

Korai tapasztalatok az Advanced Bionics cochlearis implantátummal

Dimák Balázs dr. ■ Schulcz Rebeka Anna
Nagy Roland dr. ■ Bere Zsófia dr. ■ Posta Bálint dr. ■ Perényi Ádám dr.
Rovó László dr. ■ Csanád Miklós dr.

Szegedi Tudományegyetem, Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar,
Fül-Orr-Gégészeti és Fej-Nyaksebészeti Klinika, Szeged

Bevezetés: A Szegedi Tudományegyetem Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Karának Fül-Orr-Gégészeti és Fej-Nyaksebészeti Klinikáján 1995-ben történt az első cochlearis implantáció. 2022. augusztus 11-én lehetőség nyílt klinikánkon a hazánkban még kevésbé ismert, de nemzetközileg elismert implantátumgyártó cég, az Advanced Bionics által forgalmazott HiRes Ultra 3D implantátum beültetésére.

Céltűzés: Klinikánkon jelenleg a páciensek a Cochlear Ltd., illetve a MED-EL GmbH készülékeivel kerülnek rehabilitációra. Ezen ellátási spektrum kiszélesítése érdekében megtörtént az első Advanced Bionics cochlearis implantációs műtét klinikánkon. A jelen tanulmány célja e tapasztalatok ismertetése.

Módszer: Tanulmányunk során beültetésre került egy HiRes Ultra 3D implantátum. Az operáció alatt elektrofiziológiai mérések (elektromosan kiváltott stapediusreflex-küszöb [ESRT], idegválasz-telemetria [NRT] és impedancia) történtek. Eredményeinket az Active Insertion Monitoring rendszer segítségével rögzítettük.

Eredmények: Az impedanciaértékek megfelelőek voltak, az idegi válasz és az elektromos stapediusreflex kiváltható volt. A klinikai protokoll értelmében a közvetlen sebzés után az elektróda cochleán belüli pozícióját kis dózisos fluoroszkópos felvétellel is ellenőriztük.

Megbeszélés: Rövid távú tapasztalataink azt mutatják, hogy az Advanced Bionics implantátum teljes mértékben alkalmas a belsőfül-eredetű irreverzibilis halláscsökkenés, hallásmaradvány megőrzésére.

Következtetés: Eredményeink alapján az implantátum lehetőséget nyújt a hallásmaradvány megőrzésére is. Műtéttechnikai szempontból hasonló konstrukciót kínál, mint a jelenlegi klinikai portfólióban szereplő másik két gyártó készülékei.

Orv Hetil. 2024; 165(45): 1772–1778.

Kulcsszavak: cochlearis implantáció, halláscsökkenés, hallásmaradvány megőrzése

Early experiences with the Advanced Bionics cochlear implant

Introduction: The first cochlear implantation was performed in 1995 at the Department of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery of the Albert Szent-Györgyi Medical School at the University of Szeged. On August 11, 2022, our clinic had the opportunity to insert the HiRes Ultra 3D implant, distributed by Advanced Bionics, a company that is less known in Hungary but internationally well-recognized.

Objective: Currently, patients at our clinic are rehabilitated with devices from Cochlear Ltd. and MED-EL GmbH. To broaden this range of services, the first Advanced Bionics cochlear implantation surgery was performed at our clinic.

Method: In our study, a HiRes Ultra 3D implant was implanted. During the operation, electrophysiological measurements (electrically evoked stapedius reflex threshold [ESRT], neural response telemetry [NRT], and impedance) were performed. The results were recorded using the Active Insertion Monitoring system. Hereinafter, we would like to review our initial experience.

Results: The impedance thresholds were adequate, and both the neural response and the electrical stapedius reflex were responsible included. In accordance with the clinical protocol, after the immediate wound closure, the position of the electrode within the cochlea was also checked with low-dose fluoroscopic imaging.

Discussion: Our short-term experience indicates that Advanced Bionics implant is fully suitable for serve sensorineural hearing loss.

Conclusion: Based on our results, the implant offers the possibility of preserving residual hearing. From a surgical technique perspective, it provides a construction similar to the other two manufacturers' current devices in the clinical portfolio.

Keywords: cochlear implantation, hearing loss, hearing preservation

Dimák B, Schulcz RA, Nagy R, Bere Zs, Posta B, Perényi Á, Rovó L, Csanády M. [Early experiences with the Advanced Bionics cochlear implant]. *Orv Hetil.* 2024; 165(45): 1772–1778.

(Beérkezett: 2024. augusztus 30.; elfogadva: 2024. szeptember 24.)

Rövidítések

AIM = (Active Insertion Monitoring); ASSR = (auditory steady-state response) auditoros folytonos válasz; CI = cochlearis implantátum; CT = (computed tomography) komputertomográfia; EAS = elektroakusztikus stimuláció; E-BERA = (electric brainstem evoked response audiometry) elektromosan kiváltott agytörzsi válasz audiometria; ECAP = (electric commutative action potential) elektromosan kiváltott válasz összetett akciós potenciálja; ECochG = electrocochleographia; ESRT = (electrically evoked stapedius reflex threshold) elektromosan kiváltott stapediusreflex-küszöb; HL = (hearing loss) halláscsökkenés; MRI = (magnetic resonance imaging) mágnesesrezonancia-képzéskészítés; NRT = (neural response telemetry) idegi-válasz-telemetria; SSD = (single-sided deafness) féloldali siketség

A cochlearis implantátum feladata a belsőfül-eredetű irreverzibilis halláskárosodás kezelése a csigába juttatott elektródasor segítségével, megoldást nyújtva a súlyos fokú idegi halláskárosodásban szenvedőknek. Ez a klaszikus indikáció, de napjainkban ez a spektrum folyamatosan szélesedik [1]. A vékony, perimodiolaris elektródaprofilnak köszönhetően egyre kisebb korban, illetve egyre több problémára nyújt megoldást a cochlearis implantátum, legyen az féloldali siketség (single-sided deafness – SSD) vagy csak a nagy frekvenciákon regisztrált nagy/súlyos fokú, cochlearis eredetű halláskárosodás [2–5.] Az előre görbített elektródasorok sebészileg is könnyebb behelyezést biztosítanak, emellett a modiolustól való kisebb távolságuk miatt jobb beszédértési eredmények érhetők el a posztoperatív fázisban [6].

A Szegedi Tudományegyetem Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Karának Fül-Orr-Gégészeti és Fej-Nyaksebészeti Klinikáján 1995-ben történt az első belsőfül-implantáció. Azóta 740 készülék került beültetésre két nemzetközi gyártó (Cochlear Ltd., Sydney, Ausztrália; MED-EL GmbH, Innsbruck, Ausztria) CI-készülékének repertoárjából.

Klinikánkon 2022. augusztus 11-én először nyílt lehetőség a hazánkban még kevésbé ismert, de nemzetközileg elismert implantátumgyártó cég, az Advanced Bionics által forgalmazott HiRes Ultra 3D implantátum beültetésére. A cég jelenlegi kínálatában 4 modell található, 2 elektródaprofil-család részeként. A HiRes 90K Advantage 'lateral wall' (1J Electrode), illetve előre gör-

bített (Mid-Scala) elektródaprofillal. A HiRes Ultra 3D abban különbözik az előbb említett családtól, hogy az implantátumtestben található mágnes 3 tesla mágneses térerősségig MRI-kompatibilis mindenféle rögzítés, szorítókötés nélkül. Ez a család is 2 elektródaprofillal került a nagyközönség elé: HiFocus SlimJ 'lateral wall', illetve HiFocus Mid-Scala modiolaris elektródasorral [7].

Célkitűzés

Klinikánkon jelenleg a páciensek a Cochlear Ltd., illetve a MED-EL GmbH készülékeivel kerülnek rehabilitációra. A leggyakrabban a Cochlear előre görbített, perimodiolaris elektródaprofiljával történik az ellátás (a MED-EL gyártónak jelenleg nincs ilyen elektródacsaládja). Ezen ellátási spektrum kiszélesítése érdekében megtörtént az első Advanced Bionics cochlearis implantációs műtét klinikánkon.

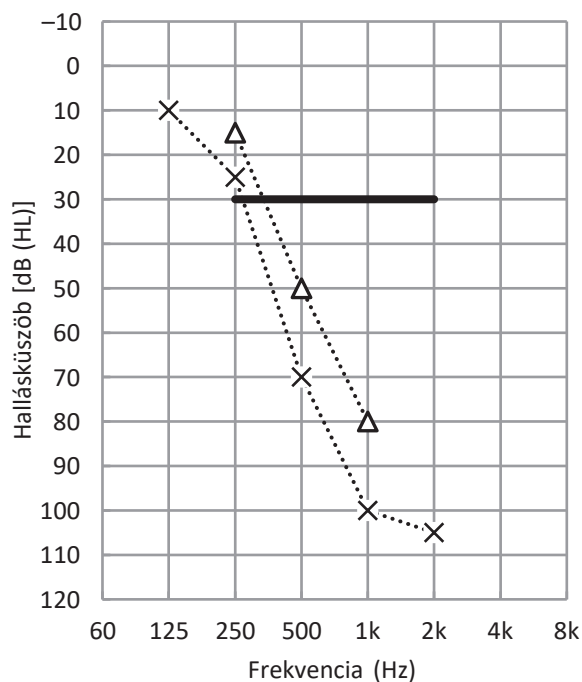
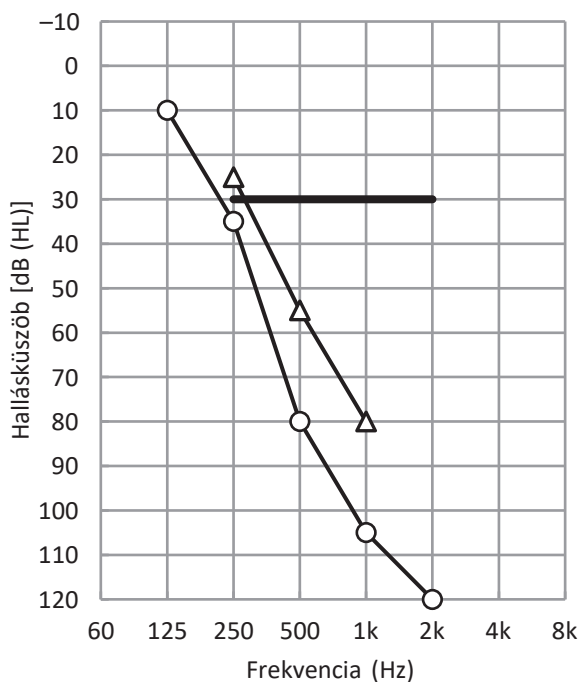
Módszer

HiRes Ultra 3D

Az implantátum elektronikus alkatrészei hermetikusan zárt titánházban helyezkednek el, amelyhez egy kivethető mágnes és telemetriás tekercs kapcsolódik. A titánház egy részét, a mágneset és a tekercset szilikontok fedik, amely elszigeteli az élő szövetektől. Az implantátumtest 28,5 mm széles, a hossza pedig 56,2 mm. Az elektródasor 16 platina stimulálópontot biztosít 0,12 mm² érintkezési felülettel. Az elektródák távolsága 0,975 mm, így az aktív elektródasor hossza 15 mm, átmérője 0,7 mm. Ezek a paraméterek közel azonosak minden gyártónál. A gyártó ajánlása szerint komplikáció esetén (visszatekeredés [8], transzlokáció [9, 10]) maximálisan 3 alkalommal történhet reinszerció egyazon páciensnél.

Betegek

24 éves, hallásmaradvánnyal rendelkező férfi betegünk gyermekkor óta szenved kétoldali, idegi eredetű halláscsökkenésben (1. ábra). Mindkét oldalon Resound Enzo 598 típusú nagy fokú konvencionális hallókészüléket visel, így beszédértése 70 dB (HL) intenzitáson 60% maxi-



1. ábra

Preoperatív tisztahangküszöb-audiometriás eredmények. Az implantációt a jobb fülön végeztük el (folytonos görbék), az ellenoldali hallást a szaggatott görbék jelzik. A preoperatív tisztahangküszöb-audiometria a beszédfrekvenciákon (0,5–2,0 kHz) átlagosan jobb oldalon 101,67 dB (HL), bal oldalon pedig 91,67 dB (HL) hallásküszöböt igazolt

O; x = légvezetési küszöb; Δ = csontvezetési küszöb; HL = halláscsökkenés

mumot ér el szabad hangterez vizsgálata során. A műtét előtt elvégzett képalkotó vizsgálatok (CT és MRI) ép belsőfül-struktúrákat igazoltak mindkét oldalon. Szubjektív audiometria, illetve objektív hallásvizsgálatok alapján a beteg megfelelt a cochlearis implantáció indikációs kritériumainak. Küszöb-audiometriás vizsgálatok során a beszédfrekvenciákon (0,5–2,0 kHz) átlagosan jobb oldalon 101,67 dB (HL), bal oldalon pedig 91,67 dB (HL) hallásküszöb volt mérhető. Az otoakusztikus emissziós vizsgálat mindkét oldalon hiányzó szörsejtaktivitást igazolt; 90 dB (HL) hangintenzitás mellett egyik oldalon sem volt regisztrálható agytörzsi kiváltott válasz potenciál. Az ASSR-vizsgálat eredménye azt mutatta, hogy jobb oldalon 0,5–1 kHz tartományban a betegnek 75–100 dB (HL) hallásmaradványa, míg bal oldalon anacusisa van.

Munkacsoportunk a beteg leletei alapján a cochlearis implantáció mellett döntött. A beültetendő készülék az Advanced Bionics HiRes Ultra 3D HiFocus Mid-Scala elektródasora lett. Ez az eszköz Magyarországon jelenleg kevésbé elterjedt, de az európai centrumok nagy esetszámmal használják, így külön etikai engedélyezésre nem volt szükség.

Műtét

A műtét során az operátor a „soft surgery” operációs metódus elveit követte. Ezen eljárás fogalmát, illetve szempontjait elsőként *Lehnhardt* közölte 1993-ban

[11]. A minimálisan invazív cochlearis implantációs módszer nem konkrét metodika, hanem inkább olyan szabályrendszernek tekinthető, amelyet követve minimálisan csökkenthető a maradványhallás romlásának mértéke. A reziduális hallás megőrzésének célja, hogy elektroakusztikus rendszerekkel (electric-acoustic stimulation [EAS] technology) hasznosítható legyen [12]. Ez azt jelenti, hogy a mély frekvenciás tartományban konvencionális erősítés, míg a magas régióban elektromos ingerlés vált ki hallásélményt.

Az elektróda behelyezése a kerek ablakon keresztül történt, annak kiterjesztésével. A csont szükséges mértékű elfúrásához 1 mm átmérőjű gyémántfúró alkalmazható lassú fordulatszámra, ezzel elkerülve a fúrás során keletkező hang- és hőtraumát [13]. A kerekablak-membrán megnyitása előtt, annak felszínére szteroidtartalmú oldat került befecskendezésre. A megnyitást követően az elektródasor bevezetése a lehető legkisebb erő kifejtése mellett történt, folyamatosan monitorozva a gyártó által fejlesztett AIM- (Active Insertion Monitoring) rendszer, valamint kis sugárdózisú fluoroszkóp (Cios Spin C-arm, Siemens, München, Németország) segítségével [14]. Az elektródasor bevezetését elősegítette a felszínének szteroidos oldattal történő bevonása. Amint az elektróda a megfelelő hosszúságban a helyére került, a kerek ablak autológ szövetrel (fascia) került lezárásra. Az implantátumtest egy, a gyártó által hitelesített mintasablon segítségével, a bőr alatt kialakított preformált szövet közötti részbe került behelyezésre.

Intraoperatív elektrofiziológiai mérések

Az intraoperatív elektrofiziológiai vizsgálatok közvetlenül az elektróda behelyezése után, a sebzés előtt már információt adnak az egyes elektródák működőképességéről, felhasználhatóságáról. A modern cochlearis implantátum kétirányú információáramlása nemcsak a csiga stimulálására ad lehetőséget, hanem a különböző elektromos jelek elvezetésére is. Ennek a telemetriai rendszernek a segítségével impedancia-telemetria és idegválasz-telemetria mérhető.

Impedancia-telemetria

A cochlearis implantátum működését különféle fizikai paraméterek mérése segíti, az egyik legfontosabb az elektromos impedancia mérése. Habár az elektródák közvetlen ellenállásmérése nem kivitelezhető, az értékeket a feszültség méréseivel lehet kalkulálni, amint azt Ohm törvénye is leírja. Cochlearis implantátum esetén a mérés a feszültségtelemetria néven ismert protokoll használatával történik [10, 15].

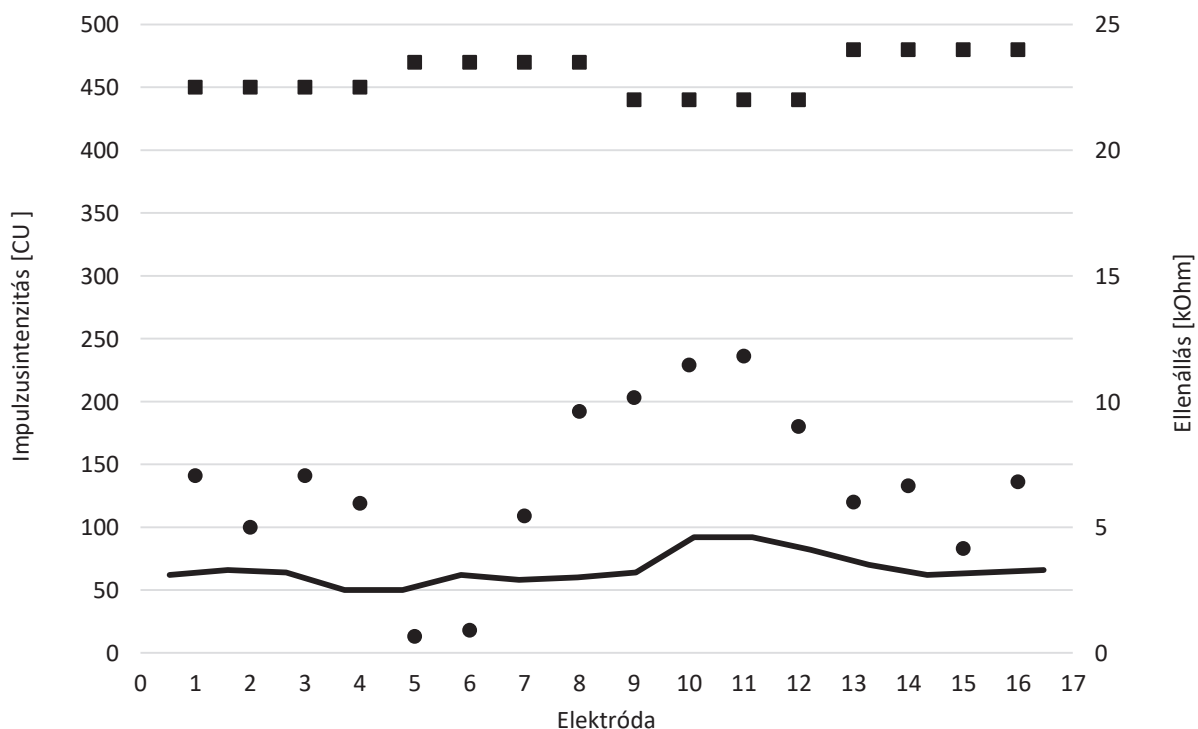
Idegválasz-telemetria (NRT)

A cochlearis implantátumot viselő betegek hallásküszöb-szintjei jól korrelálnak az elektromosan kiváltott agytörzsi válaszokkal (E-BERA). Az elektromosan kiváltott válasz összetett akciós potenciáljai (ECAP), amelyek szorosan kapcsolódnak az E-BERA-hoz, szintén hasonló összefüggést mutatnának a posztoperatív küszöbértékkel. Ez az eljárás idegválasz-telemetriaként (NRT) ismert. Az NRT a cochlea belsejében méri a ganglion spirale sejtek tüzelésének akciós potenciálját. A hallóidegből származó ECAP-ot nagy negatív csúcs (N1) jellemzi, nagyon rövid késéssel (egy milliszekundum töredékén belül), amelyet pozitív csúcs követ (P1). A csúcs-csúcs-amplitúdó értékét (P1-N1) mérjük. A hangprocesszor működésbe hozza a kiválasztott intracochlearis elektródát, amely elektromosan ingerli a környező idegelemeket. Ezekben akciós potenciált generál, amely egy szomszédos elektródával regisztrálható. Az elektromos jel visszajut a hangprocesszorba, majd megfelelő szoftver segítségével átlagolható, analizálható. Az ingerlő és regisztráló elektródák megfelelő megválasztásával feltérképezhetjük az egyes elektródák közelében elhelyezkedő hallóidegelemek működőképességét. A regisztrált potenciálok paramétereiből pedig következtethetünk a szubjektív hallás- és komfortküszöbértékekre, ami segítségül szolgál a cochlearis implantátum ideális programozásához [16].

rosan kapcsolódnak az E-BERA-hoz, szintén hasonló összefüggést mutatnának a posztoperatív küszöbértékkel. Ez az eljárás idegválasz-telemetriaként (NRT) ismert. Az NRT a cochlea belsejében méri a ganglion spirale sejtek tüzelésének akciós potenciálját. A hallóidegből származó ECAP-ot nagy negatív csúcs (N1) jellemzi, nagyon rövid késéssel (egy milliszekundum töredékén belül), amelyet pozitív csúcs követ (P1). A csúcs-csúcs-amplitúdó értékét (P1-N1) mérjük. A hangprocesszor működésbe hozza a kiválasztott intracochlearis elektródát, amely elektromosan ingerli a környező idegelemeket. Ezekben akciós potenciált generál, amely egy szomszédos elektródával regisztrálható. Az elektromos jel visszajut a hangprocesszorba, majd megfelelő szoftver segítségével átlagolható, analizálható. Az ingerlő és regisztráló elektródák megfelelő megválasztásával feltérképezhetjük az egyes elektródák közelében elhelyezkedő hallóidegelemek működőképességét. A regisztrált potenciálok paramétereiből pedig következtethetünk a szubjektív hallás- és komfortküszöbértékekre, ami segítségül szolgál a cochlearis implantátum ideális programozásához [16].

Elektromosan kiváltott stapediusréflex-küszöb (ESRT)

A műtét során, a sebzást megelőzően ESRT-vizsgálat végezhető. Az erős hangokra életlenül kialakult stapediusréflex-kontrakció elektromosan kiváltott erős hang-



2. ábra

Az intraoperatív elektrofiziológiai mérések (impedancia-telemetria, NRT, ESRT) eredményei 24 éves férfi beteg cochlearis implantációja során

■ = ESRT; ● = NRT-küszöb; folytonos vonal = impedanciaértékek

ESRT = elektromosan kiváltott stapediusréflex-küszöb; NRT = idegválasz-telemetria

hatással is indikálható, amely mikroszkópon keresztül jól megfigyelhető és regisztrálható. Az ESRT-mérések 4 elektródaregióban történtek. Ezek az elektródák a töltést 15%-kal növeljük mindaddig, amíg reflexes kontrakció határozottan nem vizualizálódik. A küszöbértékeket 3%-os lépésekben csökkentjük, amíg az izomkontrakció meg nem szűnik [17].

Electrocochleographia

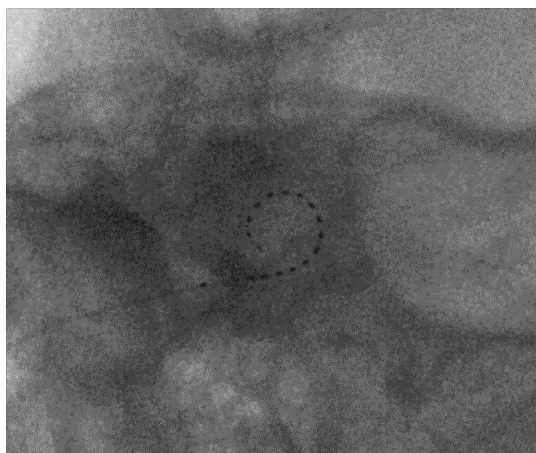
Végezetül az electrocochleographia (ECochG) segítségével, az akusztikus ingerekre adott idegi válasz elvezetésével lehetőségünk van monitorozni a belső fül és a hallóidegek állapotát az elektródasor bevezetése közben. 125 Hz-től 4000 Hz-ig képes objektív audiometriás vizsgálatot végezni másodpercek alatt a páciens implantátumának használatával [18].

AIM-rendszer

Az AIM-rendszer célzottan klinikai használatra tervezett eszköz, amely elősegíti az intra-, illetve a posztoperatív szakaszban elvégzett elektrofiziológiai méréseket. Ez az eszköz integráltan végzi el gyorsan az ECochG, impedancia-telemetria, NRT és ESRT vizsgálatokat. A kezelőfelület könnyen használható és igen felhasználóbarát. Fizikai paramétereit alapján nincs nagy helyigénye, kicsi, kompakt eszköz. A mérések után az adatok könnyen exportálhatók, jól áttekinthetők, valamint megoszthatók azokkal a számítógépekkel, amelyek a későbbiekben a készülékbeállítás történik.

Eredmények

Az intraoperatív elektrofiziológiai mérések az AIM-rendszerrel történtek. Az impedanciaértékek megfelelőek voltak, az idegi válasz és az elektromos stapediusreflex kiváltható volt (2. ábra).



3. ábra | Posztoperatív röntgenfelvétel a páciens jobb oldali cochleájába helyezett Advanced Bionics HiRes Ultra 3D HiFocus Mid-Scala elektródasorról

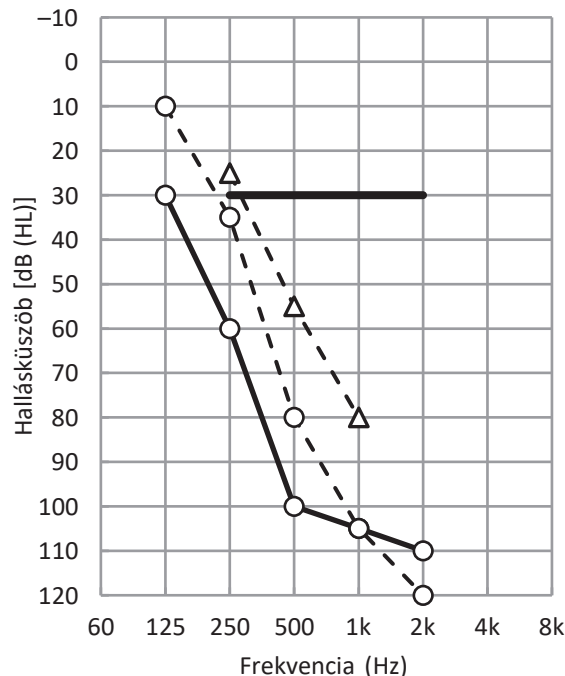
A klinikai protokoll értelmében közvetlenül a sebzés után az elektróda cochleán belüli pozícióját kis dózisu fluoroszkópos felvétellel is megerősítettük (3. ábra).

Intézményünkben nagy hangsúlyt fektetünk a lehetséges hallásmaradvány megőrzésére [19], ezért megvizsgáltuk a páciens tisztahangküszöb-eredményeit (4. ábra). Azt tapasztaltuk, hogy a kezdeti 101,67 dB (HL) beszéd tartományban mért átlagértékek 105 dB (HL)-re változtak.

Az implantációt követően fél évvel kíváncsiak voltunk, hogyan hall a beteg, ennek ellenőrzésére szabad hangterez audiometriás vizsgálatot készítettünk (5. ábra). A cochlearis implantátummal átlag 17 dB (HL), a hallókészülékkel átlag 23,4 dB (HL) volt a hallásküszöb, amely a szociális hallásküszöbön belül van.

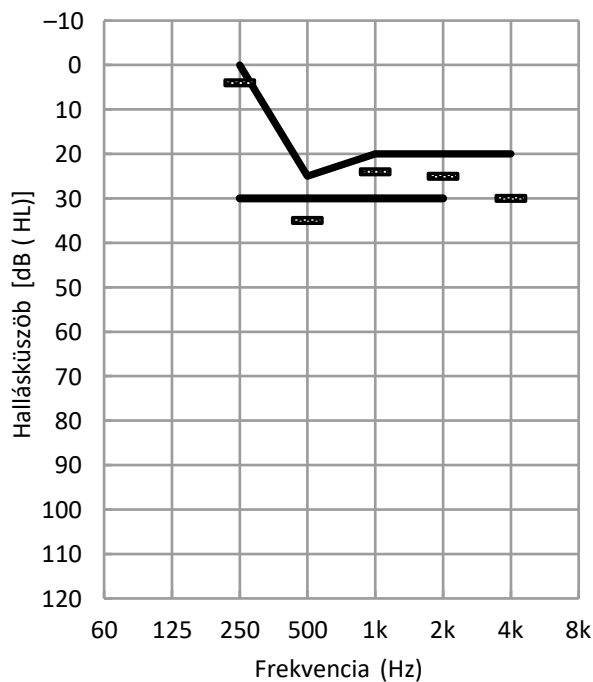
Megbeszélés

Tapasztalataink azt mutatják, hogy a konvencionális hallókészülékeket a páciensek hamarabb megszokják. Ez teljes mértékben érthető, hiszen könnyebb arra támaszkodni, ami természetes. Ezzel szemben a cochlearis implantátum kikerüli a hang „természetes útját”, így ennek használata az agynak egy tanulási folyamat, amely időben elhúzódik. Az EAS-technológia lehetőséget ad arra, hogy mély frekvenciákon konvencionális hallókészülék-



4. ábra | Posztoperatív tisztahangküszöb-audiometriás eredmények. Az implantációt a jobb fülön végeztük el. A posztoperatív tisztahangküszöb-audiometria a beszéd frekvenciákon (0,5–2,0 kHz) átlagosan jobb oldalon 105 dB (HL)-ra változott

folytonos/szagattott vonal = pre-/posztoperatív eredmények; O = légvezetési küszöb; Δ = csontvezetési küszöb; HL = halláscsökkenés



5. ábra

Posztoperatív szabad hangterez küszöbaudiometriás eredmények. A jobb fülön Naida CI M90 hangprocesszor; a bal fülön Phonak Naida Link M típusú hallókészülék használata. Jobb és bal oldalon is – készülékhasználat – a páciensnek a szociális hallásküszöbértékeken felüli a hallásállapota

folytonos vonal = csak cochlearis implantátum hangprocesszor használata; „-” = csak hallókészülék használata

ként, míg magas frekvenciákon a hallóideg-végződéseket elektromosan stimulálva alakul ki a beteg hallásélménye.

A posztoperatív időszakban az Advanced Bionics implantátummal rehabilitált magyarországi betegek az implantált oldalra megkapják a Naida CI M90 típusú beszédprocesszorukat (Advanced Bionics), melyet a gyártó a többéves tapasztalattal rendelkező Phonak hallókészülékgyárral (Stäfa, Svájc) együtt fejlesztett ki. Emellett – amennyiben az ellenoldalon van fejleszthető hallásmaradvány – lehetőség van a bimodális készülékhasználatra is, tehát az egyik oldalon a cochlearis implantátum hangprocesszora, a kontralaterális oldalon konvencionális hallókészülék kerül illesztésre. A jelenlegi magyarországi forgalmazó (Audiorex Kft., Budaörs) a páciens kontralaterális oldalára felajánl egy Phonak Naida Link M típusú hallókészüléket, amely közvetlen kapcsolatot biztosít az implantált oldallal, így eredményezve kényelmesebb életvitelt.

Következtetés

Rövid távú tapasztalataink azt mutatják, hogy az Advanced Bionics implantátum teljes mértékben alkalmas a belsőfül-eredetű irreverzibilis halláskárosodás kezelésére. Eredményeink alapján az implantátum lehetőséget nyújt a hallásmaradvány megőrzésére is. Műtéttechnikai szem-

pontból hasonló konstrukciót kínál, mint a jelenlegi klinikai portfólióban szereplő másik két gyártó (Cochlear Ltd., MED-EL GmbH).

Anyagi támogatás: A közlemény megírása, illetve a kapcsolódó kutatómunka anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői munkamegosztás: D. B. a tanulmány megírásáért, az eredmények értékeléséért és a cikk végleges formai követelményeknek való megfeleléséért felelt. S. R. A. a betegkoordinációban, illetve a szakmai véleményezésben segédkezett. N. R. az intraoperatív eredmények mérését, B. Zs. a posztoperatív audiológiai eredmények értékelését végezte. P. Á., P. B., Cs. M. az operációkat végezte, illetve a radiológiai leletek elkészítésével járultak hozzá a munkánkhoz. R. L. és a korábban felsorolt tásszerzők tanácsaikkal, építő jellegű kritikáikkal segítették a munka létrejöttét.

Érdekeltségek: A tanulmányhoz kapcsolódóan a szerzőknek nincsenek pénzügyi, személyi vagy egyéb érdekeltségeik.

Irodalom

- [1] Aschendorff A, Briggs R, Brademann G, et al. Clinical investigation of the nucleus slim modiolar electrode. *Audiol Neurotol*. 2017; 22: 169–179.
- [2] Perenyi A, Toth F, Dimák B, et al. Electrophysiological measurements with electrode types of different perimodiolar properties and the same cochlear implant electronics – a retrospective comparison study. *J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2019; 48: 46.
- [3] Nagy R, Jarabin JA, Dimák B, et al. Possibilities for residual hearing preservation with Nucleus CI532 Slim Modiolar electrode array: case report. [A maradványhallás megőrzésének lehetőségei cochlearis implantáció során Nucleus CI532 Slim Modiolar elektródasorral.] *Orv Hetil*. 2018; 159: 1680–1688. [Hungarian]
- [4] Perényi Á, Jóri J, Csanády M, et al. Dimensions of the human temporal bone that are relevant to cochlear implantation surgery in infants and toddlers. A clinical-radiological study. [Az emberi halántékcsontnak a csecsemő- és kisgyermekkorú cochlearis implantáció szempontjából kiemelkedően fontos dimenziói. Klinikoradiológiai vizsgálat.] *Orv Hetil*. 2019; 160: 936–943. [Hungarian]
- [5] McJunkin JL, Durakovic N, Herzog J, et al. Early outcomes with a slim, modiolar cochlear implant electrode array. *Otol Neurotol*. 2018; 39: e28–e33.
- [6] Cuda D, Murri A. Cochlear implantation with the nucleus slim modiolar electrode (CI532): a preliminary experience. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017; 274: 4141–4148.
- [7] Downing M. Electrode designs for protection of the delicate cochlear structures. *J Int Adv Otol*. 2018; 1: 401–403.
- [8] Nagy R, Rovó L, Bere Z, et al. Direction of cochlear implant developments used for the correction of perimodiolar discrimination location. [A cochlearis implantátumok fejlesztési iránya a perimodiolaris diszkriminációs elhelyezkedés korrekciójára.] *Orv Hetil*. 2024; 165: 1452–1460. [Hungarian]

- [9] Dimák B, Nagy R, Perényi A, et al. Review of electrode placement with the slim modiolar electrode: identification and management. *Ideggyógy Szle.* 2020; 73(1–2): 53–59.
- [10] Nagy R, Perényi Á, Dimák B, et al. Detection of “tip fold-over” of the cochlear implant electrode array with transimpedance matrix (TIM) measurement. [Az elektródasor visszatekeredésének kimutatása transzimpedanciamátrix (TIM)-vizsgálattal cochlearis implantátumban.] *Orv Hetil.* 2021; 162: 988–996. [Hungarian]
- [11] Lehnhardt E. Intracochlear placement of cochlear implant electrodes in soft surgery technique. [Intrakochleäre Platzierung der Cochlear-Implant-Elektroden in soft surgery technique.] *HNO* 1993; 41: 356–359. [German]
- [12] Incerti PV, Ching TY, Cowan R. A systematic review of electric-acoustic stimulation: Device fitting ranges, outcomes, and clinical fitting practices. *Trends Amplif.* 2013; 17: 3–26.
- [13] Khater A, El-Anwar MW. Methods of hearing preservation during cochlear implantation. *Int Arch Otorhinolaryngol.* 2017; 21: 297–301.
- [14] Roland JT Jr. A model for cochlear implant electrode insertion and force evaluation: results with a new electrode design and insertion technique. *Laryngoscope* 2005; 115: 1325–1339.
- [15] Huarte RM, Roland JT Jr. Toward hearing preservation in cochlear implant surgery. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2014; 22: 349–352.
- [16] Cafarelli Dees D, Dillier N, Lai WK, et al. Normative findings of electrically evoked compound action potential measurements using the neural response telemetry of the Nucleus CI24M cochlear implant system. *Audiol Neurootol.* 2005; 10: 105–116.
- [17] Rajati M, Ghassemi MM, Bakhshae M, et al. Effect of stylet removal on neural response telemetry and stapedial reflex thresholds during cochlear implantation. *Auris Nasus Larynx* 2014; 41: 255–258.
- [18] Koka K, Saoji AA, Litvak LM. Electrocochleography in cochlear implant recipients with residual hearing: comparison with audiometric thresholds. *Ear Hearing* 2017; 38: e161–e167.
- [19] Nagy R, Jarabin JA, Perényi Á, et al. Long-term hearing preservation with slim perimodiolar CI532® cochlear implant array. *Am J Otolaryngol Head Neck Surg.* 2018; 1: 1019.

(Dimák Balázs dr.,
Szeged, Tisza Lajos krt. 111., 6725
e-mail: dimak.balazs@szte.hu)

„*Ut sementem feceris, ita metes.*” (Cicero)
(Ki mint vet, úgy arat.)

A cikk a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) feltételei szerint publikált Open Access közlemény, melynek szellemében a cikk bármilyen médiumban szabadon felhasználható, megosztható és újraközölhető, feltéve, hogy az eredeti szerző és a közlés helye, illetve a CC License linkje és az esetlegesen végrehajtott módosítások feltüntetésre kerülnek. (SID_1)