. Předpokládaný původ vln je následující:

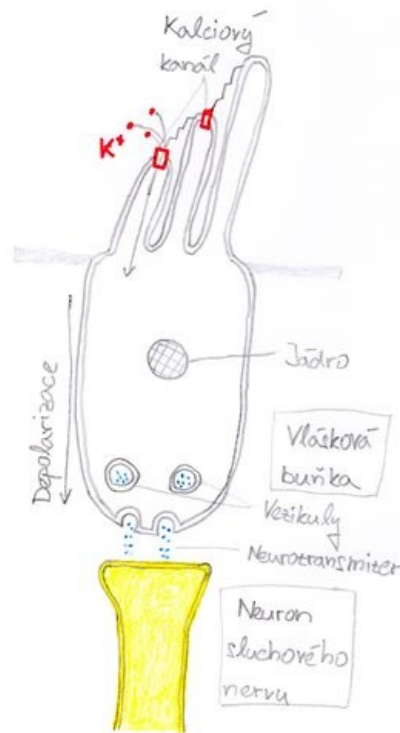
- I. vlna – distální část sluchového nervu
- II. vlna – proximální část sluchového nervu
- III. vlna – dolní část pontu
- IV. vlna – nucleus olivaris superior
- V. vlna – lemniscus lateralis a colliculus inferior, zpravidla nejvýraznější, následovaná výraznou negativitou
- VI. a VII. vlna – zřídka viditelné, pravděpodobně vzniklé dohasínající aktivitou v colliculus inferior

(Viz také (externí) obrázek 4 - Záznam AEP s naznačeným dělením vyšetření podle latence (https://pathme.de/wpnormal/wp-content/uploads/2011/01/ma_sentsientiero_how-to-manual_en_04.pdf#page=74))

Klinicky nejvýznamnější jsou vlny I, III a V; pro vyšetřování prahu sluchu je nejdůležitější vlna V (při postupném snižování intenzity stimulů vlny postupně mizí, vlna V mizí poslední a tím udává hodnotu pro odhad prahu sluchu).

Na křivce se hodnotí absolutní latence jednotlivých vln (pro každou vlnu a intenzitu stimulu existují normativní hodnoty latencí) i mezivrcholové intervaly mezi vlnami (zpravidla I-III, III-V a I-V). Odchylna od normativních hodnot může znamenat patologický proces.

Vlny jsou někdy označovány J1 – J7 (písmeno J vychází ze jména jejich objevitele Jewetta).



Obrázek 2 – vlásková buňka

Postup vyšetření

Pacient leží na zádech, v tiché místnosti. Vyšetření je ideální provádět u spících pacientů, lze jej provést i u bdících. U dětí a nespolupracujících osob je možné přistoupit k sedaci či celkové anestezii. Na pokožku ošetřenou abrazivní pastou a ořtenou alkoholovým roztokem se nalepí na předem určená místa elektrody. Zpravidla se v klinické praxi používají čtyři elektrody:

červená	pravý processus mastoideus nebo ušní lalůček (referenční elektroda)
modrá	levý processus mastoideus nebo ušní lalůček (referenční elektroda)
bílá	temeno (vertex) nebo horní část čela (aktivní elektroda)
černá	na tvář nebo dolní část čela (zemní elektroda)

(viz také (externí) obrázek 5 na straně 52 externího dokumentu - Rozmístění elektrod (<https://www.interacoustics.com/support/eclipse/eclipse-manuals/331-instructions-for-use-eclipse-cs/file>))

(Náš přístroj Sentiero si vystačí s jednou referenční elektrodou, tj. bez modré.)

Poté je nutné zkontrolovat impedanci elektrod, pokud přesahuje hodnotu danou přístrojem (zpravidla 5 kΩ), je třeba aplikaci nevyhovujících elektrod zopakovat. Sluchadla se přiloží na obě uši (nebo se zavedou do zvukovodu v případě vložných). Následně jsou nastaveny parametry vyšetření:

1. typ stimulu

a) frekvenčně nespecifické (klik – širokopásmový zvuk podobný krátkému ťuknutí; chirp – velmi krátký stimul s postupně se zvyšující frekvencí – nejdříve jsou vysílány tóny hluboké, registrované v apikálním závitě kochley, následně tóny vyšší, které jsou registrovány směrem k bazálnímu závitě, tím je dosaženo, že je celá kochlea stimulována v jednom okamžiku a detekovaný evokovaný potenciál je silnější. Viz:

- Click: Visualization of the Click Stimulus (<https://www.youtube.com/watch?v=Q4RntoyIKkA>)
- CE-Chirp: Visualization of the CE-Chirp Stimulus (<https://www.youtube.com/watch?v=JTZQhIqjJCA>)
- Porovnání obou: Demonstration of the CE-Chirp® stimuli (<https://www.youtube.com/watch?v=DgfD-8m9DL8>); Click Versus Chirp In A Threshold ABR (<https://www.youtube.com/watch?v=9vf1anpdSx>)

b) frekvenčně specifické (tónový svazek, krátký zvuk ve zvoleném frekvenčním pásmu; narrow-band chirp, stimul podobný chirpu, ale v užším frekvenčním pásmu)

2. maskování kontralaterálního ucha – do druhého ucha je vysílán frekvenčně nespecifický šum, aby se zabránilo přeslechu stimulačního zvuku a zkreslení vyšetření

3. intenzita stimulu v dB

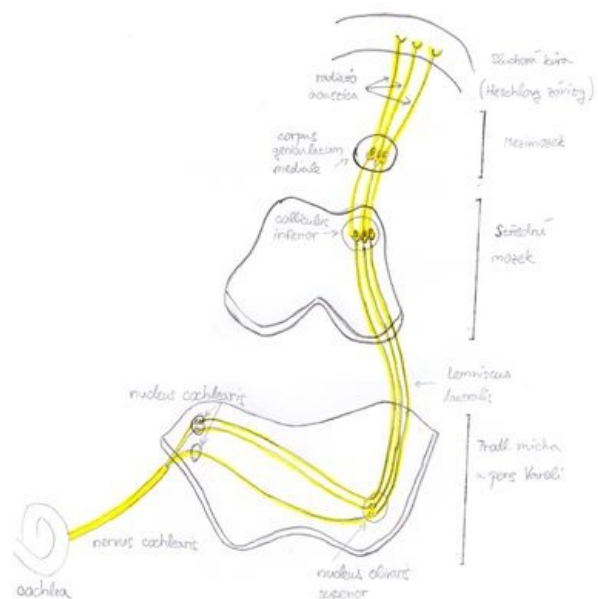
4. opakovací frekvence – zpravidla 20 Hz u neurologických vyšetření, se zvyšováním roste rychlost vyšetření, ale mění se charakter křivky

5. počet stimulů (averages – počet zprůměrnění, překládáno ale také jako průměry) – u neurologického vyšetření se používá minimálně 2000 stimulů

Je nutné zadat i pohlaví a věk pacienta, protože pro různé skupiny pacientů existují různé normativní hodnoty latencí jednotlivých vln. Vlastní měření je následně spuštěno, křivka je postupně vykreslována.

U neurologických vyšetření se měření zpravidla opakuje pro několik intenzit stimulu, u určování prahu sluchu se intenzita stimulu postupně snižuje až do zmizení vlny V, poslední intenzita, při které je vlna V vidět, je výchozí hodnotou pro odhad prahu sluchu.

(Viz také (externí) obrázek 6 na straně 52 externího dokumentu - záznam vyšetření BERA pro obě uši při intenzitě stimulu 80 dB, označeny vlny a plochy normativních hodnot latencí (<https://www.interacoustics.com/support/eclipse/eclipse-manuals/331-instructions-for-use-eclipse-cs/file>))



Obrázek 3 - Sluchová nervová dráha

Záznam vyšetření

Amplitudy sluchových evokovaných potenciálů se pohybují v řádech stovek nanovoltů, elektrická aktivita mozku v řádech desítek mikrovoltů. AEP jsou tedy skryty v elektrické aktivitě mozku a pokud by byl zaznamenán průběh evokovaného potenciálu jednoho stimulu, nebyl by sluchový evokovaný potenciál zjištěitelný. Pokud je ale zprůměrováno mnoho křivek získaných od mnoha stimulů (řádově tisíce), dojde na výsledné křivce k vyrušení elektrické aktivity mozku (která je nahodilá) a naopak ke zvýraznění AEP.

Vyhodnocení vyšetření

Po ukončení měření musí lékař manuálně vlny označit (či u přístrojů vlny automaticky označujících zkontrolovat jejich polohu). Změny v latencích vln, mezivrcholových intervalech či výrazné deformity vln mohou být známkou patologického stavu. Při hledání prahu sluchu je vybrána poslední křivka, na které je ještě vidět vlna V, intenzita stimulu této křivky je výchozí hodnotou pro odhad prahu sluchu.

Domácí příprava

Mira

Mira je program výrobce:

- PATH MEDICAL (<https://www.pathme.de/>)
 - Downloads (<https://www.pathme.de/downloads>)
 - Mira revision 2.3.2 (build 8542) including Senti/Sentiero Firmware revision 2.7.1 (build 10993) (<https://www.pathme.de/download/software/Mira-2.3.2.8542.exe>)

Tento program umožňuje stažení naměřených dat z přístroje Sentiero přes mini-USB kabel do počítače a tam vše pohodlně vyhodnotit a automaticky vytvořit protokol. (Z tohoto důvodu výjimečně u této úlohy nemusíme vyplňovat protokolu v LibreOffice Calc.)

Program si můžete volně stáhnout z výše uvedené stránky výrobce a nainstalovat na Windows (bohužel, pro jiné operační systémy jej výrobce nedodává).

Otevřeme složku C:\ProgramData\PATH medical\Mira . Pozor, při normálním nastavení Windows celou složku C:\ProgramData ukrývá, aby v ní uživatelé něco nepokazili. Proto je zapotřebí mít nastavené zobrazování skrytých souborů.

V této složce se nalézá soubor **Mira.sdf**, což je databázový soubor, do kterého program ukládá všechna vyšetření. Při prvním spuštění programu v něm samozřejmě nenajdeme ještě žádná vyšetření. Naši studenti 2. LF UK si mohou v našich kursech Ústavu biofyziky na moodle (<https://dl2.cuni.cz/course/index.php?categoryid=270>) stáhnout stejnojmenný soubor Mira.sdf, který už obsahuje anonymizované záznamy z několika vyšetření BERA.

Když tímto souborem nahradíme původní soubor, pak po spuštění programu *Mira* si tyto záznamy budeme prohlédnout, nějaký si vybrat a pokusit se jej vyhodnotit. Tím způsobem se naučíte s programem *Mira* zacházet, což vám ušetří mnoho času na praktikách.

Přihlašovací údaje k nově instalovanému programu Mira uvádí výrobce na svých stránkách (<https://www.pathme.de/downloads>): *For first login, use the following default login information: Login name: **admin** Password: **1234***

V případě, že se vám nepodaří ve vymezeném čase na praktikách vámi pořízený záznam vyhodnotit, stačí, když jej budete mít z přístroje Sentiero nahraný do programu *Mira* a pak si dotyčný databázový soubor **C:\ProgramData\PATH medical\Mira\Mira.sdf** stáhnete třeba na flashku a záznam si potom v klidu vyhodnotíte na svém počítači doma.

Praktická část

Zadání úkolu

- Úkol 1. - Provedte vyšetření BERA na pravém uchu pro tři různé hodnoty intenzity stimulů a vyhodnoťte jej.
- Úkol 2. - Provedte testování prahu sluchu na pravém uchu při nízkých frekvencích stimulu – dobrovolný (viz *Poznámka* na konci zadání)

Úkol 1. - postup vyšetření

Prosíme všechny studenty o opatrné zacházení se sluchátky. V případě nutnosti vyjmout konektor z přístroje tahejte za plastovou část u baze konektoru. Případné poruchy okamžitě hlase vedoucímu praktik!

1. Příprava pacienta

- a) Vyšetřovaná osoba (v roli pacienta) se *položí* na lehátko. Hlava může být mírně zvýšena, pro pohodlí vyšetřované osoby.
- b) Připravíme *pokožku* pro nalepení elektrod: Místa je možné (pokud je epitel příliš suchý anebo naopak mastný) očistit abrazivní pastou (čisticím peelingovým krémem *NUPREP*). Každopádně je ale nutné pokožku v těchto místech *důkladně očistit čtverečkem mulu, navlhčeným v ethanolu*.
- c) Přilepíme *elektrody* na daná místa (jednorázové elektrody jsou opatřeny vodivým gelem, takže pokožku není nutné potírat vodivou pastou *Ten20*, která by mohla narušit přilepení):
 - i. **červená** elektroda: *ipsilaterální processus mastoideus*
 - ii. **bílá** elektroda: *vertex*
 - iii. **černá** elektroda (uzemění): její umístění není kritické - například na tvář anebo na kontralaterální processus mastoideus, což je výhodné, pokud budeme chtít vyšetřit obě strany - nemusíme přelepovat elektrody, stačí je pouze přepojit.
- d) Nasadíme pacientovi **sluchátka**: *červené* na *pravé* ucho a *modré* na *levé* ucho.

2. Příprava přístroje

- a) Zkontrolujeme, že jsou do přístroje SentieroAdvanced zapojeny oba kabely: elektrodový (bíle označený konektor) a sluchátkový (modře označený konektor), každý kabel do odpovídajícího portu, označeného shodnou barvou.
- b) Přístroj pomocí tlačítka na jeho pravém boku zapneme.
- c) Vložíme údaje nového pacienta následujícím způsobem:
 - i. Stiskneme zelené tlačítko se symbolem pacienta
 - ii. Stiskneme zelené tlačítko se symbolem +
 - iii. Vyplníme ID, jméno, příjmení a datum narození (ID se skládá z čísla kruhu, písmena týmu a pořadového čísla studenta v abecedním pořadí jeho týmu, např. 10J2)
 - iv. Vrátime se do úvodní nabídky

3. Nastavení vyšetření

- a) Vybereme vyšetření ABR, následně zvolíme protokol **TEKY** (může se jmenovat i jinak, důležité jsou nastavené parametry vyšetření – viz níže)
- b) Před výběrem ucha stiskneme **ikonu náradí**.
- c) Ověříme, že jsou nastaveny správné parametry vyšetření:
 - stimul – **chirp**
 - polarita stimulu – **alternující**
 - maskovací šum – **ano**

- (tlačítko dolů)
- intenzity – dva sloupce: **70, 50 a 30 dB**
- (tlačítko dolů)
- frekvence stimulů – **20 Hz**
- průměry – **1000**
- (tlačítko dolů)
- na další stránce parametry neměníme
- (zastavovací kritérium – **10 nV**, minimální amplituda vlny **5 – 20 nV**)
- (tlačítko dolů)
- Věková kategorie – **dospělý**

d) Stiskem tlačítka **OK** se vrátíme na výběr vyšetřovaného ucha

e) Vybereme pravé ucho

f) Přístroj si zkontroluje **impedance elektrod**. Pokud je impedance některé z elektrod vyšší než **6 kΩ**, je vhodné pokožku předem obrousit brusnou pastou *NUPREP* (viz body 1.2 a 1.3, případně použijeme vodivou pastu, což za normálních okolností není nutné). Pokud impedance některé z elektrod přesahuje 12 kΩ, přístroj by neměl zahájení vyšetření umožnit, oprava přilepení elektrod je nutná.

g) Stisknutím **červeného tlačítka play** zahájíme vyšetření.

4. **Vlastní vyšetření** – přístroj provede měření podle nastavených parametrů. Při vyšetření je nutné, aby bylo akustické i elektromagnetické rušení okolního prostředí co nejnižší (ticho, případně i zhasnuto a vypnuté mobilní telefony) a aby se pacient nehýbal, nemluvil a pokoušel se příliš nepřemýšlet - pokud při vyšetření usne, je to ideální stav.

5. **Vyhodnocení vyšetření**

a) Po ukončení vyšetření se zobrazí *obrazovka s výsledky*. Jsou-li uspokojiví, můžeme odpojit pacienta a *Sentiero* připojíme *miniUSB* kabelem k počítači All-In-One (ten nejbližší k lehátku), přihlásíme se k programu *Mira* (jméno a heslo jsou stejné, jak bylo uvedeno výše), stáhneme si data ze *Sentiera* do počítače a provedeme vyhodnocení křivek tak, jak je podrobně vysvětleno ve videu.

b) Na rozdíl od většiny ostatních úloh praktik tato úloha nemá žádnou šablonu protokolu, protože program *Mira* dokáže sám vyrobit svůj vlastní protokol ve formátu PDF, který uložíte na *moodle*. Předtím ovšem neopomeňte dole (v políčku *Comment*) vyplnit obvyklou diskusi a závěr vyšetření a potom před uložením protokolu do políčka *Examiner/Signature* napsat všechny členy skupiny, které se na vyšetření podíleli (kromě vyšetřované osoby – ta je již uvedena v záhlaví *Patient Name*).

Úkol 2. – postup vyšetření

1. Druhý úkol navazuje na první, proto pacienta po ukončení měření prvního úkolu neodpojujeme.
2. Pomocí tlačítka zpět se postupně vrátíme na úvodní obrazovku
3. Postupujeme stejně jako v bodě 3 předchozího úkolu, pouze nyní změním parametry vyšetření:
 - stimul – low-(chirp) (úzkopásmový chirp o nízkých frekvencích vysílaného stimulu)
 - polarita stimulu – alternující
 - maskovací šum – ano
 - (tlačítko dolů)
 - intenzity – sloupec nejvíce vlevo 50, 40, 30, 20, 10 dB
 - (tlačítko dolů)
 - frekvence stimulů – 39 Hz
 - průměry – 4000
 - (tlačítko dolů)
 - na další stránce parametry neměníme
 - (zastavovací kritérium – 10 nV, minimální amplituda vlny 5 – 20 nV)
 - (tlačítko dolů)
 - věková kategorie – dospělý
4. Průběh vlastního vyšetření odpovídá bodu 4 předchozího úkolu.
5. Vyhodnocení vyšetření

Pro vyhodnocení tohoto vyšetření je důležitá pouze vlna 5. Stejným postupem jako v předchozím úkolu označíme na křivkách vlnu 5. Postupujeme od křivky nejsilnějšího stimulu postupně ke křivce stimulu o nejmenší intenzitě. Intenzita stimulu první křivky, na které již nejsme schopni vlnu 5 bezpečně označit, je výchozí hodnotou intenzity pro odhad sluchového prahu.

Bylo empiricky zjištěno, člověk slyší akustické stimuly s intenzitou nižší, než je intenzita stimulu poslední křivky, na které byla vlna 5 označena. Od výchozí hodnoty pro odhad prahu sluchu je tedy nutné odečíst tzv. korekční faktor, který závisí na frekvenci stimulu.

Frekvence stimulu	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Korekční faktor	-20 dB	-15 dB	-10 dB	-5 dB

Protože jsme vysílali do ucha stimuly o frekvencích okolo 500 Hz, použijeme korekční faktor -20 dB (Např. poslední vlnu V jsme identifikovali na křivce se stimulem o intenzitě 30 dB, proto se pro zvuky o frekvencích blízkých 500 Hz pohybuje odhadovaná hodnota prahu sluchu okolo 10 dB).

6. Naměřené výsledky sepíšeme závěr do komentáře.

Poznámka: Bohužel, u většiny případů se nám nepodařilo tyto potenciály s low-chirpem věrohodně vyhodnotit. Proto provedení této druhé části nevyžadujeme. Samozřejmě je možné se o to pokusit, ale nepropadejte zoufalství, pokud vám nic nevyjde. Ale máte-li elán, za pokus to jistě stojí!

Přílohy

Videotutoriál

- /Scénář

<mediaplayer width="500" height="300">https://www.youtube.com/watch?v=3RH8_Hefu1A</mediaplayer>

Odkaz na video 3RH8_Hefu1A (https://www.youtube.com/watch?v=3RH8_Hefu1A)

Odkazy

Související články

- **Portál:Biofyzikální praktikum (2. LF UK)**
- Evokované potenciály

Externí odkazy

- How-To-ManualSenti&Sentiero, č. dokumentu 100893-EN ze dne 8. 9. 2017, PATH MedicalGmbH, dostupné z: https://pathme.de/wp-content/uploads/pdf/epubli_printversion0802_MA_SentiSentiero_How-To-Manual_EN_05.pdf
- SentieroAdvanced ABR DiagnosticQuick Start Guide, ze dne 12. 1. 2017, PATH MedicalGmbH, dostupné z: https://pathme.de/wp-content/uploads/quickguides/100800-17_Sentiero-Advanced-ABR-diagnostic-Quick-Start-Guide.pdf
- Návod k použití – Eclipse CS, ze dne 1. 5. 2015, Interacoustics A/S, dostupné z: <https://www.interacoustics.com/support/eclipse/eclipse-manuals/331-instructions-for-use-eclipse-cs/file>
- M. (2015, April 20). *Online Help* [PDF]. Germering: PATH medical GmbH.
- Online Help, dostupné z: <https://www.docdroid.net/S8akOjT/mira.pdf>

Oficiální videa:

- Device selftest & probe calibration on the SENTIERO (<https://www.youtube.com/watch?v=82gouMmSn-E>)
- How to prepare an adult patient for diagnostic ABR/ASSR on the SENTIERO ADVANCED (<https://www.youtube.com/watch?v=ToLOvuc-2IU>)
- Using the MIRA Remote application (<https://www.youtube.com/watch?v=17BvvQmE6ic>)
- PATH MEDICAL MIRA PC new features demo 2019 (<https://www.youtube.com/watch?v=RVvqga1PHf8>)
- SN10 V III I markers whilst testing (<https://www.youtube.com/watch?v=9FcUmFZb-ns>)
- Default Stim rates ABR (<https://www.youtube.com/watch?v=inPH1OoKsqU>)
- Long press traces (<https://www.youtube.com/watch?v=0vMqe2C2S30>) How to use the "long press" on an ABR trace to switch on/off filter
- SENTIERO Spread Spectrum ABR (<https://www.youtube.com/watch?v=3fbOwJYhx0w>)
- How to remove pressure of the housing (<https://www.youtube.com/watch?v=8t8gdI3HFD8>)

Použitá literatura

DRŠATA, Jakub a Radan HAVLÍK, Viktor CHROBOK, ed. Foniatrie - sluch. Havlíčkův Brod: Tobíáš, 2015. Medicína hlavy a krku. ISBN 9788073111595.

KABÁTOVÁ, Zuzana a Milan PROFANT. Audiologie. Praha: Bratislava, 2012. ISBN 9788024741734.

STEJSKAL, Lubor. Evokované odpovědi a jejich klinické využití. Praha: Praha Publishing, 1993.