

Hallás- és beszédértési küszöb vizsgálata

(AUDIOMÉTER)

A mérés helye:

BME TMIT Beszédakusztikai Laboratórium
Stoczek épület 2. emelet 202.

Felelős vezető:

Vicsi Klára

Betekintés az audiológiai vizsgálatokba

Az audiológiai vizsgálatoknál szubjektív és objektív eljárásokat szokás megkülönböztetni. Előbbiek esetében a pácienssel való kapcsolattartás, illetve a páciens közreműködése elengedhetetlen, ugyanis a páciens reakcióira, jelzéseire, verbális információira alapozott a diagnózis. Ha ezek a kapcsolatok nem állnak fenn, csak az objektív audiometriás mérések használhatók. Példa erre a csecsemők vizsgálata, vagy amikor a páciens közreműködése akadályozott, illetve esetleg szándékosan nem működik közre. Belátható, hogy az objektív audiometriás mérések bármikor elvégezhetőek, azonban egy sikeres szubjektív vizsgálati eredmény mindig komplexebb képet ad a páciens állapotáról, mivel nem csak a hallásmechanizmus egyes szakaszainak működéséről tudósít, hanem magába foglalja a hallottak agykérgi szintű érzékelését, kiértékelését is. Az utóbbi évtizedben egyre jobban tért hódító korszerű objektív audiometria az ottoakusztikusan kiváltott hangingerek vizsgálatával, vagy az agyi EEG jelek vizsgálata alapján alkot képet a hallás épségéről, illetve mechanizmusáról.

Az audiométer olyan mérőeszköz, amely a fülbe jutott hang pszichoakusztikai, vagy az általa kiváltott valamilyen más ingerület (pl. az előbb említett EEG potenciál) mértékének a meghatározásával a hallott hang mérésére szolgál. Többfajta audiométert használnak. A pszichoakusztikai alapon működő audiométerek közül a legelterjedtebb a küszöbaudiométer és a beszédaudiométer. A küszöbaudiométerek már az 1930-as évektől kezdődően széleskörűen elterjedtek, miután a Nobel díjas Békésy György által szerkesztett félautomatikus elektronikus audiométer világszerte osztatlan sikert aratott. Azóta az audiométerek az orvosi gyakorlatban nélkülözhetetlen eszközök.

A beszédaudiométerek az 1960-as évek óta ismertek (Freiburger Test DIN 45621, Central Institute for the Deaf (CID) Auditory List W-1 and W-2, stb.). Céljuk a beszéd rögzített körülmények közötti érzékelésének, megértésének ellenőrzése a szavak különböző szintű bemondása alapján, a vizsgált személy visszamondásának ellenőrzésével. Alkalmazásuk célja egyrészt a küszöbaudiométeres méréssel kapott eredmények validálása, másrészt elterjedten használják a beszédaudiométereket hallássérült emberek hallókészülékeinek optimális beállításához is. A modern audiométerek általában PC-hez, vagy hordozható számítógéphez csatlakoztatható periféria kivitelben készülnek, és integráltan tartalmazzák mind a küszöb-, mind a beszédaudiométert.

Az audiológiai mérések kellően zajcsillapított helységben végezhetőek el, hiszen az esetleges külső zajok a mérés hitelességét jelentősen lerontanák. Emiatt a páciens általában egy akusztikailag elszigetelt helységben, ún. csendesített szobában (camera silenta) tartózkodik, amelynek külső környezettel szembeni hanggátlása legalább 30-35 dB. A helységet belülről hangelnyelő anyag borítja a hangok falról való visszaverődésének csillapítása érdekében. A páciens a vezérlőhelységben tartózkodó, vizsgálatot végző személlyel a kapcsolatot mikrofonon és hangszórón, illetve monitoron vagy üveglablakon keresztül tarthatja.

Az ún. érzeti pszichoakusztikai vizsgálatok a hallott hangnak egy másik - ún. mintahanggal történő összehasonlításával történnek. Az ilyen vizsgálatok alaptípusai:

- hallani, nem hallani a mintahangot,
- erősebb, gyengébb a mintahanghoz képest,
- a vizsgált hang a mintahanghoz képest kétszer olyan erős, vagy gyengébb.

Az emberi hallás kvantitatív mérése

Jól halló alanyokon végzett kísérletek átlagából származik, hogy a hallásküszöb - az a minimális hangnyomásszint, amely már hangérzetet tud kelteni - 20 μ Pa. A hangnyomás értékét a normál légköri nyomástól való eltérés számértéke adja. Ezt nevezték el a 0 dB hangnyomásszintnek. Ha ehhez képest adjuk meg a hangnyomást, akkor szokás a dB SPL (SPL = Sound Pressure Level) kifejezést használni - amely egyébként megfelel az akusztikai decibel számértékének. Köztudott,

hogy az ember a különböző frekvenciájú hangokat ugyanakkora hangnyomás ellenére különböző hangosságúnak érzi. Ezt a jelenséget Fletcher és Munson vizsgálta, ők ábrázolták a frekvencia függvényében az azonos hangossági élményt nyújtó nyomásszinteket összekötő hangossági görbéket. Ha ennek megfelelően 0 dB-nek nevezzük azt a szintet, amely az adott frekvencián a hallásküszöb, és ehhez képest adjuk meg a decibel értékeket, akkor beszélünk dB HL-ről (HL = Hearing Level). Például 100 Hz-es hang esetében 0 dB HL = 36 dB SPL. Az audiogramokon a dB HL-ben való mérés a szokásos. Elterjedt még a dB SL viszonyítás is (SL = Sensation Level). Ekkor az adott *alany*nak a saját hallásküszöbe a 0 dB SL, ami csökkent hallás esetén adott frekvencián például lehet 25 dB HL is.

A hallásküszöbön túl szokásos még az egyén számára a legkényelmesebb (MCL = Most Comfortable Level) és a már kellemetlenül hangosnak érzelt (UCL = UnComfortable Level) hangnyomás szintek fogalmának használata és mérése. Ez utóbbira általában hallássérült emberek esetében lehet szükség, mivel ezáltal lehetséges a pontos diagnózis felállítása a halláskárosodás okát illetően..

Beszéd esetében is létezik a hallásküszöb megfelelője, a beszédészlelési küszöb (SAT = Speech-Awareness Threshold, vagy másnéven SDT = Speech-Detection Threshold). Beszédészlelési küszöbnek azt az értéket tekintjük, amely esetén a páciens legalább a teljes beszéd tartam 50%-ában észleli a beszédet. A beszéd intenzitásszintjének értelmezése nem egyértelmű, hiszen a beszéd jellegéből adódóan egyes beszédhangok nagyobb, mások csekélyebb intenzitásúak, ezért nyilvánvalóan ekkor valamiképpen átlagolt értékkel számolhatunk. Hasonlóképpen, a beszédértési küszöb (SRT = Speech Reception Threshold, vagy Speech Recognition Threshold) az a szint, amely esetén a páciens az elhangzott beszédet legalább 50% arányban érti és visszamondani képes. A beszédészlelési és beszédértési küszöb között egészséges hallás esetén mintegy 10-15 dB különbség van. Megjegyzendő, hogy a klinikai gyakorlatban a beszédértési küszöbnek és az 500, 1000 és 2000 Hz-hez tartozó hallásküszöb értékek átlagának különbsége abszolút értékben nem haladhatja meg a 6 dB-t.

A beszédaudiométeres vizsgálatoknál esetenként különös hangsúlyt kap a legkényelmesebb (MCL), és a már kellemetlenül hangos szintek (UCL) meghatározása. Ez egyrészt segíthet abban, hogy felderítsék, hogy a páciens halláskárosodása milyen eredetű, ugyanis bizonyos típusú halláskárosodás esetén a beszédértési küszöb és a legkényelmesebb beszédintenzitás túlságosan közel van egymáshoz (egészséges embereknél a különbség a két szintérték között 40-50 dB). Másrészt hallókészülék alkalmazásának szükségessége esetén így lehetséges az optimális és maximális erősítési tényezők beállítása.

A beszédészlelési és beszédértési vizsgálatoknál speciális tesztszekvenciák használatosak, amelyek összetétele az adott nyelvre reprezentatívnak tekinthető, azaz a nyelv hangzóképletének a teljes nyelvre vetített eloszlását tükrözik (ún. fonetikailag gazdag szavak, mondatok). Ezenkívül egyszerű szavak is használatosak, amelyek csak egy-egy hangban különböznek egymástól.

Nyilvánvaló, hogy beszédértési vizsgálat csak együttműködni képes személlyel végezhető, a vizsgálat maga pedig összetett volta miatt nehezen automatizálható, így a vizsgáló személy aktív kiértékelését igényli.

Az Audiométer és tartozékai

A rendelkezésre álló audiométer: SIEMENS gyártmányú, PC UNITY típusú audiométer. Az eszköz számítógép vezérelt, a kezelőfelület minden funkciója Windows környezetben elérhető. Az audiométer-egység RS-232 kommunikációval kapcsolódik a PC-hez.

A műszaki adatok teljes mértékben kielégítik az IEC 645-1, 645-2 és az ANSI S3.6-1989 szabványokban rögzített követelményeket.

A mérés során felhasznált tartozékok: dinamikus fejhallgató TDH 39, páciens-nyomógomb.

A fentiekén kívül szükség lehet még hangnyomást mérő műszerre is a megfelelő jelerősség beállításához az audiométeren külső jelforrásból való munka esetén. Ehhez Brüel & Kjaer 2213 típusú eszközt használhatunk. A követendő eljárás a PC UNITY audiométer kézikönyvében fellelhető (I-54 – I-56 oldalakon). A kézikönyv a helyszínen hozzáférhető.

Vizsgálatok a PC Audiométerrel

Hallásküszöb mérése (Tone test)

A küszöbaudiométer segítségével a hallásküszöb szintértékét egy adott frekvenciájú tiszta hang észrevehetőségi szintjének jelzésével lehet meghatározni. A vizsgálati tiszta hang fejhallgatón keresztül légvezetéssel (AC = Air Conduction) jut a vizsgált fülbe.

Az egyes vizsgálati hangok hangereje dB szintértékben szabályozható. Az audiometriás vizsgálatok szabványos frekvenciáin (125, 500, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000 Hz) a hangerő - 10dBHL -től 120 dBHL-ig külön-külön mind a két fülre beállítható 5 dB lépésközzel. Egyszerre egy fület lehet vizsgálni.

A készülékhez nyomógomb csatlakoztatható, ennek segítségével jelezhet a vizsgált személy, ha a vizsgálati hangot észleli, illetve ha a hangerő változtatás eredményeként a vizsgált hangerősség a küszöbszinten bármilyen irányban áthalad.

Hangösségi különbségi küszöb meghatározása (SISI test)

Két különböző intenzitással megszólaló hang közötti intenzitáskülönbség észlelése függ a hangok hallásküszöbhez képesti intenzitásának mértékétől. Ezt a függést az alábbi táblázat tartalmazza:

Intenzitásszint (dBSL)	Amplitúdó változás (%)	Különbségi küszöb (dB)
10	20-50	1,9-6,0
20	14-30	1,3-3,1
30	12-20	1,1-1,9
40	10-16	0,9-1,5
50	8-14	0,7-1,3
60	6-10	0,6-0,9
70	4-8	0,35-0,7
80	4-6	0,35-0,6

A SISI (Short Increment Sensitivity Index) teszt alkalmas a különbségi küszöb mérésére az alábbi módon: folyamatosan szól a beállított intenzitással a folyamatos hang, melybe véletlenszerű időközönként megnövelt intenzitású, de azonos frekvenciájú hang keveredik rövid időre. Az intenzitáskülönbség beállítható, a páciens a nyomógommbal jelezheti, ha észrevette azt. A jelzések számlálásából százalékos eredményt kapunk a felismerésre.

A javasolt mérőfrekvencia 2kHz.

Hallóideg kifáradást kimutató vizsgálatok (Tone-Decay teszt)

A folyamatosan adott tiszta hangot egy idő után adaptáció miatt már nem hallja a páciens, emelni kell az intenzitásszintet ahhoz, hogy újra meghallja, majd idővel ismét újabb emelésre lesz szükség. Károsodott hallás esetében az adaptációs idő lerövidül. A vizsgálat során 2 kHz-es hangot kezdünk el adni folyamatosan küszöbszinten. Ha 90 másodperc múlva sem kell emelni az intenzitást, akkor a vizsgálatot be lehet fejezni, a hallás egészséges. Különben legfeljebb hét percig tart a vizsgálat. 25 dB-es emelés még fiziológiásnak tekinthető.

Beszédészlelési küszöb mérése

A feladat hasonló a hallásküszöb meghatározásánál leírtakkal azzal a különbséggel, hogy a páciensnek nem tiszta hangot, hanem beszédet kell észlelnie, mégpedig a teljes beszéd tartam legalább 50 %-ában. A beszéd továbbra is légvezetéssel (AC) jut el a páciens füléhez.

Míg a tisztahang-észlelési vizsgálatoknál a szinuszos hang az audiométer beépített függvénygenerátorából kerül a fejhallgatóba, addig beszéd esetén a tesztszekvenciákat külső forrásból kell biztosítanunk az audiométeren keresztül, erre a 4 darab external bemenet bármelyike alkalmas. A mérés megkezdése előtt azonban pontosan be kell állítani a külső eszköz hangerejét. Erre általában 1 kHz-es szinuszos referenciahangot használnak, amelyet 0 dB HL erősségűre állítanak a külső lejátszó eszköz hangerejét állítva. A tesztszekvenciák jelszintje a referenciahangéhoz kötött, így a beállítás után a megfelelő hangerejűek lesznek.

A beszéd hangereje, helyesebben a bementi szinthez képesti erősítés továbbra is dB-ben szabályozható, azaz erősíthető a bemeneti szinthez képest az audiométer vezérlőinterfészén keresztül.

Beszédértési küszöb mérése (Speech test)

A mérés során a páciensnek vissza kell mondania a hallott szavakat, kifejezéseket. A beszédet a páciens számára érthetőnek akkor tekintjük, ha az elhangzott beszédet legalább 50 %-ában helyesen mondja vissza. Ennek során elengedhetetlen a vizsgálatot végző személy aktív részvétele, hiszen neki kell megítélnie, valóban az elhangzott szót mondta-e vissza a páciens, és ennek megfelelően könyvelni azt el helyesnek vagy hibásnak.

A PC audiométer kezelése

A légvezetéses hallásküszöb vizsgálat előkészítése:

- A vizsgálati személyt leültetjük ügyelve arra, hogy ülés közben más zavaró körülmény pl. kényelmetlen szék figyelmét ne vonja el.
- A vizsgálati személy fejére úgy helyezük fel a fejhallgatót, hogy a pirossal jelölt kagyló a jobb, míg a kézzel jelölt a bal fülére kerüljön. Amennyiben a vizsgálati személy, szemüveget visel, úgy azt a vizsgálat idejére tegye le, mert a fejhallgató megfelelő illeszkedését akadályozhatja.
- Az "Admit new Client" menüponttal készítjük el a páciens személyi adatait tartalmazó kartont.
- Állítsuk az audiométert "Tone" üzemmódba, a Transducer típusának AC-t adjunk meg és a hangerősség -10 dB legyen.
- Ezután a vizsgálati személlyel ismertetni kell a vizsgálat lefolyását. A vizsgálat : kezdetén nem fog semmiféle jelet sem hallani. Később különböző hangokat fog hallani. Valahányszor észreveszi, hogy bármilyen hang megszólal, azt jelezze a nyomógomb megnyomásával. A nyomógombot addig nyomja, amíg a hangot hallja. A vizsgálati személlyel ezután meg kell ismertetni a vizsgálati hangokat, hogy ne érje váratlanul az igen kis hangerővel fokozatosan erősödő hanginger, ilyen esetben ugyanis a küszöb meghatározása nem lesz valós. Ehhez célszerű 1 kHz hangot adni és a hangerővel a

kezdeti - 10 dB szintről néhány másodperc alatt 40 - 60 dB tartományba menni. Így a vizsgálati személy tapasztalatot nyer a várható hanginger jellegét illetően.

Az audiométer kezelése teljes egészében a képernyőn keresztül az egér használatával történik. A bal gombbal kattintva az audiogram lapon beállítható az adott frekvencián a hang intenzitása. A "Patient" feliratú mező sárga fénye jelzi, ha a nyomógombot nyomva tartja a páciens. Az audiogram lapon a küszöbhez tartozó bejegyzést a bal gomb dupla kattintásával tehetünk. A jobb gomb legördülő menüjével lehet a lapot törölni.

Ha nem szólalna meg a hang a fejhallgatóban, akkor a "Settings" menüben a "Task Preferences" pont "Interrupt" kapcsolóját kell "Continuous"-ra állítani.

Ezután következik a mérés. A szintet (1000 Hz-en először) -10 dB-től kezdve lassan fokozatosan növelni kell. A vizsgálati személy jelzése azt jelenti, hogy a küszöbszintet biztosan túlléptük, de nem biztos, hogy a vizsgálati személy pontosan észrevette a küszöbszintet. Ezért a hangerőt fokozatosan csökkentve megkeressük azt a szintet, amelyet a vizsgálati személy az adott frekvencián már ismét nem hall meg. Ezután lassan, mintegy 5 dB/s sebességgel ismét növelni kell a hangerőt, hogy a most már jobban figyelt küszöbszintet pontosabban megállapíthassuk. A gyakorlatban ezt nevezik a Békésy-féle lengőkiegyenlítéses módszernek. A megállapított szintértéket a diagrampapíron az adott frekvenciához be kell jelölni. A küszöbszint megállapítása után ki lehet próbálni, hogy a vizsgálati személy milyen reakciósebességgel veszi észre a küszöbszinten megjelenő hangingert. Váltunk vissza -10 dB-re (vagy egyszerűen tartjuk lenyomva az egér bal gombját, ezáltal megszakítva a hangot), majd újra adjuk ki a küszöbszintű jelet. Ez az ellenőrzés a küszöbszint meghatározásának helyességére is jó próba. Mivel a legtöbb vizsgálati személy először gyakorlásra szorul az 1000 Hz frekvencián az első mérést célszerű megismételni.

- Ezután 1000 Hz-től felfelé kell a vizsgálati frekvenciákon a hallásküszöb szint meghatározást az előzőekben leírtaknak megfelelően elvégezni. Ezt az indokolja, hogy a hallásvesztés meghatározásánál a nagyobb frekvenciák általában fontosabbak, mint a kisebb frekvenciák. Ezért, még a vizsgálati személy kifáradása előtt kell ezeken a frekvenciákon mérni.
- A fentiek után ismét el kell végezni az 1000 Hz-es hang küszöbszintjének meghatározását. Ha eltérés nincs, úgy az 1000 Hz alatti vizsgálati frekvenciákon is el kell végezni a mérést. Amennyiben az 1000 Hz-es értékben szignifikáns eltérés van az első méréshez képest, úgy a vizsgálatot meg kell ismételni, és a legvalószínűbb értékeket kell rögzíteni.
- A jobb fülre megállapított légvezetési küszöbszintek meghatározása után a vizsgálatot a bal fülre a fentiekkel analóg módon kell elvégezni.

Az elkészült audiogramot a "Print" menüpont alól lehet kinyomtatni.

Hangossági különbségi küszöb meghatározása

A grafikus ikonok közül válasszuk a SISI feliratút.

A bal oldali hasábon megjelenik a SISI teszt kezelőfelülete. A dB érték megadásával lehet az intenzitásingadozás mértékét megadni.

Transducernak természetesen ismét AC-t kell választani, "Tone" stimulust megfelelő frekvencián és intenzitáson, maszkolást nem alkalmazunk.

A "Counter" mező mutatja, hogy hány intenzitás-impulzust adott ki az audiométer, a középső számlálja a nyomógomb lenyomásokat, a jobb oldalon pedig ezek aránya van százalékban megadva.

Ha nem szólalna meg a hang a fejhallgatóban, akkor a "Settings" menüben a "Task Preferences" pont "Interrupt" kapcsolóját kell "Continuous"-ra állítani.

Hallóideg kifáradást kimutató vizsgálatok

Tone-Decay teszt funkciót választjuk (a jobb-szélső ikon a mérési típusok között).

Az eltelt időt a készülék méri és a képernyőn megjeleníti, az intenzitást "Stimulus" ablakban kell folyamatosan beállítanunk, ha eltűnik a páciens visszajelzése. A küszöbszint időbeli eltolódását grafikon jeleníti meg.

Ha nem szólalna meg a hang a fejhallgatóban, akkor a "Settings" menüben a "Task Preferences" pont "Interrupt" kapcsolóját kell "Continuous"-ra állítani.

Beszédészlelési és beszédértési vizsgálatok

A Speech Test funkciót választjuk (a Tone Test mellett jobbra). A beszédészlelési vizsgálatnál a hallásküszöb-mérésnél ismertetett módon járunk el, azzal a különbséggel, hogy értelemszerűen a frekvenciát nem, csak a jelszintet változtatjuk.

A beszédértési vizsgálat két részből áll: az első 10 tesztszekvencia összesen 10-10, több szótagból álló szót tartalmaz, míg a második rész 10 tesztszekvenciája egyenként 20 darab, egyszótagos szót tartalmaz. Egy-egy tesztszekvencia lefutása után – ha szükséges – emelhető, vagy csökkenthető a beszéd hangereje. A tesztszekvenciákat célszerű véletlenszerűen sorba rendezni és PC-ről adni az audiométer external bemenetére. Először a többszótagos, majd az egyszótagos szavakkal végezzük el a tesztet!

Ha nem szólalna meg a hang a fejhallgatóban, akkor a "Settings" menüben a "Task Preferences" pont "Interrupt" kapcsolóját kell "Continuous"-ra állítani. A maszkolást a bal oldali panelen tudjuk beállítani, típusának célszerű keskeny sávú zajt választanunk (NBN = Narrow Band Noise).

FELADATOK

1. Határozzák meg a gyakorlat beosztottjainak légvezetéses hallásküszöb görbéit, adjanak tájékoztatást a küszöbszintekhez tartozó reakcióidőkről.
2. A gyakorlathoz kapott fülvédődugókat helyezték a fülükbe gyengébb, ill. erősebb illesztéssel, és vizsgálják meg az így kapott küszöbszinteket. Adják meg (ábrázolják grafikonon a 125 Hz – 8 kHz tartományban) a fül dugó hanggátlás görbéit mindkét beillesztésre.
3. Végezzenek vizsgálatot a hangosság különbségi küszöb meghatározására néhány intenzitáson.
4. Határozzák meg a gyakorlat beosztottjainak légvezetéses beszédértési szintjét! Vessék össze az eredményt a hallásküszöbvel!
5. Vizsgálják meg a beszédértési szintet akkor is, ha a 25 dB erősségű, keskeny sávú zaj maszkolást alkalmaznak.
6. Végezzenek hallóideg-kifáradást kimutató vizsgálatot.
7. Rögzítsék a tapasztalatokat és az eredményeket mérési jegyzőkönyvben, értékeljék a kapott eredményeket!

Felkészülést segítő kérdések

1. Mit értünk szubjektív, ill. objektív audiológiai vizsgálatok alatt?
2. Milyen eszközökkel, milyen körülmények között végezhetőek az audiológiai mérések?
3. Adja meg az akusztikai decibel definícióját!
4. Mi az a dB SPL?
5. Mit jelent a dB HL és dB SL?
6. Mit értünk a „Most Comfortable Level” és az „UnComfortable Level” kifejezések alatt? Mikor mérik ezeket a gyakorlatban?
7. Mire használják leginkább a gyakorlatban a küszöb-, és mire a beszédaudiométereket?
8. Definiálja a SAT és az SRT mérőszámokat!
9. Milyen összefüggés van a beszédértési küszöb és a tiszta szinuszos hanggal mért hallásküszöb között?
10. Hogyan történik a hallásküszöb mérése? Miért?
11. Hogyan történik a beszédértési küszöb mérése? Miért?
12. Mi a hangossági különbségi küszöb, és mi jellemzi? Hogyan határozható meg?
13. Mire használják a hallóideg kifáradást mérő vizsgálatokat?
14. Hogyan történik a beszédészlelési és a beszédértési küszöb mérése?
15. Miért szükséges hallásküszöb meghatározásakor a mintahanggal történő megismerkedés?
16. Mit jelent a Békésy-féle lengőkiegyenlítéses módszer?
17. Miért célszerű először az 1 kHz-nél magasabb frekvenciákon mérni a hallásküszöböt?
18. Mit jelent a „Transducer=AC” és a „Stimulus=Tone” beállítás az audiométeren?
19. Hogyan állítható be a külső bemenetről az audiométerbe érkező beszéd megfelelő hangereje?