

Objektív elektrofiziológiai módszerek kidolgozása, alkalmazása a cochlearis implantátumok optimális működtetéséhez

BEVEZETÉS:

A modern több csatornás cochlearis implantátumok megfelelő működtetéséhez, a minél jobb hallásélmény eléréséhez elengedhetetlen követelmény a beszédprocesszor minél ideálisabb programozása. Ennek során pontosan meg kell határozni minden elektródán az elektromos hallás- és komfortküszöbököt, meg kell választani a megfelelő beszédkódolási stratégiát, a stimulációs módot, az ingerlési paramétereket, valamint az egyes elektródákhoz rendelt frekvenciasávokat. Ezen paraméterek meghatározásához elengedhetetlenül szükségesek a betegek szubjektív visszajelzései, így a beszédprocesszor programozása hosszadalmas pszichofizikai vizsgálatok sorát feltételezi.

Régi igény az audiológiában a szubjektív vizsgálatok objektivizálása. Ez az igény fokozottan érvényes a cochlearis implantátumok programozásánál. Pályázatunk célja az volt, hogy összesítjük azon lehetséges elektrofiziológiai vizsgálatok eredményeit, melyek objektív segítséget nyújthatnak az elektromos hallás- és komfortküszöbök becsléséhez, a beszédstratégiák és stimulációs paraméterek ideális megválasztásához, a frekvenciaeloszlás minél valóságosabb elrendezéséhez, valamint a hallásteljesítmény nyomonkövetéséhez.

CÉLKITŰZÉS:

Kutatásunk célja, hogy

- a pszichofizikai vizsgálatok eredményét, vagyis a szubjektív módon meghatározott, különböző extracochlearis elektródákon kapott elektromos hallás- és komfortküszöb értékeket összevessük az objektív elektrofiziológiai küszöbvizsgálatok (stapedius reflex, NRT, BERA) eredményeivel,
- meghatározzuk az elektrofiziológiai vizsgálati eredmények azon objektív jellemzőit, melyek tükrözik az egyes beszédstratégiákkal, stimulációs paraméterekkel elért jobb halláskondíciót,
- meghatározzuk, hogy a kognitív kiváltott válaszok paraméterváltozásai, hogyan

követik a hallásfejlődést a szubjektív kognitív tesztek tükrében,

- meghatározzuk, hogyan idealizálhatók a beállítások frekvenciatáblái elektromosan kiváltott otoakusztikus emisszió alkalmazásával.

BETEGANYAG

Klinikánkon 2005 végéig 147 beteg cochlearis implantációját végeztük el. 29 beteg Nucleus 22 csatornás implantátumot, 92 beteg Nucleus 24 csatornás implantátumot és 26 beteg MED-EL 12 csatornás implantátumot visel. A betegek közül 39 felnőtt és 108 gyermek. A gyermekek felénél (54 fő) az implantációra 4 éves kor alatt került sor, míg 6-an halmozottan fogyatékosok voltak.

PSYCHOFIZIKAI PARAMÉTEREK NYOMONKÖVETÉSE

A cochlearis implantátumon keresztüli hallás folyamatának kulcsfontosságú eleme a beszédprocesszor működése. A beszédprocesszor programozását úgy kell végrehajtani, hogy az elektromos ingerek hatására keletkező hallásélmény minél jobban megközelítse a normál hallást. A programozás során meg kell határozni a stimulációs paramétereket, a stimulációs módot, a beszédkódolási stratégiát és a frekvencia táblát. Az illesztés során a legfontosabb az elektromos hallás- és komfortküszöbök pontos meghatározása, amely pszichofizikai vizsgálatok sorát feltételezi. Minden működő elektródán meg kell határozni azon intenzitás értéket, amely éppen hallásélményt vált ki (hallásküszöb) és amely még elviselhető hangosságot okoz (komfortküszöb). E két küszöb közötti dinamikai tartományba fogja a beszédprocesszor transzformálni – a megfelelő kódolási technika segítségével – a külső hangingereket.

A pszichofizikai paraméterek időbeli változást mutatnak, ami több okra vezethető vissza. A belsőfülbe implantált elektródákat kötőszövet vonja be, ami az elektródák impedancia változását okozza. Így azonos stimuláció eléréséhez más amplitúdójú impulzus szükséges. Az idő folyamán (főleg praelinguális és hosszan tartó postlingualis halláskárosodás után) az idegrendszer hozzászokik az erősebb hangokhoz. Ezen adaptációs folyamat során a komfortküszöb emelkedik, a hallásküszöb csökken, a dinamikai tartomány kiszélesedik. A folyamatos ingerlés hatására a hallóideg perifériáján regenerációs folyamat indul. Ez a küszöbértékek (olykor drasztikus)

változását eredményezheti. Különböző okokból az elektródák is elmozdulhatnak a cochleán belül. A kis méretek miatt milliméternél kisebb elmozdulás is jelentős változást eredményezhet a küszöbértékekben.

A fentiek miatt tehát rendkívül fontos a készülék rendszeres programozása. Az első beállítást követő hónapokban (főleg gyermekek esetén) minél sűrűbb beállításra kell törekednünk. A regenerációs időszak után is legalább havonta célszerű a készülék illesztése. A küszöbök stabilizációját követően ritkulhat a kontroll sűrűsége. Az első két évben átlag kb. 20 beállítás szükséges. A paraméterek optimalizálása után igény szerint történhet a programozás. Évente kétszer minden esetben ajánlott az illesztés kontrollja.

A fenn említett okok miatt a programozási algoritmusok (MAP-ek) igen sokszínű mintázatot mutatnak. A MAP-ek ezen mintázatok alapján különböző csoportokba sorolhatók. Bipoláris stimulációs mód alkalmazásakor két alapvető csoport a „híd alakú” (közép frekvenciákon kiemelkedő intenzitású) és a „szigetes” (bizonyos frekvenciasávokban összeszűkülő illetve kiszélesedő dinamikai tartomány) MAP. Monopoláris stimulációs módnál „emelkedő”, „beszűkülő” és „hullámzó” (főleg a Contour típusú implantátumoknál) MAP-eket figyelhetünk meg. A pszichofizikai paraméterek változását okozó különböző tényezők a MAP-ek időbeli változásában szintén jellegzetes eltéréseket okoznak.

OBJEKTÍV VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Impedancia telemetria

Az intraoperatív impedancia vizsgálat rögtön az elektródák behelyezése után, a sebzés előtt információt ad az egyes elektródák működőképességéről, felhasználhatóságáról. A posztoperatív szakban a belsőfülbe implantált elektródákat kötőszövet vonja be, ami az elektródák impedancia változását okozza. Ez a tényező befolyásolja leginkább az elektromos hallás- és komfortküszöbök időbeli változását. Ezért fontos az impedancia vizsgálat elvégzése minden egyes beszédprocesszor beállítás alkalmával. Tapasztalataink szerint bizonyos impedancia változás a beszédprocesszor programozása idején is végbemegy. Ezért vizsgálatot végeztünk, melynek célja ezen változás pontos mértékének és a pszichofizikai paraméterekre gyakorolt hatásának kimutatása volt.

Telemetriás impedancia méréseket végeztünk 76 cochlearisan implantált betegen a beszédprocesszor beállítása előtt és közvetlenül utána. 76 beteg közül 59 Nucleus 24-csatornás, 17 pedig MED-EL 12-csatornás implantátumot viselt. A vizsgálatokat 2 éves időintervallumban minden beállításnál elvégeztük.

Vizsgálataink eredményeként azt kaptuk, hogy az implantátum típusától függetlenül az intracochlearis elektródák impedanciája az esetek nagy többségében csökken a beszédprocesszor programozása közben. Ez a változás egyéenként és az elektródák helyzetének függvényében variabilitást mutat. Az impedancia változása az elektromos hallás- és komfortküszöb módosulását vonja maga után, mivel azonos stimuláció eléréséhez más amplitúdójú impulzus szükséges. Ezért fontos, hogy a beszédprocesszor programozásánál ezen változást figyelembe vegyük.

Stapedius reflex vizsgálat:

Klinikánkon minden cochlearis implantáció során intraoperatív stapedius reflex vizsgálatot végzünk 2002. végéig 105 cochlearis implantált beteg intraoperatív stapedius-reflex vizsgálatát végeztük el, akik 22 csatornás (29 beteg) és 24 csatornás (59 beteg) Nucleus, valamint 12 csatornás MED-EL C40+ (17 beteg) cochlearis implantátumot viseltek. Az implantátum behelyezése, rögzítése után, sebzárás előtt a vizuálisan megállapított (monitoron keresztül) reflex-küszöb értékeket összehasonlítottuk az implantáció utáni első beállításkor kapott komfortküszöb értékekkel. A méréseket Nucleus 22 csatornás implantátum esetén 1, 5, 10, 15, 20 elektródákon SPEAK stratégiánál CG és BP+1 módban; Nucleus 24 csatornás implantátum esetén minden második elektródán SPEAK és ACE stratégiánál CG és MP1+2 módban, C40+ implantátum esetén pedig CIS stratégiánál MP1+2 módban végeztük. Korábban totál intravénás anaesthesia mellett a mérés idejére felfüggesztettük az izomrelaxációt. Újabban az Izofluran inhalációs anaesthesia bevezetése óta nem relaxáljuk a beteget, így a mérés elvégzése nem igényel külön anaesthesiai beavatkozást.

A 105 vizsgált személyből 95 esetében volt kiváltható valamilyen módban a stapedius-reflex. A CI22 implantátumot használó 29 beteg közül 3 esetben, CI24 implantátum esetén 5 esetben, C40+ implantátum esetén 2 esetben nem volt kiváltható a reflex egyik módban sem. További 8 esetben CG módban teljesen vagy az elektródák többségénél hiányzott a stapedius-reflex, de ezekben az esetekben más stimulációs módot használva már reflexet detektáltunk. Az esetek többségében a stapedius reflex küszöb értékek jól közelítenek a komfortküszöb

értékekhez, bár egyes individuális esetekben nagyok lehetnek az eltérések. A nagy egyéni eltérések ellenére az átlagértékek alig különböznek egymástól. Pearson-féle korreláció számítást végezve a két értéksorozat között magas korreláció mutatkozik. SPEAK stratégiánál CG módban a korrelációs koefficiens $r=0.7982$, BP+1 módban $r=0.8326$. A legmagasabb korrelációt ACE beszédstratégia alkalmazásánál monopoláris stimuláció mellett kaptuk: $r=0,8541$. Ez egyezik azzal a tapasztalattal, hogy a hallás- és komfortküszöbök ennél a stratégiánál a legstabilabbak. Ha minden értéket együtt számolunk, akkor $r=0.8312$.

Ereményeink alapján elmondhatjuk, hogy az intraoperatív stapediuss-reflex vizsgálat több szempontból hasznos. Egyrészt felvilágosítást ad az elektródák működéséről, az acustico-facialis reflexív épségéről. Másrészt segítséget nyújt az ideális beszédstratégia és stimulációs mód kiválasztásához, ugyanis a reflex-küszöb értékekből következtethetünk arra, hogy a dinamikus tartomány mely esetben helyezkedik el a stratégiának ideális intenzitástartományban. Végül pedig jó becslést ad a komfortküszöbök meghatározásához, mert szoros összefüggés van a cochlearis implantált betegeken elektromos ingerrel kiváltott stapediuss-reflex küszöb és a készülék beállításakor a betegek visszajelzései alapján meghatározott komfort-küszöb között. A komfort-küszöb nem minden esetben helyettesíthető a stapediuss-reflex küszöb értékekkel, megfelelő visszajelzés hiányában azonban a komfort-küszöb jó becslésének tekinthető.

Idegi válasz telemetria (NRT) vizsgálat:

A standardizálás szándékával 25 cochlearis implantált beteg (22 gyermek, valamint 3 felnőtt) NRT vizsgálatát végeztük el, összefüggést keresve az elektromosan kiváltott neurális válaszok és a hasonló ingerlési paraméterekkel kapott szubjektív hallás- és komfortküszöb értékek között. A betegek mindannyian Nucleus 24 csatornás cochlearis implantatummal, és SPrint beszédprocesszorral rendelkeztek. A betegek kiválasztásánál fő szempont volt, hogy jól kooperáljanak, a szubjektív hallás- és komfortküszöbök pontosan meghatározhatók legyenek. A vizsgálatokat intraoperatíván, az első beállítás alkalmával majd egy éven keresztül háromhavonta végeztük. Először meghatároztuk a betegek szubjektív elektromos hallásküszöbét (MAP-T) és komfortküszöbét (MAP-C). Minden esetben SPEAK (Spectral Peak) beszédkódolási stratégiát, monopoláris (MP1+2) stimulációs módot és 250 Hz stimulációs frekvenciát alkalmaztunk.

Az NRT vizsgálatokat minden beteg esetében 5 elektródán (3, 5, 10, 15, 20) végeztük el. Az ingerlés 25 μ s szélességű négyszögimpulzussal történt monopoláris (MP1) stimulációs

módban. A potenciálok elvezetésére az ingerlő elektródától számított második elektródát (5, 7, 12, 17, 22) használtuk monopoláris (MP2) módban. Posztoperatíván az inger intenzitását $10\ \mu\text{A}$ -rel a hallásküszöb alatt kezdve $5\ \mu\text{A}$ -es lépésekben a komfortküszöb értékéig növeltük. Minden mérés előtt először optimalizáltuk a stimulációs és átlagolási paramétereket, majd az optimalizált paraméterek felhasználásával végeztük el a vizsgálatot. Objektív hallásküszöbként (NRT-T) azt az intenzitás értéket definiáltuk, amelynél először kaptunk idegi választ. Azon intenzitás értéket pedig, ahol az intenzitás-amplitúdó függvény linearitása megváltozott objektív komfortküszöbként értelmeztük. Méréseinkhez a WinDPS R116.00 és az NRT 2.04 szoftvereket használtuk.

Vizsgálataink során 25 cochlearis implantált páciensből 21 esetén szummációs akciós potenciál volt kiváltható minden vizsgált elektródán. 3 betegnél az 5 mért elektródából legalább 2 elektródán tudtunk kiváltani idegi választ. Csupán egy páciens esetén nem volt kiváltható az idegi válasz egyetlen mért elektródán sem. Az NRT-C az estek 83.7 %-ában volt identifikálható. A szubjektív hallásküszöb alatti ingerintenzitások esetén egy esetben sem detektáltunk értékelhető neurális választ. Az NRT-T átlag $18,35\ \mu\text{A}$ -el van a MAP-T felett, míg az NRT-C átlag $12,13\ \mu\text{A}$ -el van a MAP-C alatt, vagyis az idegi válasz telemetriával meghatározott objektív küszöbök mindig a szubjektív küszöbök által meghatározott dinamikai tartományon belülre esnek.

Eredményeink azt mutatják, hogy a Nucleus 24 csatornás cochlearis implantátum által használt idegi válasz telemetriás (NRT) rendszer a legtöbb esetben sikeresen alkalmazható az elektromosan kiváltott szummációs akciós potenciálok intracochlearis rögzítésére. Az így meghatározható objektív NRT-T és NRT-C küszöbök mindig a dinamikai tartományon belül helyezkednek el, velük a szubjektív MAP-T és MAP-C küszöbök jól becsülhetők és időben jól követik a küszöbváltozásokat. Ezért úgy gondoljuk, hogy — elsősorban kisgyerekek esetén — fontos segítséget nyújtanak a beszédprocesszor ideális programozásában főként a korai posztoperatív időszakban.

Elektromosan kiváltott agytörzsi potenciálok vizsgálata (EBERA)

Az agytörzsi potenciálok kiválthatók cochleáris implantátumon keresztüli elektromos inger hatására is. Ez lehetőséget nyújt arra, hogy objektíven megbecsüljük az egyes intracochlearis elektródákon az elektromos hallásküszöböt és információval szolgál hallópálya agytörzsi szakaszának állapotáról. Jelen vizsgálatsorozatunk célja az implantátumon keresztül

elektromosan kiváltott BERA hullámok analízise volt.

A vizsgálatokat 10 cochlearisan implantált személyen végeztük. A stimuláció számítógéppel az implantátumon keresztül történt. A kiváltott válaszok regisztrálását és átlagolását trigger-jellel vezérelt Dantec Counterpoint Mk2 EMG-EP készülékkel végeztük. A méréseket az elektromos komfortküszöbvel megegyező intenzitáson kezdtük, majd az elektromos hallásküszöbig folyamatosan csökkentettük az intenzitást.

Az általunk vizsgált betegcsoport esetében az implantátumon keresztül elektromosan kiváltott agytörzsi válaszok minden esetben kiválthatók voltak. Az elektro-BERA által meghatározott hallásküszöb jól korrelált a szubjektívan meghatározott elektromos hallásküszöbvel. Az agytörzsi kiváltott válaszok az NRT-hez hasonlóan jól követik az elektromos hallásküszöb változásait. Mivel a stimuláció gyorsabb és kevesebb kiváltásszám is elegendő, mint normál hallók esetében, ezért időigénye sem túl nagy. A vizsgálatok rövid idő alatt frekvencia-specifikus becslést adnak a cochlearisan implantált személy pszichofizikai paramétereiről.

Akusztikusan kiváltott eseményfüggő potenciálok vizsgálata:

Az akusztikusan kiváltott eseményfüggő potenciálok az auditoros és kognitív rendszer együttes vizsgálatára alkalmas metodika. Ezen potenciálok kognitív komponensei (MMN, N2b, P300) az akusztikus diszkrimináció neurofiziológiai alapfolyamatainak tükröződései, paramétereik az ingerek kategorizálására jellemzőek. Paraméterváltozásaik összefüggésbe hozhatók a különböző eredetű halláskárosodásokkal, a különböző eredetű beszédmegértési problémákkal. Különösen aktuális az akusztikus ingerrel kiváltott kognitív válaszok vizsgálata annak tisztázása érdekében, hogy a cochlearis implantáció segítségével mennyire "javítható fel" a percepció.

Vizsgálatunk célja volt meghatározni, hogy a kognitív kiváltott válaszok paraméterváltozásai hogyan követik a hallásfejlődést a szubjektív kognitív tesztek tükrében.

A kognitív kiváltott válasz vizsgálatokkal a eddig 38 páciens implantátumon keresztüli teljesítményét mértük fel elektrofiziológiai úton. Itt az ingerlés nem elektromosan, hanem hangszórón keresztül történt. A vizsgálatokat Dantec Concerto EEG/EP és PEGAZUS EEG/MP készülékkel végeztük. Akusztikus oddball paradigmát alkalmaztunk. Az állandó ingert (1 kHz tisztahang) 80 %, a target ingert (2 kHz illetve 0.5 kHz tisztahang) 20 % valószínűséggel adtuk a vizsgálat alanyának. A válaszokat 22 skalp-elektrodán regisztráltuk. Az MMN, N2b és P300 komponensek paramétereit analizáltuk. Az amplitúdó és latencia értékekből következtettünk az

implantátumon keresztüli hangdiszkrimináció mértékére. Ezen eredményeinket összevetettük a beszédértési tesztek eredményeivel. A beszédértési tesztet a Szegedi Cochlearis Implantációs Centrum munkacsoportja dolgozta ki cochlearis implantáltak hallásfejlődésének nyomonkövetésére.

A normális hallású, beszédmegértési gondokkal nem küszködő, egészséges egyénekről elvezetett, akusztikus ingerrel kiváltott eseményfüggő potenciálok kognitív komponenseinek (MMN, N2b, P300) paraméter értékeihez (csúcslatencia, amplitúdó) képest a beszéd diszkriminációs problémával rendelkező személyek esetén mérhető azonos paraméterek megváltoznak. A latencia értékek növekednek, az amplitúdó értékek csökkennek. Ez a változás a P300-as komponens esetében a legkifejezettebb, és leginkább a centrális-parietális kéregről jól mérhető.

A cochlearis implantált betegeken regisztrált akusztikusan kiváltott kognitív válaszok lefutásukban hasonlóak a normál hallókon mért azonos hangingerekkel kiváltott hullámalakokhoz. Várakozás szerint a latenciaidők hosszabbak, az amplitúdó értékek kisebbek a normál hallókon mért paraméter értékeknél de nagy variabilitást mutatnak. A beszédértési tesztekkel összehasonlítva elmondhatjuk, hogy a latenciaidő szoros negatív, míg az amplitúdó szoros pozitív korrelációban van az elvégzett szubjektív kognitív tesztekkel. Ez az összefüggés is a P300-as komponens esetén a legkifejezettebb.

A hallásjavító készülékek a hallószervben bekövetkező zavarok kiküszöbölésére, a halláspercepció fokozására hivatottak. A kognitív komponensek (MMN, N2b, P300) paraméterei (latencia, amplitúdó) a hang- (illetve beszéd-) percepciót és a beteg implantátummal elért teljesítményét tükrözik. Vizsgálataink alapján elmondhatjuk, hogy a kognitív kiváltott válasz vizsgálatok jól használhatók a cochlearis implantátumon keresztüli diszkriminációs képesség objektív nyomonkövetésére.

Elektromosan kiváltott otoakusztikus emisszió vizsgálata:

A külső szőrsejtek izomelem tartalmuknál fogva aktív kontrakcióra képesek, amely kis intenzitású hanghatással jár, ami a hallójáratba helyezett érzékeny mikrofonnal detektálható. Ezt a jelenséget nevezzük otoakusztikus emissziónak. Az emisszió lehet spontán vagy kiváltott. A hang hatására keletkező emisszió jól használható a cochleáris károsodások diagnosztikájában. Cochlearis implantált betegek esetén ilyen típusú otoakusztikus emissziót nem detektálhatunk,

mivel a betegeknek éppen szörsejt laesio miatt alakult ki a halláskárosodásuk. Viszont ha a szörsejtek izomelem tartalmú testeik nem károsodtak, elektromos inger hatására kontrahálnak. Így a cochlearis implantátumon keresztül elektromos inger hatására kiváltható lehet az otoakusztikus emisszió.

Célunk volt annak megállapítása, hogy kiváltható-e cochlearis implantátumon keresztül elektromos inger hatására otoakusztikus emisszió, és hogyan idealizálhatók a beszédprocesszor beállítások frekvenciatáblái elektromosan kiváltott otoakusztikus emisszió alkalmazásával.

A vizsgálatot GSI 60 DPOAE készülékkel végeztük. Spontán otoakusztikus emissziót mértünk ingerlés nélkül, majd pedig miközben egy-egy adott elektródával ingerltünk. Vizsgálatainkat eddig 27 cochlearis implantált betegen végeztük el, mind a 22 stimuláló elektródán egyenként ingerelve a belső fület.

A külső hallójáratban detektált hang Fourier spektrumát vizsgálva, 14 esetben detektáltunk olyan frekvencia komponenset, amely csak a belső fül elektromos stimulácójakor volt regisztrálható, vagyis vélhetően kiváltott otoakusztikus emisszióknak tulajdonítható. Több esetben ez a jelenség reprodukálhatónak bizonyult. Minden esetben nem is volt várható a jelenség kimutatása, mivel az a szörsejt testek épségét feltételezi. Azonban a kísérleti elrendezés finomításával, a mintavételezés optimalizálásával a pozitív eredmények valószínűsége javítható.

OBJEKTÍV VIZSGÁLATI MÓDSZEREK GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

Klinikánkon eddig 108 (54 négy éven aluli, 6 halmozottan fogyatékos) gyermek cochlearis implantációja történt. Az utóbbi években az implantáció indikációjának kiterjesztése éppen ezt a populációt célozza, akik a posztoperatív időszak elején általában hónapokig képtelenek az optimális hallásteljesítmény eléréséhez szükséges pszichofizikai vizsgálatokban való együttműködésre. Az ő beszédprocesszoruk mihamarabbi pontos beállítását segítik a fent tárgyalt objektív módszerek.

Már a műtőasztalon elvégezzük az intraoperatív impedancia vizsgálatot, ami megmutatja, mely elektródák használhatók a későbbi stimulációhoz, melyeket vagyunk kénytelenek kikapcsolni. Az intraoperatív stapédius reflex vizsgálat eredménye alapján ki tudjuk választani az optimális ingerléshez szükséges stimulációs módot, ingerlési frekvenciát és impulzusszélességet. A stapédius reflexküszöb általában felülről ad becslést az iniciális elektromos komfortküszöb értékekre. Az intraoperatív neurális válasz vizsgálatkor meghatározott NRT-T értékekből

következtethetünk a majdani MAP-ek mintázatára, lefutására.

A beszédprocesszor első beállításakor sokszor kooperációra képtelen, bizalmatlan, rossz élményekkel teli pácienssel találkozik a szakember. Ilyenkor rendszerint a készülék felhelyezése is komoly akadályokba ütközik, és csak nagyon limitált idő áll rendelkezésre ahhoz, hogy olyan pácienshez illesztett programot készítsen, ami jól használható. Gondosan elvégzett intraoperatív vizsgálatsorozat után azonban erre hatványozottan nagyobb esély van. Ha mód van a vizsgálatok posztoperatív megismétlésére, akkor az optimális pszichofizikai paraméterek még jobban megbecsülhetők.

Klinikánkon 25 négy év alatti betegünk készülékének programozását végeztük objektív mérési paraméterek alapján, akik hat hónapig nem voltak képesek együttműködésre. Ezután a szubjektív vizsgálati paraméterek csak két esetben tértek el lényegesen az objektív mérésekre alapozott értékektől. Így az első fél évben is közel optimális hallásteljesítményhez jutottak, ami meggyorsította beszédfejlődésüket, a hallók világába való beilleszkedésüket.

Az elért eredmények birtokában azonban még nem lehetünk teljesen nyugodtak. Az objektív vizsgálatokra alapozott beszédprocesszor programozás az utóbbi években nagyon sokat fejlődött, de még sok lehetőség kiaknázatlan maradt. A jövőben tervezzük a felhasznált metodikák pontosítását, továbbfejlesztését, új eljárások bevonását.