

## Auditorikus steady state válaszok: diagnosztikai csúcstechnológia az objektív audiometriában

Szilvássy Judit dr., Sziklai István dr.

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Ennek a tanulmánynak az volt a célja, hogy értékelje és összehasonlítsa a frekvencia-specifikus objektív hallásküszöb méréseket, az auditorikus steady-state válaszokat (ASSR) egyéb objektív audiometriai vizsgálatok (ABR, OAE) során nyert eredményekkel.

Prospektív klinikai tanulmányt végeztünk 32 gyermeknél, akiknek életkora 2 évtől 14 évig terjedt. Altatásos vizsgálat során meghatároztuk az ASSR, az ABR, az OAE és a tympanometria eredményeit.

Az ASSR vizsgálatot valamennyi (64) fül esetében komplementáltuk. 15 fül esetében, ahol nem sikerült ABR válaszokat kiváltani, 13 fülnél sikerült meghatározni az objektív hallásküszöböt ASSR segítségével. Két fül esetében, ahol az ASSR rosszabb volt, mint 120 dB, ASSR alkalmazásával sem tudtunk objektív frekvencia-specifikus hallásküszöböt mérni. Az ABR és ASSR eredmények szoros, szignifikáns korrelációt mutattak 2000–4000 Hz frekvenciákon. Azoknál a betegeknél, ahol a hallásromlás meghaladta a 90 dB-t az ASSR vizsgálat megkülönböztetett előnyt jelentett az ABR vizsgálattal szemben, melynek segítségével értékelhető frekvencia-specifikus hallásküszöböt tudunk meghatározni.

Mivel az ASSR vizsgálat során az objektív hallásküszöböt szélesebb frekvencia-spektrumban (250–8000 Hz-ig) tudjuk megállapítani és a vizsgálat csak 15 perccel tart tovább, mint az ABR vizsgálat, ezért az ASSR vizsgálat előnyösebb az ABR vizsgálatokhoz képest.

**KULCSSZAVAK:** auditorikus steady-state válasz (ASSR), amplitúdó moduláció (AM), frekvencia moduláció (FM), modulációs frekvencia (MF), frekvencia-specifikus objektív hallásküszöb mérés.

### Bevezetés

Néhány objektív audiometriai módszer alkalmazása valamilyen közvetlen vagy közvetett elektrofiziológiai vizsgálat, ahol a hang percepciója során különféle elektromos jelenségek lépnek fel, és ezeket regisztráljuk és értékeljük.

A különféle hangok által indukált elektromos ese-

**SUMMARY:** The work was devoted to compare objective auditory threshold data obtained with auditory steady stateresponse (ASSR) studies with those derived from auditory brainstem responses (ABR) and otoacoustic emissions (OAE).

A prospective randomized clinical study was designed with the involvement of 32 children with age ranging from 2–14 yr. The ASSR, ABR and OAE thresholds were determined under conditions of superficial anaesthesia.

**Results:** The ASSR study was completed in each (64) ear. In 15 of the 64 ears with no detectable ABR response, 13 ears revealed a noticeable threshold determined by means of ASSR. The remainder 2 ears exhibited an ASSR threshold higher than 120 dB (i.e. no measurable thresholds were seen) The ABR and ASSR threshold determinations disclosed a close correlation at frequencies 2000–4000 Hz. In patients with a hearing impairment above 90 dB, the ASSR procedure was of significant advantage over ABR, as it allowed further frequency-specific threshold determinations.

Since ASSR makes auditory threshold measurements possible in a wide frequency range (250–8000 Hz) with a study duration only 15-min longer than that for ABR, we consider ASSR more valuable than ABR in objective audiometry.

**KEYWORDS:** auditory steady-state response (ASSR), amplitude modulation (AM), frequency modulation (FM), modulation frequency (MF), frequency-specific objective auditory threshold.

mények között vannak viszonylag egyszerűek, amelyek jól köthetők bizonyos anatómiai struktúrákhoz, ennél fogva a kiértékelt jelekből tükröződik valamilyen anatómiailag lokalizálható specifikus diszfunkció. Ilyen vizsgáló eljárás az otoakusztikus emisszió (OAE), melynek során a külső szőrsejtek funkcionális állapotáról adnak információt. Ez a viszonylag egyszerűen kivitelezhető vizsgálat szenzomotoros nagyothallásban nélkülözhetetlen, például az auditorikus neuropátia kizárása céljából (1). Klasszikus objektív audiometriai módszer a rövid időtartamú hangokkal kiváltott agytörzsi potenciálok vizsgálata (ABR: auditory brainstem responses). ABR segítségével 2000–4000 Hz frekvencia-tartományban van lehetőség objektív hallásküszöb meghatározásokra az OAE kiváltásához szükségesnél erősebb hangimpul-

Közlésre érkezett: 2005. 04. 01.

Debreceni Egyetem, Orvos- Egészségtudományi Centrum, Fül- Orr- Gégészeti és Fej- Nyaksebészeti Klinika

Cím: 4032 Debrecen, Nagyerdei krt. 98.

Telefon: (52) 414-763

E-mail: isziklai@jaguar.dote.hu

zások alkalmazásával. Az ABR vizsgálat két legfontosabb korlátja, hogy 2000 Hz alatti frekvenciatartományban, ill. 90 dB feletti nagyothallás i.e. jelentős fokú hallásromlás esetén megbízhatatlan. Ráadásul, az ABR hullámformák kiértékelésekor a vizsgáló részéről kikerülhetetlenek bizonyos szubjektív elemek, és ez további tévedésekhez vezethet (2).

Az „auditorikus steady state” (ASSR) potenciálok vizsgálata friss áramlatot hozott az objektív audiometria világába. Az OAE, ill. az ABR pillanatszerű, és statikus hangimpulzusai nyomán keletkező primitív és a kérgi hangfeldolgozó apparátus számára csupán elemi reakciók helyett az ASSR során alkalmazott komplex, folyamatos és dinamikus hangingerek hatására kialakult agyi potenciálok alapján az objektív hallásküszöb meghatározás mellett az impulzusok kérgi feldolgozottságáról – elsősorban annak komplexitásáról – is nyerünk információt.

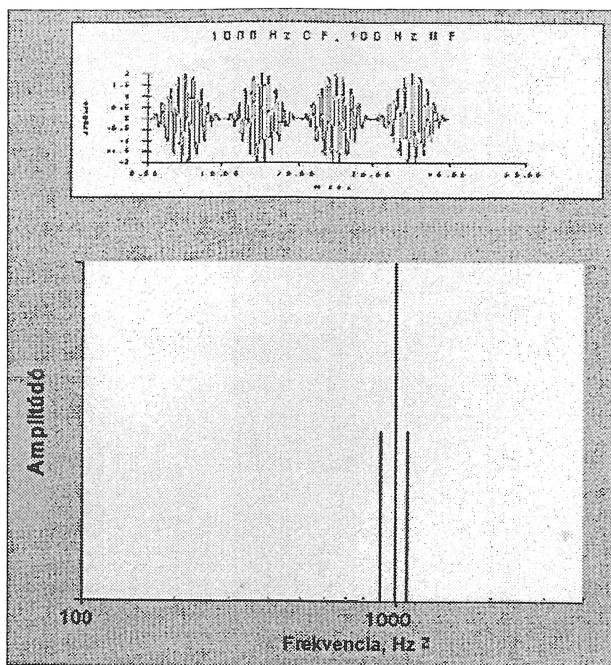
Vizsgálatainkban hallásküszöb meghatározásokat végeztünk ASSR segítségével. Az így nyert adatokat egyéb (ABR, OAE) objektív audiometriai vizsgálatok során nyert eredményekkel vetettük össze.

## Módszerek

### Az ASSR kiváltására alkalmazott hangstimulusok jellemzői

Az ASSR kiváltására használt stimulusok folyamatos hangingerek, melyek frekvencia- és amplitúdó-modulált sinusoid hangok. Nemcsak az inger, hanem a kapott válasz is steady-state, vagyis amíg a kiváltásra alkalmazott stimulus fennáll, a válasz is jelen van (6). Az ASSR meghatározások mérés technikáját magyar nyelven először Pytel, valamint Kisely Mihály és mtsai írták le 2004-ben

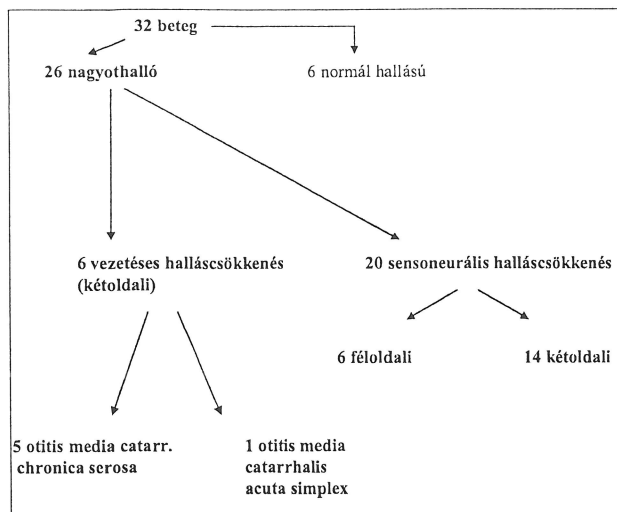
A módszer lényege a sinusos hanginger periodikus modulációja, vagyis a hanginger amplitúdóját és frekvenciáját periodikus jelleggel változtatjuk, miatt az ismert frekvenciájú szinuszos hangingert folyamatosan fenntartjuk. Az amplitúdó-moduláció (AM) azt jelenti, hogy az alkalmazott hanginger csomagokon belül a hangingerek intenzitását, azaz amplitúdóját milyen mértékben (százalékban) változtatjuk. A frekvencia moduláció (FM) lényege, hogy egy kiválasztott frekvenciájú hangingerhez egy meghatározott százalékkal magasabb és alacsonyabb frekvenciájú hangot is adunk egyidejűleg, ami a kiválasztott frekvenciájú hanggal közel azonos hangmagasságú. A modulációs frekvencia (MF) reprezentálja, hogy a kiválasztott AM és FM hanginger csomagot milyen gyakorisággal adjuk. A módszer frekvencia specifikusát az általunk kiválasztott tiszta hanginger frekvenciája biztosítja. Ez az ún. vivőfrekvencia (carrier



1. ábra. 1000 Hz vivőfrekvenciájú (CF), 100 Hz modulációs frekvenciájú (MF) hangstimulus és frekvencia spektruma

frequency, CF). Ennek a vivőhangnak a frekvenciáját és amplitúdóját változtatjuk az általunk meghatározott modulációs frekvencia értékének megfelelően. Más szóval, ha a FM 10%, ez azt jelenti, hogy az 1000 Hz-es carrier frekvenciájú hangingerhez egy 10%-al kisebb, azaz 900 Hz-es, és egy 10%-al nagyobb, 1100 Hz-es frekvenciájú hangingert is adunk egyidejűleg. Ezeket a hangcsoomagokat vagy idegen szóval „envelopokat” meghatározott gyakorisággal adjuk. Ha a modulációs frekvencia 100 Hz, akkor 100 Hz-es gyakorisággal, azaz 10 ms-onként, ha a MF 40 Hz, akkor 40 Hz-es gyakorisággal, azaz 25 ms-onként. Az 1. ábra felső része egy 1000 Hz-es vivőfrekvenciájú (CF) és 100 Hz-es modulációs frekvenciájú (MF) hangstimulust ábrázol, ami amplitúdó-modulált 100 Hz-en, azaz a hang amplitúdója 0–100%-ig terjed 100-szor másodpercenként. Az ábra azt mutatja, hogy a folyamatosan adott amplitúdó-modulált orsók ciklushossza egyenként 10 ms, így 1 s alatt 100 ilyen orsó van, ez pedig azt jelenti, hogy a modulációs frekvencia (MF) 100 Hz. Az 1. ábra alsó része az 1000 Hz-es amplitúdó modulált stimulus frekvencia-spektrumát ábrázolja. A spektrumról leolvasható, hogy a stimulusban az energia legnagyobb csúcса 1000 Hz-nél van, azaz a carrier frekvenciánál, ún. energia oldalsávokkal 900 és 1100 Hz-nél.

Az Audera ASSR mérései során a GSI által kifejlesztett szoftver beállításának megfelelően a 250–8000 Hz-ig változtatható vivőfrekvenciájú tisztahangot 100%-os amplitúdó-modulációnak és 10%-os frekvencia-modulációnak vetjük alá egyidőben. A



2. ábra: A vizsgálatba bevont betegek halláskárosodás szerinti megoszlása

100%-os amplitúdó-moduláció azt jelenti, hogy a vivőhang amplitúdóját másodpercenként 100 alkalommal változtatjuk 0-ról 100%-osra, az ezzel egy időben alkalmazott 10%-os frekvencia-moduláció pedig azt tükrözi, hogy a vivőhang frekvenciáját annak 10%-os frekvencia értékével pozitív és negatív irányba egyaránt változtatjuk, moduláljuk.

### Az „steady-state” válaszok jellemvonásai és értékelése

Amikor az ASSR stimulust adjuk hallásküszöbön vagy afölött, azok a szőrsejtek aktiválódnak a cochlea meghatározott területén, melyek eredetileg megfelelnek a hangfrekvenciának. A kialakult idegi aktivitás a hallópályán végighalad, s az EEG válasz összehangoltan, egyidejűleg történik a modulált frekvenciával (MF), vagyis követi azt. Az EEG válaszokat nem közvetlenül értékelik, hanem computeres jelátlagolást, számítógépes algoritmusokat használnak. A csúcsok komponensének nincs vizuális detektálása, nem mérjük a csúcsok latenciáját, amplitúdóját. Az ASSR detektálására számítógépes algoritmusokat használnak, melyeket a felvett EEG jelekre alkalmaznak, hogy értékeljék a az EEG aktivitás fázisát, nagyságát, ami megfelel a hang modulációs frekvenciájának és meghatározzák az auditorikus válasz jelenlétét vagy hiányát. Ezek az objektív technikák nemcsak a minőségi kontrollt biztosítják az eredmények értékelésében, de eliminálják a hullámformák vizsgáló általi szubjektív értelmezését is.

### Etikai szempontok

A vizsgálat minden részletében megegyezik az Európai Unió humán alanyokra vonatkozó klinikai vizsgál-

lati etikai előírásaival. A vizsgálat ezen felül rendelkezik a Debreceni Egyetem Orvos-Egészségtudományi Centrum helyi etikai bizottságának engedélyével (DEBAB 16K/2003).

### A vizsgálatban részt vevő betegek

A vizsgálatba 32 személy vontunk be (0,5–13 év), akik közül 6 normális hallású volt, 26 pedig valamilyen halláskárosodásban szenvedett. Valamennyi betegnél gyermekgyógyászati vizsgálat, indokolt esetben pedig pszichiátriai vizsgálat is történt. Ezután került sor intravénás narcoticum (propofol, 500  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{perc}$  infúzió) mellett az objektív audiometriai vizsgálatokra: otoacustikus emissio (OAE), tympanometria, valamint az ABR, ill. ASSR vizsgálatra. A vizsgálatba bevont betegek halláskárosodás szerinti megoszlását a 2. ábrán tüntettük fel.

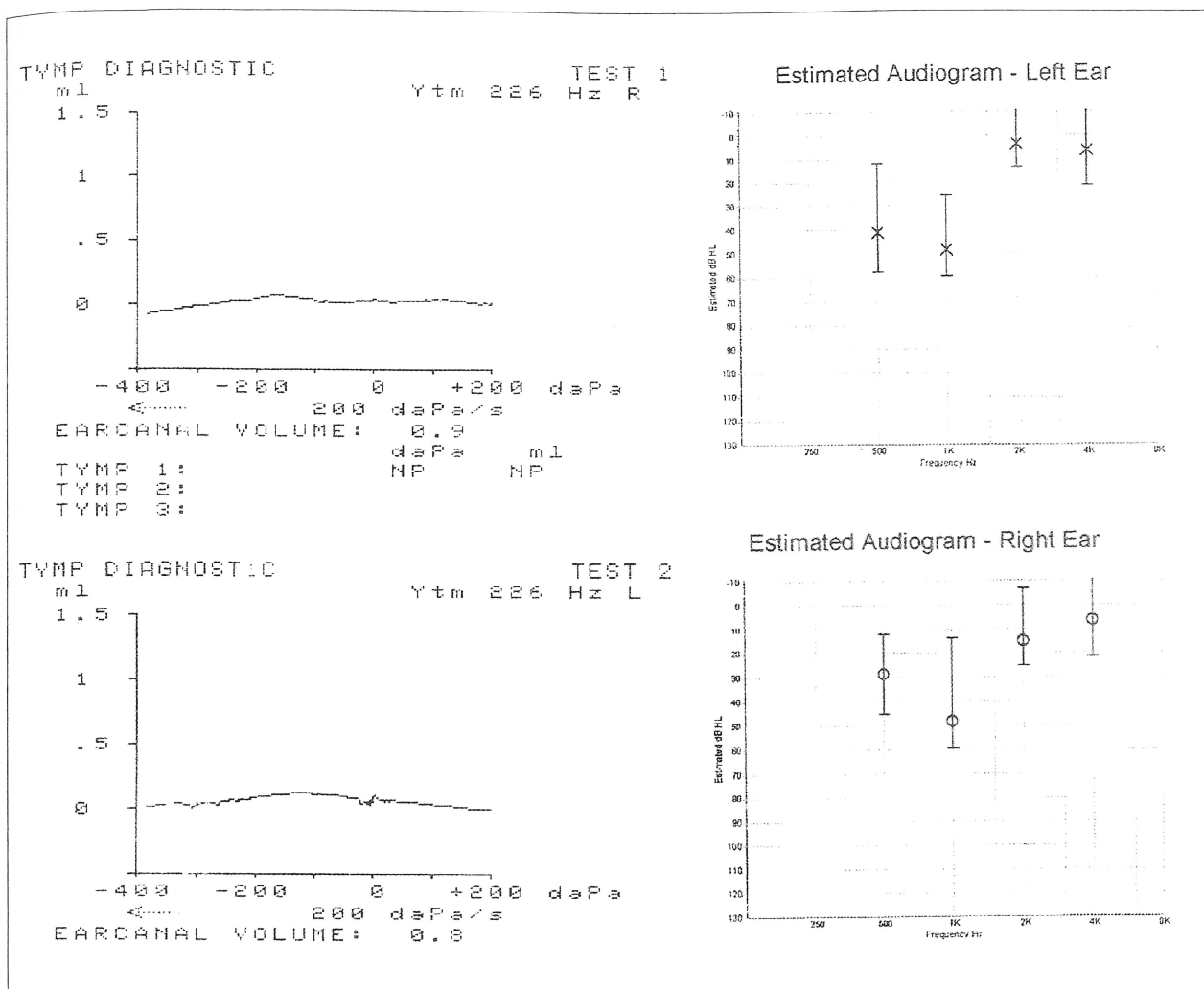
Valamennyi betegnél az objektív audiometriai vizsgálatokat megelőzően otoscopos vizsgálatot végeztünk, ha volt a hallójáratban cerumen, azt eltávolítottuk.

A tympanometriai vizsgálatot 226 Hz-es teszt tónus mellett +200 és -200 dPa/s közötti hangpásztázással végeztük (A2236 GSI 33 USA).

A tranziens otoacusticus emissziót (TOAE) és annak disztorziós produktumát (DPOAE) MADSEN 124417 Capella (Koppenhága, Dánia) márkájú készüléken regisztráltuk.

Az ABR küszöböt GSI AUDERA (Grason-Stadler Inc. WI) készüléken, AEP software segítségével állapítottuk meg. Az electro-encephalográfiás (EEG) jelet – amennyiben 90 dB -en volt ABR válasz – 20 dB-es léptékben csökkentett hangintenzitás mellett határoztuk meg. Objektív hallásküszöbnek az a minimális intenzitás tekinthető, ahol a regisztrátumon az V. hullám még felismerhető. A válaszok kiváltását monaurális, 100  $\mu\text{s}$ -os, 100–3000 Hz-es „click” impulzusok generálásával végeztük.

Az ASSR küszöbök meghatározását az ABR küszöbméréseket megelőzően végeztük. A mérésekhez GSI AUDERA (Grason-Stadler Inc. WI) készüléket használtunk. A regisztráló elektródok ellenállása valamennyi elektród esetében 3 k $\Omega$  alatt volt. Repetitív szinusoid amplitúdó/frekvencia-modulált (AM/FM) tónusimpulzusokat alkalmaztunk GST-ER3A 10 k $\Omega$  insertiós fülmikrofonokkal a Melbourne-i egyetemen kidolgozott AM/FM algoritmus szerint (3). A tesztfrekvenciák 250, 500, 1000, 2000, 4000 és 8000 Hz-esek voltak. A regisztráló elektródok jeleinek ASSR extrakcióját, valamint az ASSR automatikus jelgenerációt és statisztikai értékelést az alkalmazott AUDERA AEP software végezte el. A vizsgálati idő átlagosan



3. ábra. Tympanogram (felső kép) és ASSR alapján becsült objektív hallásküszöb (alsó kép) otitis media catarrhalis chronica serosa-ban

1,5 órát vett igénybe. A propofol (Deprivan EGIS, Hungary) infúzió megszakítását követően maximum 30 perccel az ébrenléti állapot teljesen helyreállt.

## Eredmények

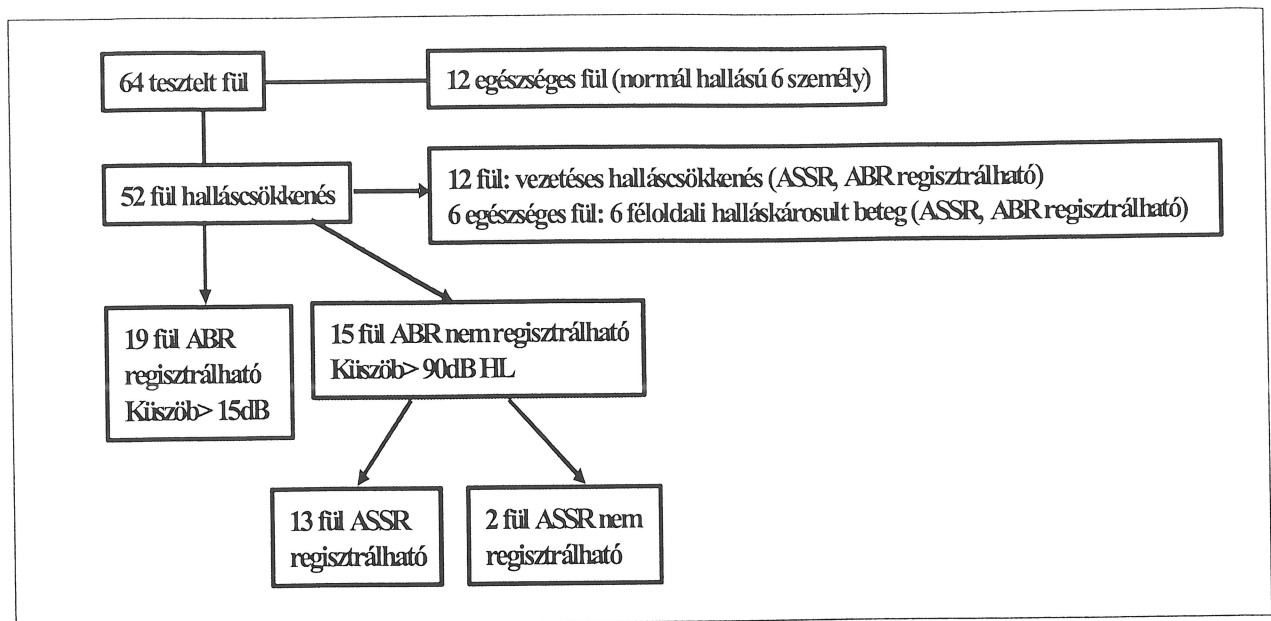
Összesen 32 gyermeket (21 fiú és 11 leány) vizsgáltunk meg a fent leírt módszerrel. Betegeink életkora 6 hónaptól 14 évig terjedt. A kombinált objektív audiometriai módszereknek köszönhetően 26 betegnél igazolódott valamilyen halláscsökkenés. Hat beteg normál hallónak bizonyult. A 26 halláskárosodott betegből 6 betegnek vezetékes típusú halláscsökkenése volt; 20 betegnél szenzoneurális típusú halláscsökkenést állapítottunk meg, melyből 6 eset csak féloldalinak, 14 eset kétoldalinak bizonyult.

Azoknál a betegeknél, akiknél a halláskárosodás gyanúja korábban felmerült, de az egyszerűbb objektív hallásvizsgálat (tympanometria) kooperáció hiányában, vagy mentális retardáció miatt nem volt kivitelezhető, szükségessé vált az objektív, altatásban

végzett vizsgálat szükségessége. Tekintettel arra, hogy az ASSR vizsgálat során az objektív hallásküszöböt szélesebb frekvencia-spektrumban (250–8000 Hz-ig) tudjuk megállapítani, és a vizsgálat csak kb. 15 perccel tart tovább, mint az ABR vizsgálat, ezért az ASSR vizsgálatot előnyben részesítettük az ABR vizsgálatokkal szemben.

Hat kétoldali vezetékes típusú halláscsökkenés esetében 5 beteg otitis media catarrhalis chronica serosa betegségben szenvedett, akiknél az ASSR vizsgálat során kb. 40 dB-es halláscsökkenést tapasztaltunk. Tympanogramjuk B típusú volt, s az otoakusztikus emissziót nem lehetett kiváltani. (3. ábra). Egy betegnél, aki otitis media catarrhalis acuta simplex betegségben szenvedett, 20 dB-es halláscsökkenést állapítottunk meg, tympanogramja C típusú volt, valamint OAE-t sem tudtuk kiváltani.

Húsz szenzoneurális halláscsökkenésben szenvedő betegnél 6 betegnek féloldali halláskárosodása volt, melyek közül 4 közepes fokú, 2 pedig súlyos fokúnak bizonyult. A 2 súlyos fokú esetben az ABR-t nem, az



4. ábra: Az ABR és az ASSR eredmények összefoglaló folyamatábrája

ASSR-t sikerült kiváltani. Valamennyi esetben a tympanometria A típusú volt, s az otoakusztikus emissziót nem tudtuk kiváltani. Tizennégy kétoldali eset közül 7 betegnél közepes fokú halláscsökkenést tapasztaltunk, ahol mind az ABR-t, mind az ASSR-t sikeresen meghatároztuk. Otoakusztikus emissziót nem lehetett kiváltani. Hat betegnél súlyos fokú halláscsökkenést állapítottunk meg, ahol ABR-t nem sikerült kiváltani, ASSR-t viszont igen. Egy beteg esetében az egyik oldalon súlyos fokú, a másik oldalon közepes fokú halláscsökkenésnek megfelelő objektív hallásküszöb emelkedést állapítottunk meg, ennek megfelelően a közepes fokú halláscsökkenés oldalán mind az ABR, mind az ASSR regisztrálható volt, a nagyfokú halláscsökkenést mutató másik oldalon csak az ASSR potenciálokat tudtuk kimutatni.

A fentieknek megfelelően teljes tympanogramot 64 fül vizsgálata során nyertünk, melyek közül A típusú volt 52, C típusú 2, B típusú 10. A DPOAE és a TOAE meghatározások alapján a következő eredmények születtek: normál TEOAE és DPOAE válaszokat láttunk a 64 vizsgált fülből 18-nál, emissziós választ egyáltalán nem mértünk 46 fül esetében. A TOAE hasonló eredményeket adott. 24 fül esetén láttunk normál ABR választ: V. hullám jelenlétét  $\leq 20$  dB HL-nél. Az ABR-rel rendelkező többi vizsgált fül esetén az ABR-rel megállapított objektív hallásküszöb 25–90 dB HL közé esett 12 fülnél, 28 fül esetében nem láttunk ABR-t (90 dB HL-nél).

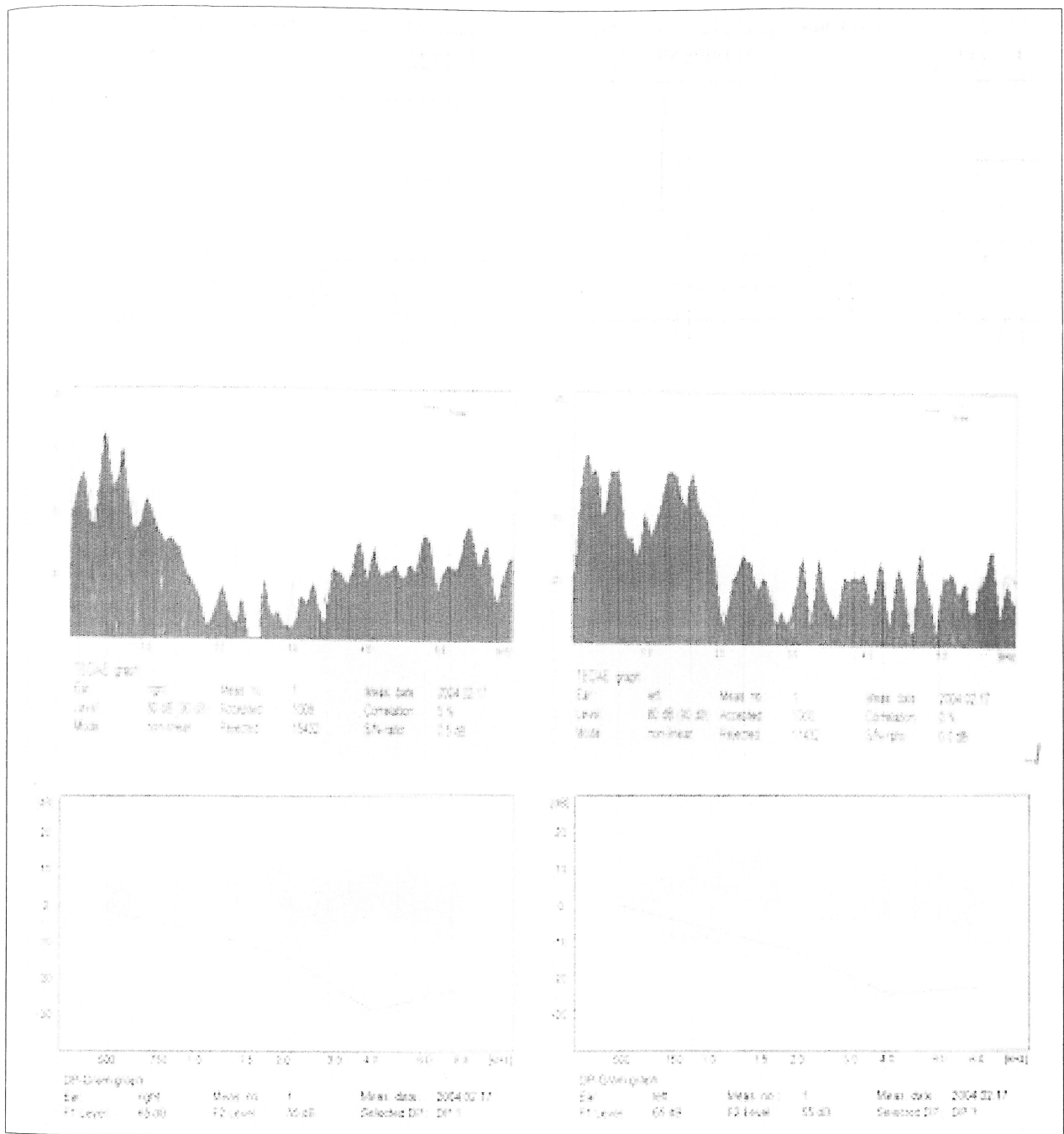
Az ASSR vizsgálatot valamennyi (64) fül esetében komplettáltuk. A jelen vizsgálat szempontjából igen fontos, hogy azon 15 fül esetében, ahol nem volt

ABR, 13 fül esetében sikerült meghatározni az objektív hallásküszöböt ASSR segítségével, azaz legalább három frekvencián voltak ASSR válaszok. Két fül esetében az objektív hallásküszöb rosszabb volt, mint 120 dB. Ezekben az esetekben ASSR segítségével sem sikerült az objektív frekvencia-specifikus hallásküszöböt megmérni (4–6. ábra).

Kathy R. Vander Werff és munkatársai (6) eredményihez hasonlóan szoros, szignifikáns korrelációt tapasztaltunk ( $r = 0,87$ ) az ABR és ASSR küszöbök korrelációs vizsgálatánál 2000–4000 Hz frekvenciákon (7. ábra).

## Az eredmények megbeszélése

Az elvégzett vizsgálatok alapján az ASSR pontosabb és informatívabb vizsgálatnak tűnik, mint az ABR, legalábbis a mi műszeres lehetőségeinket tekintve. Az ABR és az ASSR technikai összevetése alapján is kézenfekvő, hogy megfelelő stimulus algoritmusokat alkalmazva az ASSR dinamikus frekvencia-specifikus impulzus-felismerési információkat szolgáltat, ami igen kifejezett előny az ABR „click” ill. „tone burst” stimulus felismerési korlátaival szemben. Ráadásul, az ABR értékelésébe szubjektív elemek keverednek, hiszen a vizsgáló feladata, hogy az EEG V. hullámát felismeri-e vagy sem, ill. azt miként értékeli. Az ASSR jelintegrált, és software által végzett EEG értékelési mechanizmusa teljesen automatikus, valamint ez az értékelési folyamatot igen jól reprodukálható jelmintázatok támogatják. Az ASSR értékelésénél azonban tisztában kell lennünk azzal a



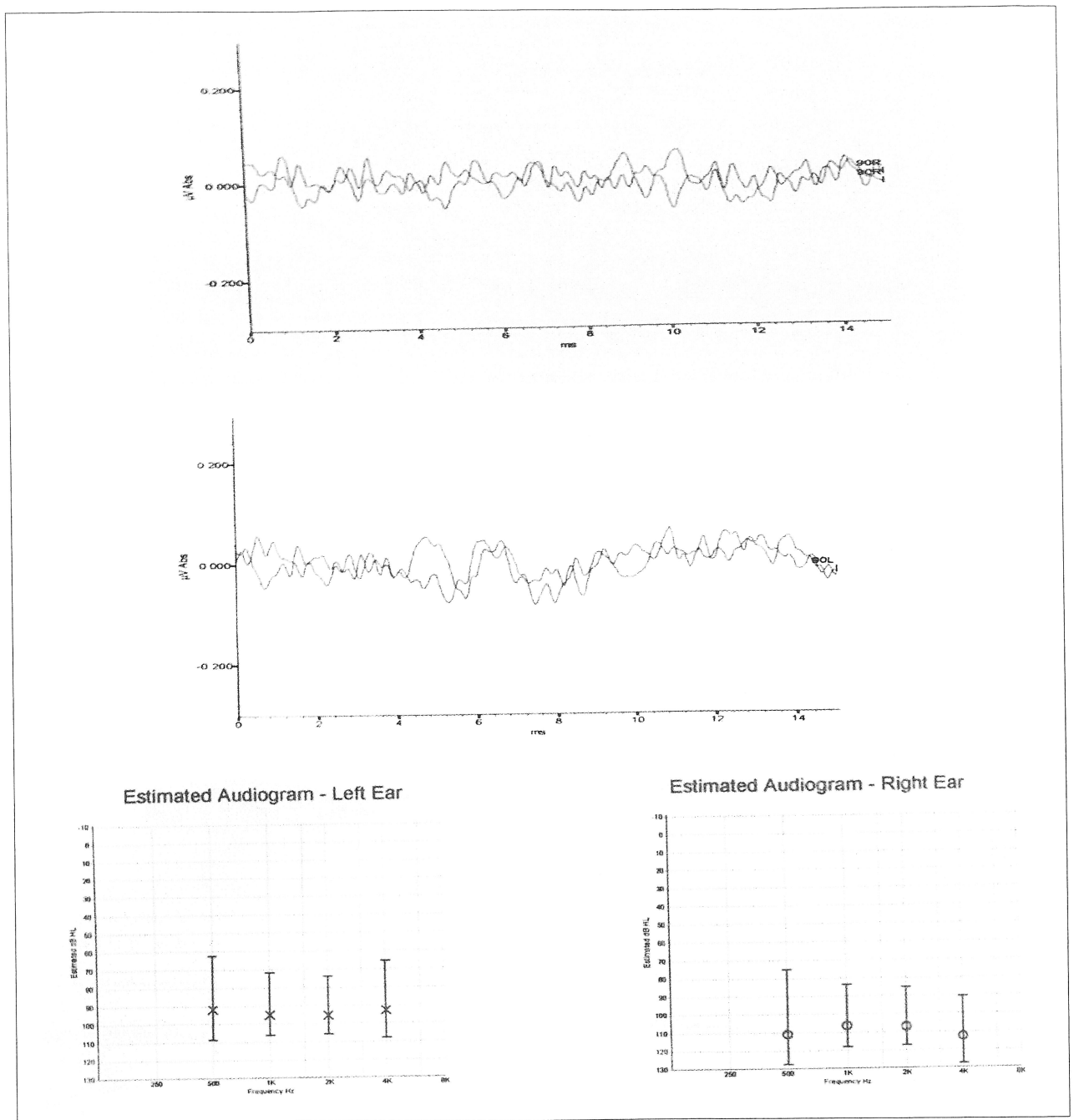
5. ábra. Eredeti regisztrátumok. Felső sor: jobb és baloldali tympanometria; középső sor: TEOAE; alsó sor: DPOAE

tapasztalati tényvel, hogy az ASSR küszöb normál hallásnál ill. enyhe fokú halláscsökkenésnél kb. 20 dB-es, közepes- vagy nagyfokú halláscsökkenésnél kb. 10 dB-es eltérést mutat a tisztahang hallásküszöbhez képest (5). A két módszer összevetésénél talán a legfontosabb gyakorlati következmény, hogy az ASSR akkor is képes kvantitatíve jellemezni egy igen súlyos halláscsökkenést, amikor ABR-el csak annyit látunk, hogy az ABR válasz hiányzik (3).

Igen fontos, hogy az alkalmazott objektív audiometriai módszerekkel megállapított normál halló páciensek között volt négy olyan beteg, akiket szüleik

feltételezett halláscsökkenés miatt hoztak a klinikákra. Közülük kettőnél autizmus, négyénél mentális retardáltság igazolódott.

Ismert, hogy 90–120 dB küszöbtartományban, vagyis igen súlyos halláscsökkenés esetén az egyszerű hangerősítés eredménye igen kétséges; 60–70 dB között a konvencionális hallókészülékekkel még elfogadható eredményt lehet elérni, 80 és 120 dB között pedig a hangerősítés már nem megfelelő, azaz amennyiben a hallóideg, ill. a centrális hallópálya ép, a megoldás cochleáris implantáció alkalmazása. Ennek eldöntésére egyrészt precíz halláscsökkenés meghatáro-



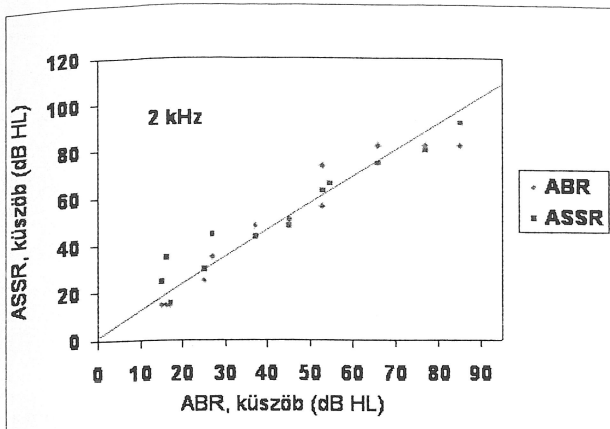
6. ábra. Eredeti regisztrátumok. Felső sor: jobb oldali ABR, középső sor: bal oldali ABR, alsó sor: bal és jobb oldali ASSR alapján becsült objektív hallásküszöb

zásra lenne szükség objektív audiometriai eszközökkel, amire az ASSR kétségtelenül alkalmasabb, mint az ABR. Másrészt, ha egy nem kooperáló gyermeknél felmerül a hallásvesztés lehetősége, s annak tudatában, hogy objektív hallásküszöböt csak altatásos vizsgálat keretében tudunk mérni, érdemesebb a frekvencia specifikus ASSR vizsgálatot elvégezni, mivel kis- közepes fokú halláscsökkenésnél ez a procedúra nem tart hosszabb ideig, mint a BERA vizsgálat, súlyos-fokú halláscsökkenésnél pedig maximum 15–20 perccel hosszabbodik meg a mérési idő, cserében

pontosabb frekvencia-specifikus hallásküszöb értékekhez jutunk.

Az ASSR másik, igen fontos előnye, hogy a dinamikus, frekvencia- és amplitúdó-modulált teszt-stimulusok a cochlea frekvencia locus-specifitása miatt sajátos, a stimulusként használt hang frekvenciájára jellemző kérgi aktivációt eredményez, amelynek alapján az auditorikus jelátvitel funkcionális anatómiai hibájára lehet következtetni.

Tekintettel arra, hogy a többcsatornás cochleáris implantátumok éppen a cochlea tonotopicitásának



7. ábra. Az ABR és az ASSR küszöbök korrelációs vizsgálata

kiaknázását jelentik, a FM/AM stimulus-stratégia lehetővé teszi egyrészt a szenzoneurális zavar pontos kiszűrését, másrészt segítséget adhat az effektív elektrod-programozás megtervezéséhez, továbbá objektív hallásküszöb mérést tesz lehetővé implantált gyerekek esetében altatásban szabad hangtérben. Ebben a kontextusban az ASSR a cochleáris implantációs programok legmegfelelőbb diagnosztikus eszköze, amely mind az indikáció pontosításában, mind a rehabilitációs folyamatban jelentős szerephez juthat.

Jelenleg a cochleáris implantáció szükségességének megítéléséhez legalább 3 hónapos hallókészülékpróbákat (ún. amplification trial) alkalmazunk, ami az amúgy is tetemes cochleáris implantációs „várólistás” időszakot tovább növeli. Az ASSR elterjedésével a precízebb objektív audiometriai lehetőségek igen fontos gyakorlati következménye lehet, hogy a cochleáris implantáció szükségességére irányuló döntés jelentősen lerövidül. Saját tapasztalatok híján csak anticipálni lehet, hogy az ASSR által nyújtott lehetőségek révén a cochleáris implantációk rehabilitációs eredményei is jelentősen javulhatnak, mivel a készülékek beállítását nagyban támogatja egy olyan, dinamikus objektív audiometriai eszköz, mint az ASSR.

**Összefoglalva:** az ASSR alkalmas frekvencia-specifikus objektív hallásküszöb meghatározásra – csecsemőknél kiemelten, de bármely más életkorban is. Egyéb objektív audiológiai módszer alkalmazásával együtt, mint pl. a BERA, OAE, tympanometria segítségével megállapíthatjuk a halláscsökkenés jellegét (vezetési, idegi), mértékét, s ennek megfelelően dolgozhatjuk ki terápiás stratégiáinkat. Legfőképpen annak eldöntése fontos, hogy a halláskárosult gyermek egyszerűen csak fülészeti kezelésre szorul, vagy hallókészülékre van szüksége., Ezen belül pontosan megbecsülhető, hogy kis-, közepes- vagy nagy teljesítményű készüléket kell-e választani, valamint ezzel

a módszerrel jóval pontosabban írható körül a cochleáris implantatio szükségességének megítélése. A fentiekén túlmenően valamennyi hallókészüléket és cochleáris implantátumot használó beteg számára a rehabilitációs program sikerét az ASSR rutinszerű alkalmazása nagyban támogathatja. Külön terület lehet a fül-orr-gégészet és a neuro-pszichiátria határterületén a psychoszindrómákhoz kapcsolódó kognitív zavarok pontos felderítése.

## Irodalom

1. Cohen, L. T.: Auditory steady-state evoked potentials: Automated threshold estimation in awake and sleeping subjects. PhD Thesis July 1990. Department of Otolaryngology, The University of Melbourne 1990.
2. Dobie, R. A. and Wilson, M. J.: Objective response detection in the frequency domain *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 88, 516-524, 1993.
3. Pytel J., Járai T., Bognár Á.: Auditoros steady-state válaszok *Fül-Orr-Gégégyógy* 50 (1), 55-59, 2004.
4. Rickards, F. W., Tan, L. E., Cohen, L. T., Wilson, O. J., Drew, J. H., and Clark, G. M.: Auditory steady-state evoked potential in newborns *Br J Audiol* 28, 327-337, 1994.
5. Starr, A., Picton, T. W., Sininger, Y., Hood, L. J., and Berlin, C. I.: Auditory neuropathy *Brain* 119 (Pt 3), 741-753, 1996.
6. Van der Werff, K. R., Brown, C. J., Gienapp, B. A., and Schmidt Clay, K. M.: Comparison of auditory steady-state response and auditory brainstem response thresholds in children *J Am Acad Audiol* 13, 227-235, 2002.

**ZUSAMMENFASSUNG:** Die Publikation stellt sich zum Ziel, die frequenzspezifischen objektiven Hörschwellenmessungen, die auditiven steady-state-Anworten (ASSR) zu bewerten und mit den Ergebnissen der übrigen objektiven audiometrischen Untersuchungen (ABR, OAE) zu vergleichen. An der prospektiven klinischen Studie nahmen 32 Kinder im Alter von 2-14 Jahren teil. In Narkose bestimmen wir die ASSR, ABR, OAE und die tympanometrischen Ergebnisse. ASSR-Untersuchungen gelangen an allen 64 Ohren. Von 15 Ohren, an denen keine ABR-Antworten abgeleitet werden konnten, gelang bei 13 die Bestimmung der objektiven Hörschwelle mit ASSR. Die beiden Ohren, bei denen die Antworten schlechter waren als 120 dB, konnte auch mit den ASSR keine objektive frequenzspezifische Hörschwelle gemessen werden. Die ABR und ASSR zeigten enge, signifikante Korrelation bei den Frequenzen 2000-4000 Hz. Bei Patienten mit Hörschwellen über 90 dB bietet die ASSR-Untersuchung einen großen Vorteil gegenüber der ABR, da sie eine objektiv auswertbare, frequenzspezifische Schwellenmessung in breitem Frequenzspektrum (250-8000 Hz) ermöglicht, und die Untersuchung außerdem nur 15 Minuten mehr in Anspruch nimmt als die ABR.

**SCHLÜSSELWÖRTER:** Amplitudenmodulation (AM), auditorische steady-state-Antwort (ASSR), Frequenzmodulation (FM), frequenzspezifische objektive Hörschwellenmessung, Modulationsfrequenz (MF).