

Kochleární implantát jako pomocník pro neslyšící

Lukáš BAUER a kolektiv

FN Motol, V Úvalu 84, 150 06 Praha 5, lukas.bauer@fnmotol.cz

Anotace: Kochleární implantát pomáhá již více než 25 let lidem s těžkou nebo úplnou ztrátou sluchu zapojovat se do společnosti a nabízí více možností jak se uplatnit. Ve světě již bylo implantováno více než 300 000 uživatelů s kochleárním implantátem. V České republice funguje program kochleárních implantací od roku 1993. Od té doby bylo implantováno přibližně 620 dětí ve věku 1-17 let a 230 dospělých uživatelů, z toho přibližně 60 oboustranně implantovaných. Kochleární implantáty za tu dobu prošly podstatným technologickým vývojem, mezi který patří miniaturizace implantátů a zvukových procesorů, pomoc s poslechem v hlučných prostředích, možnost slyšet pod vodou, možnosti bezdrátového poslechu, vývoj elektrod, možnost podstoupit magnetickou rezonanci apod.

Úvod

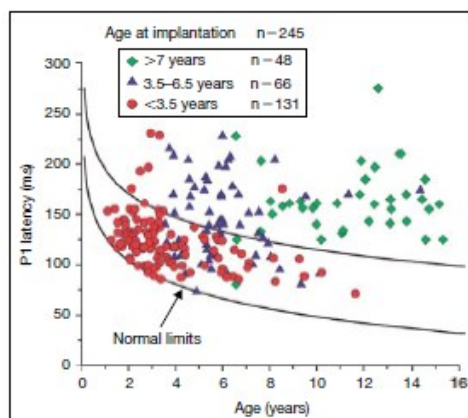
„Slepota nás odděluje od věcí, hluchota od lidí“ je citát slepo-hluché Helen Kellerové. V dnešní době se rodí stále více dětí s nějakým hendikepem. Mezi tyto hendikepy patří těžká ztráta sluchu nebo hluchota, která může být způsobena během těhotenství, na genetickém podkladu nebo předčasným porodem. V těchto případech může dětem pomoci kochleární implantát k návratu do normálního života a k jejich plné socializaci, tedy může je zpět spojit s lidmi. Důležitá je ale včasná implantace. Ke zrání mozku a k vytváření sluchových drah dochází totiž během prvních měsíců a let života dítěte (Wunderlich 2006), viz obr. 1. Pokud během této doby nedojde ke stimulaci sluchových center, sluch se u jedince již nikdy nerozvine do plné míry. Dítě nikdy nebude rozumět řeči a nebude schopné verbální komunikace. Sluchová centra se uzavřou a mozek vytvoří synaptické dráhy, které budou využívány jinými smysly, převážně zrakem (Lomber 2010).

Abychom byli schopni včas odhalit hluché novorozence, je v republice používán novorozenecký screening. Tento screening využívá měření otoakustických emisí. Otoakustické emise měří odezvu vnějších vláskových buněk, ale neříkají nic o poruchách vyšších sluchových center. Ve většině případů lze test provádět den po porodu, kdy by měl být již zvukovod čistý od plodové vody. V případě výbavných emisí by novorozenec neměl mít poruchu sluchu. V případě nevýbavných emisí by mělo být měření prováděno opětovně. Měření se neprovádí ihned v porodnici v případě předčasně narozených novorozenců, kde se čeká na dozrání sluchové dráhy. Screening sluchu byl v roce 2013 prováděn přibližně v 96% porodnic. Test zatím nebyl na rozdíl od některých okolních států uzákoněn. Není tedy hrazen zdravotní pojišťovnou a porodnice nemají povinnost ho provádět.

Je snaha držet se nepsaného kritéria 3, 6, 12, které znamená: do 3 měsíců od porodu stanovena diagnóza, do 6 měsíců indikována sluchadla (zde se čeká přibližně 3 měsíce, zda se nebude dítě rozvíjet se sluchadly), mezi prvním a druhým rokem života kochleární implantace (Dršata 2015). Tento standard je obvykle dodržovat i ve světě.

Důkaz o potřebě včasné implantace hluchých novorozenců můžeme vidět na obrázku 1, který ukazuje měření latence vlny P1 z korových sluchových evokovaných potenciálů. Na obrázku jsou zobrazeny meze latencí P1 pro zdravé jedince, které jsou ohraničeny černými výseky. Pokud je hluché dítě implantováno včas (do 3,5 let věku života – červená kolečka), vyskytuje se většina latencí P1 ve výšce normálních odezev. V případě pozdějších implantací mezi 3,5-6,5 rokem života (modrý trojúhelník) dochází v řadě případů k rozvoji normálních odezev a v řadě případů jsou odezvy atypické. V případě pozdě implantovaných (zelený kosočtverec) jsou téměř všechny odezvy atypické. Uživatelé pak nebudou mít z kochleárního implantátu tak velký přínos.

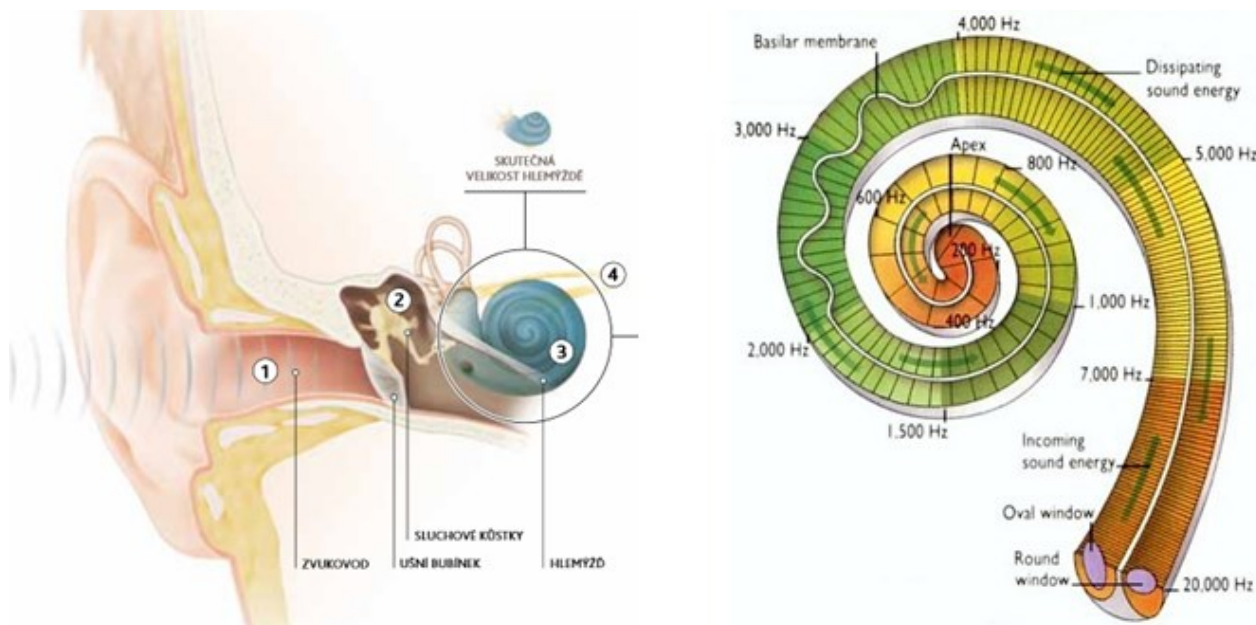
Jiný situace je samozřejmě u dětí, mladistvých nebo dospělých, u kterých došlo k progresi sluchové vady nebo k náhlému ohluchnutí způsobenému medikací (ototoxická antibiotika) nebo nějakou nemocí (meningitida). Zde jsou již sluchová centra řádně rozvíjena nebo rozvinuta. V těchto případech ovlivňuje přínos kochleárního implantátu doba hluchoty (neaktivity sluchových center). V případě ohluchnutí po prodělané meningitidě je nutná včasná implantace, jinak může dojít ke zkostratění kochley a nemožnosti implantát zavést.



Obrázek 1: Zobrazení vývoje odezev sluchových center závislých na věku implantace uživatele, týká se pouze hluchých novorozenců

Jak funguje zdravé ucho a jak kochleární implantát

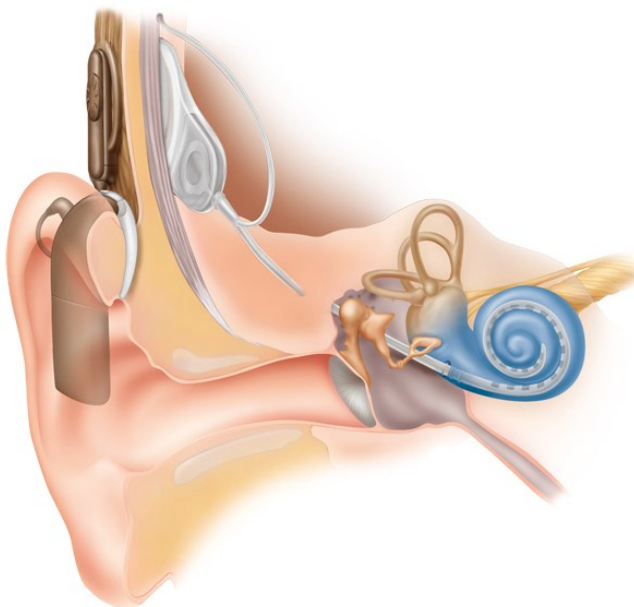
V případě zdravého ucha dochází k přenosu zvukové informace jako vlnění vzduchem až k bubínku. Bubínek rozkmitá středoušní kůstky, které převádějí zvuk dále do hlemýždě. V hlemýždě se nachází kapalina (endolymfa). Ta dále šíří vlnění v hlemýždě a přenáší jej na bazilární membránu, na které jsou buňky se speciálními vlastnostmi, nazývají se vláskové buňky. Vláskové buňky jsou schopné přenášet energii vlnění na neuroelektrický signál (akční potenciál) dále převáděný po sluchovém nervu až do mozku. Bazilární membrána vytváří svým tvarem tonotopii zvukového ústrojí. V každém místě je citlivá na jinou frekvenci zvuku, čímž aktivuje jenom určitý úsek vláskových buněk. Kochleární implantát celý tento mechanismus tvorby zvukového vjemu obchází. V případě kochleárního implantátu je zaveden svazek elektrod do kochleje a dochází k přímé stimulaci sluchového nervu elektrickým proudem. Mozek je tyto vjemy schopen rozpoznat a člověk s implantátem je tak schopen slyšet.



Obrázek 2: Popis struktur ucha s detailem tonotopie hlemýždě a funkcí bazilární membrány

Kochleární implantát se skládá z vnější a vnitřní části (Obrázek 3). Vnější část obsahuje zvukový procesor, který zvuky snímá, filtruje a následně překládá do řeči implantátu. Tuto zakódovanou informaci posílá dále po kabelu do cívky, která ji přenáší do vnitřní části, samotného implantátu. Ten už potom ví, na jakou

elektrodu má vyslat proud o dané intenzitě po jaký časový interval, aby byl zprostředkován požadovaný sluchový vjem. Jako referenční elektroda, vůči které se proud šíří, je v dnešní době používána elektroda na těle implantátu, popřípadě někteří výrobci mají ještě jednu elektrodu pro rovnoměrnější šíření elektrického proudu z kochley. Tento způsob šíření elektrického proudu se nazývá monopolární mód (MP). Starší typy kochleárních implantátů neobsahovaly tuto extrakochleární elektrodu. Proud se šířil tedy mezi jednotlivými elektrodami uvnitř kochley. Například na sousední elektrodu nebo ob elektrodu či ob více elektrod. Jednalo se o takzvaný bipolární mód (BP). Další způsob šíření byl common ground mód (CG). Jak již napovídá název, proud se šíří z jedné elektrody vůči ostatním, které vytváří společnou zem. Monopolární módy mají výhodu ve vyšší energetické účinnosti a větší selektivitě zvukového vjemu. V MP módech se může vyskytovat vedlejší efekt šíření proudu mimo kochleu, který může zasahovat různé struktury, například lícni nerv.



Obrázek 3: Kochleární implantát

Historie a budoucnost vývoje kochleárních implantátů

První kochleární implantáty byly implantovány v roce 1972 v Americe. Jednalo se o jednonábový implantát, který měl jednu elektrodu a dodával informaci o zvuku pomocí změny frekvence stimulačních pulsů. Tento typ implantátu pomáhal lidem v lepší orientaci, ale na rozumění lidské řeči nestačil. Další posun nastal v roce 1978, kdy prof. Clark provedl v Austrálii implantaci prvního vícekanálového implantátu Nucleus. S tímto implantátem byla schopna řada uživatelů identifikovat slova a bylo zřejmé, že kochleární implantáty začínají mít svůj význam. Od té doby docházelo k řadě úprav a změn hlavně z hlediska miniaturizace, výpočetní síly a rozvoje strategií určujících jakým způsobem má implantát předat uživateli informaci o zvuku.

V roce 1987 bylo implantováno první dítě. Následně byl vyvinut první záušní procesor, uživatel tedy nemusel mít žádnou krabičku na těle a kabel k implantátu. V roce 1998 pak proběhla první oboustranná implantace. Oboustranné implantace se začaly více prosazovat hlavně kolem roku 2010 ve světě a následně v roce 2014 u nás. Jejich hlavním přínosem je směrové slyšení a lokalizace zdroje zvuku. Také dochází k lepšímu rozumění řeči v hluku. Mezi další přínosy patří schopnost lokalizovat zdroje zvuku. Bilaterální implantace ztrácí svůj přínos, pokud je druhý implantát implantován sekvenčně a daná sluchová dráha nezískávala doposud žádné podněty.

V roce 2005 byl pak vyvinut první EAS (elektro-akustik stimulation) procesor. Tyto procesory kombinují možnost přenášet zvukovou informaci na nízkých frekvencích přirozenou formou pomocí akustického zesílení jako u sluchadla a zároveň elektrickou stimulací na středních a vysokých frekvencích. To je výhodné pro uživatele se zbytky sluchu na nízkých frekvencích. S EAS procesory nastal vývoj speciálních elektrod, které jsou kratší a zachovávají více zbytky sluchu. V roce 2006 byl pak uveden na trh procesor s dvěma mikrofony, které dovolují pokročilejší zpracování zvuku v problematických situacích, jako jsou hlučná prostředí (kavárny, restaurace posluhárny a pod). Dva mikrofony dovolují určit směr zvuku a tedy jeho následné potlačení.

V roce 2011 byl uveden první plně voděodolný zvukový procesor, s kterým uživatel může plavat a potápět se do 3 metrů. Následně byl v roce 2013 vyvinut první OTE (off the ear) procesor. Který lze nosit pouze na hlavě na místě implantátu bez nutnosti mít nějaké části za uchem. V roce 2014 pak byla uvedena na trh první bezdrátová příslušenství, která pomáhají zlepšit poslech v problematických situacích, hudby, televize nebo při telefonování.

Všechny tyto kroky vedou ke zlepšení podmínek života uživatelů s kochleárním implantátem. Jejich lepší socializaci a zvýšení životního standardu.

Samozřejmě neexistuje pouze jeden výrobce kochleárních implantátů. Mezi přední světové výrobce se řadí australská společnost Cochlear, rakouská společnost MED-EL a americká společnost Advanced Bionics, mezi další výrobce patří francouzský Neurelec a čínský Nurotron. Ve světě bylo již implantováno více než 300 000 uživatelů s kochleárním implantátem. Přibližně polovina z tohoto počtu jsou dětské uživatele. V České republice je implantováno přibližně 620 dětí a 230 dospělých uživatelů, z toho okolo 60 uživatelů bylo implantováno oboustranně. Zastoupení v České republice mají firmy Cochlear, Med-El a Advanced Bionics.

Každý výrobce má své technologické know-how a nalezneme mezi nimi drobné technické odlišnosti. Každý výrobce má jiný počet elektrod na implantátu, jiný tvar a délku elektrody a každý využívá svoji strategii stimulace (tedy metodu, jak předat uživateli informaci o zvuku). Každý má také svoji vlastní technologii na zlepšení poslechu v různých poslechových situacích. Ve výsledku se nedá říct, který implantační systém je lepší. Se všemi třemi systémy uživatelé slyší a rozvíjejí se. Záleží také velice na nadání jedinců. Všichni tři výrobci nyní nabízejí záušní procesory s alespoň dvěma mikrofony pro lepší zpracování zvuků v hluku. Procesory mohou být napájeny jednorázovými bateriemi Zinek-vzduch (P675) nebo speciálními akumulátory dodávanými výrobcem. Všichni tři výrobci také nabízejí možnost voděodolných pouzder pro své procesory, tedy možnost potápět se a plavat a při tom slyšet až do hloubky tří metrů. Do procesorů se dá nahrát více programů pro optimalizaci poslechu v různých poslechových situacích. K lepšímu ovládání procesorů jsou dostupné dálkové ovladače, které umožňují snadno měnit programy hlasitosti poslechu a připojování příslušenství.

Je snahou technologii kochleárních implantátů stále zlepšovat. Mezi možnosti kochleárních implantátů patří vývoj nových poslechových strategií, tedy jak implantát předává uživateli informaci o zvuku, na kolika elektrodách zároveň, s jakým maximem a s jakou frekvencí. Také probíhají studie optoelektronické stimulace, která by neměla být tak energeticky náročná a mělo by při ní docházet k selektivnější stimulaci (Eshraghi, 2012). Dalším posunem může být vývoj léků, které jsou užívány při implantaci a snižují trauma kochley. Kochleární implantát by také mohl být implantován čistě pod kůži bez nutnosti nosit zvukový procesor. Vývoj napájecích prvků a dosažení vyššího výkonu baterií by napomohl větší miniaturizaci a komfortu uživatelů.

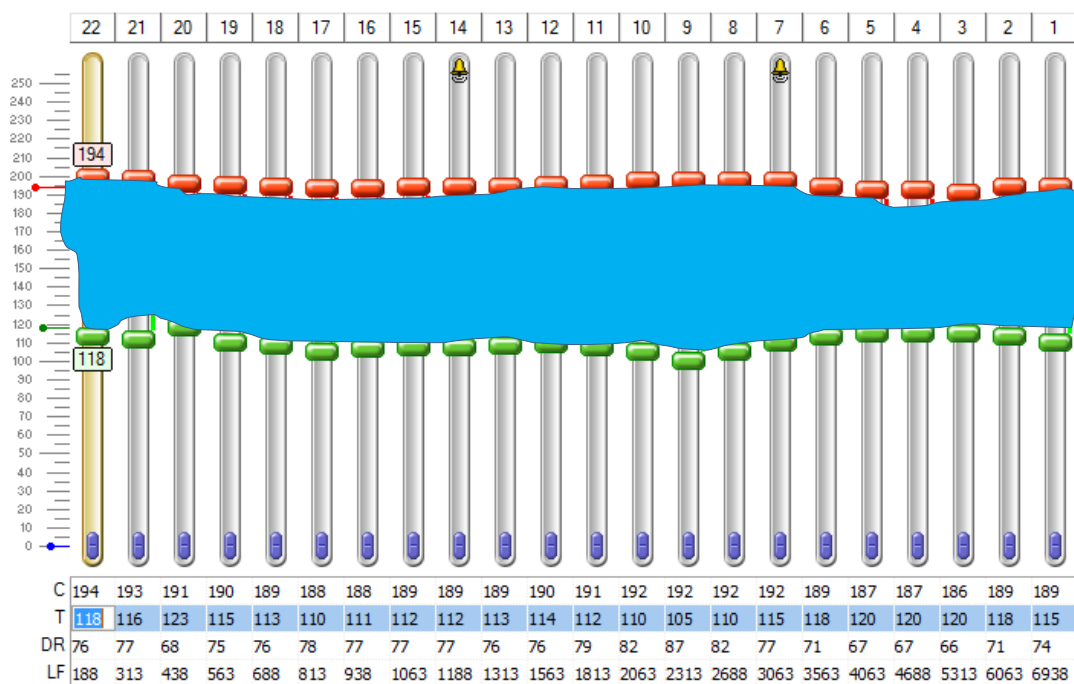
Předoperační a pooperační péče

S kochleárními implantáty pracuje poté multidisciplinární tým skládající se z lékařů (chirurg, foniatr, MRI radiolog), logoped, psycholog, audiolog, technik nastavující kochleární implantáty.

Nejdříve musí kandidát implantace projít různými vyšetřeními, která jsou lehce odlišná pro děti a dospělé. Běžná vyšetření jako psycholog, foniatr a MRI jsou společná. U dětí se navíc zapojuje do vyšetření logoped a jsou měřeny odezvy sluchových center (ABR + SSEP), protože dětské pacienti nejsou schopni bez pomoci určit svůj sluchový práh. Při těchto vyšetřeních je hodnocena schopnost kandidáta implantát využít, a zda jsou vůbec vyvinuté struktury vnitřního ucha tak, aby bylo možné implantát zavést a aby měl vůbec nějaký přínos. V dnešní době jsou již implantováni jedinci i s řadou malformací kochley, zde ale není vždy jasné, jaký bude mít implantát přínos. Kandidát kochleární implantace musí splňovat podmínku ztráty sluchu větší než 85dB v průměru z 0,5; 1; 2; 4 kHz. Po pozitivním průchodu těmito vyšetřeními musí zavést chirurg implantát do kochley a i přesnost a způsob zavedení může ovlivnit výsledky s implantátem. Naštěstí naši chirurgové umějí implantát velice dobře zavádět a jsou šetrní ke strukturám hlemýždě. Asi po měsíci po implantaci se uživatele ujímá technik nastavující kochleární implantáty, v případě dětí za pomoci logopeda, který s dětmi pracuje. Jak dospělí, tak dětské uživatele by po implantaci měli navštěvovat zkušeného logopeda, aby s nimi specialista cvičil poslech zvuků způsobem odpovídajícím výkonům a schopnostem daného jedince. Uživatelé by také měli být sledováni foniatrem, aby byly objektivně hodnoceny jejich výsledky na měření ziskové křivky a slovních testů.

Při nastavování kochleárních implantátů se poté hledají proudové úrovně (mapa) odpovídající poslechovému pásmu daného jedince. Na obrázku 4 vyznačeno jako modrá výseč. Toto poslechové pásmo je u každého jedince jiné, má různý tvar, jinou šířku a dosahuje jiných proudových úrovní. Při nastavování se hledají proudové úrovně - nejnižší zvuky, které je daný jedinec schopen ještě vnímat a nejhlasitější zvuky, které ještě snese. Při prvním nastavování není možné mapu nastavit tak, aby odpovídala plně poslechovému pásmu.

Člověk si musí na poslech s implantátem zvykat, proto je nutné jezdit ze začátku na nastavování častější, po nalezení stabilních úrovní je interval nastavování prodloužen na rok.



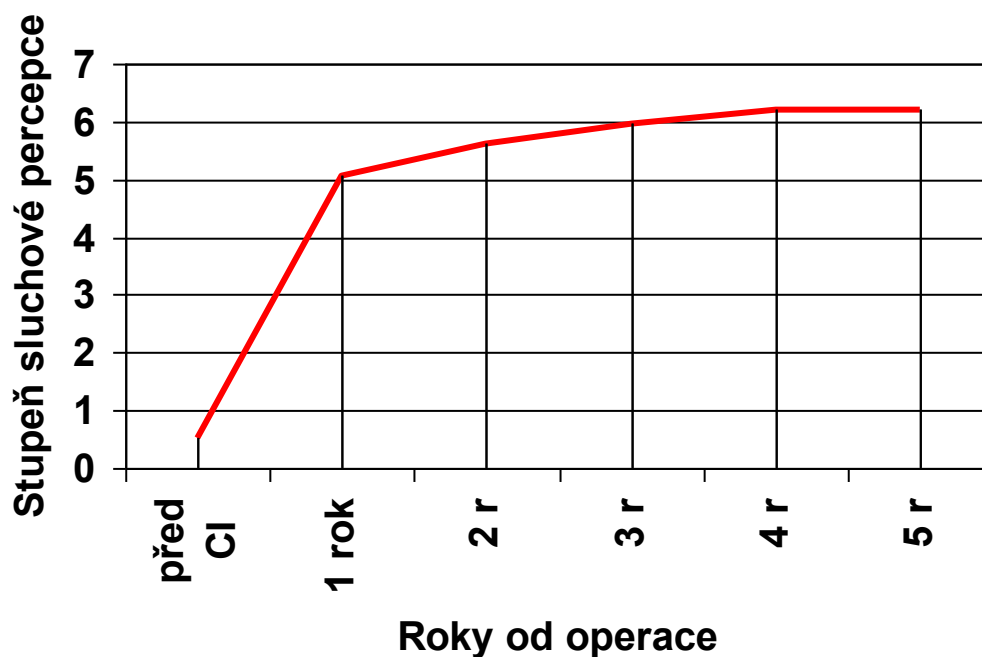
Obrázek 4: Nastavení poslechové mapy uživatele, osa x představuje jednotlivé elektrody (frekvence), osa y proudové úrovně. Zelené body jsou nejtišší zvuky, které je uživatel schopen vnímat, červené body jsou nejhlasitější zvuky, které snese.

Výsledky s kochleárním implantátem

Na pracovišti Centra kochleárních implantací u dětí jsou hodnoceny výsledky dětských uživatelů s kochleárním implantátem pomocí Nottinghamské stupnice. Tato stupnice hodnotí výsledky uživatele podle schopnosti detekce a rozpoznání zvuků nebo řeči. Jednotlivé stupně stupnice jsou v tabulce 1. Průměrný vývoj dětských uživatelů s CI můžeme vidět na obrázku 5. Na tomto obrázku je vidět, že většina uživatelů dosáhne během prvního roku užívání schopnosti rozumět běžným frázím, jako jsou: „obuj si boty, napij se“ apod. Do 3 let od implantace jsou potom dětští uživatelé schopni rozumět mluvené řeči.

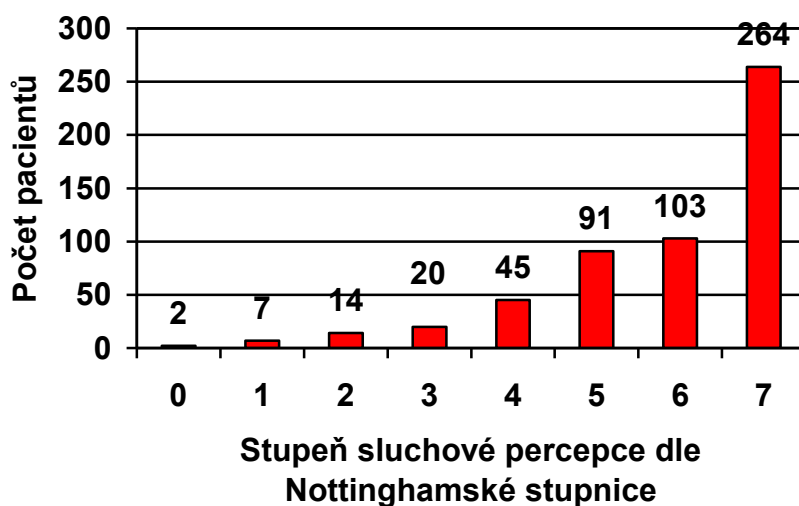
0	Nedetekuje zvuky
1	Vnímá zvuky z okolí
2	Reaguje na zvuky řeči (bů, pápá, hop)
3	Identifikuje zvuky okolí
4	Diskriminace zvuků řeči - bez odezírání
5	Rozumí běžným frázím - bez odezírání
6	Rozumí řeči - bez odezírání (rozhovor se známou osobou)
7	Používá telefon

Tabulka 1: Nottinghamská stupnice - hodnocení stupně detekce a rozpoznání zvuků s CI



Obrázek 5: Graf rozvoje dítěte s CI dle Nottinghamské stupnice

Na obrázku 6 je uveden stav uživatelů dle Nottinghamské stupnice k červnu roku 2015. Kde bylo hodnoceno celkem 546 dětských uživatelů. V hodnocení jsou zahrnuty aktuálně implantované děti, které ještě nemohou za dobu užívání implantátu dosahovat vyššího než nultého a prvního stupně. Ostatních nižších stupňů dosahují uživatelé, kteří mají přidružené poruchy a jejich schopnosti nemohou dosáhnout vyššího stupně hodnocení.



Obrázek 6: Dosažené úrovně uživatelů kochleárních implantátů dle Nottinghamské stupnice

Závěr

Kochleární implantát jako sluchová náhrada pomáhá vracet uživatele do normálního života a pomáhá jim dosáhnout vyšší životní úrovně. Kochleární implantáty prošly v průběhu let velkým vývojem, který vedl ke zkvalitnění poslechu uživatelů v běžném životě a v problematických poslechových prostředích. Dalším cílem je zlepšovat a rozšiřovat možnosti užívání kochleárního implantátu, například umožnit plavání s procesorem nebo zpřesnění poslech hudby. Budoucnost ukáže, kam se může ještě technologie kochleárních implantátů posunout a jaké jsou další možnosti jejich rozvoje.

Literatura

Dršata J., Havlík R. a kolektiv: Foniatrie – sluch, Tobiáš, 2015

Eshraghi A.A., Nazarian R., Telischi F.F. Rajguru S.M., Truy E., Gupta Ch.: The cochlear implant: historical aspects and future prospects, The anatomical record, 2012, No 295, 1967-1980

Lomber S.G., Meredith M.A., Kral A.: Cross-modal plasticity in specific auditory cortices underlies visual compensations in the deaf. Nature Neurosci, 2010, vol. 13, pp 1421-1427

Wunderlich J.L., Cone-Wesson, B.K.: Maturation of CAEP in infants and children: A review. Hearing Research, 2006, No. 212, pp 212-223,