

IRENA URBAN

Śląskie Centrum Słuchu i Mowy „Medincus”, Katowice

PIOTR H. SKARŻYŃSKI

Zakład Niewydolności Serca i Rehabilitacji Kardiologicznej Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego
Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa;
Instytut Narządów Zmysłów, Kajetany

Zastosowanie nowych technik w diagnostyce, terapii i rehabilitacji osób z wadą słuchu

ABSTRACT: The article presents a review of objective methods of hearing diagnostics. Methods of hearing loss and partial deafness treatment (PDT) by means of hearing implants are also discussed in the study. Due to the surgical treatment, the results of hearing preservation in patients undergoing partial deafness treatment (PDT) enable the efficient use of acoustic components. The results of speech comprehension achieve 100% in silence and about 68% in noise at a level of 65 dB SPL.

The paper outlines the post-operative care and rehabilitation of patients with a cochlear implant (the care of multiple specialists, auditory-verbal therapy, telerehabilitation). National teleaudiology network connecting numerous centres is one of the elements improving the effectiveness of the therapy. It allows patients to get necessary care close to their homes and – what is more important – to be less tired (which is especially important in the case of children) during the rehabilitation.

The article also underlines the influence of technological progress, which with proper surgical technique allows patients that were treated early enough (prelingual deafness) to attend general, not special, schools. One of the important results of the therapy with cochlear implants is that many users of cochlear implants graduate from universities.

KEY WORDS: hearing loss, partial deafness, cochlear implant, hearing diagnostics, telerehabilitation

Słuch jest najważniejszym zmysłem społecznym, a jego dysfunkcje w największym stopniu zaburzają komunikację i interakcje międzyludzkie. Jest bardzo ważnym zmysłem człowieka, działającym stale, bez udziału woli, nawet w czasie snu. Dzięki niemu człowiek może odbierać bodźce akustyczne ze świata zewnętrznego. Słuch stanowi też bardzo dobrą drogę „wejścia” do ośrodkowego układu nerwowego. W decydujący sposób wpływa na rozwój inteligencji i myślenia, szczególnie abstrakcyjnego. Umożliwia rozwój mowy oraz kształtuje osobowość. Wzbogacając życie wewnętrzne, zapewnia pełniejsze przeżywanie uczuć i zdarzeń¹.

¹ D.L. BECK, C. FLEXER: *Listening is where hearing meets brain... in children and adults*. “The Hearing Review” 2011, No. 18 (2), s. 30–35; F.E. MUSIEK: *The human auditory cortex: Interesting anatomical and clinical perspectives*. “Audiology Today” 2009, No. 21 (4), s. 26–37; A. PANKOWSKA,

Głuchota lub głęboki niedosłuch dotyka 1–2% noworodków. W przypadku dzieci w wieku szkolnym problem dotyczy około 20% dzieci, a osób po 70. roku życia – 75%².

Niemalym problemem są także szумы uszne, zwłaszcza subiektywne, często będące objawami uszkodzenia w uchu wewnętrznym, nierzadko spowodowanego wpływem hałasu. Z polskich badań epidemiologicznych wynika, że szумы uszne odczuwa okresowo około 20% dorosłych osób, natomiast na występujące stale szумы skarży się około 5% dorosłych Polaków. Częstotliwość ich występowania rośnie z wiekiem³. Liczba dzieci ze stałymi lub okresowymi szumami usznymi waha się w granicach 28%–33%⁴.

Kluczową rolę w wykrywaniu zaburzeń słuchu odgrywają przesiewowe i okresowe badania słuchu, zarówno u dzieci (Program Powszechnych Przesiewowych Badań Słuchu u Noworodków WOŚP, badania przesiewowe słuchu dzieci przedszkolnych i szkolnych prowadzone przez IFPS w Warszawie), jak i u dorosłych (wykonywane w ramach porad medycyny pracy u osób dorosłych, pracujących w warunkach narażenia na hałas ponadnormatywny).

Osoby z zaburzeniami słuchu, głosu i mowy oraz komunikacji językowej wymagają wielospecjalistycznej opieki. Zajmują się nimi lekarze (audiolodzy i foniatrycy, otolaryngolodzy), protetycy słuchu, logopedzi, surdologopedzi, surdopedagodzy, psychologodzy, audiofonolodzy.

Wyzwania audiologii aktualnie skupiają się przede wszystkim na:

- wczesnej interwencji słuchowej, obejmującej wczesne wykrywanie niedosłuchu (2., 3. dzień życia), diagnostykę słuchu (3.–4. miesiąc życia), protezowanie słuchu i rozpoczęcie rehabilitacji (5.–6. miesiąc życia);
- wczesnym wykrywaniu zaburzeń pozaślimakowych słuchu;
- diagnostyce centralnych zaburzeń słuchu.

M. ZGODA, A. LUTEK, A. BAREJ: *III Konferencja naukowo-szkoleniowa „Słucham, więc potrafię”. Listening is „I can”. Terapia audytywno-werbalna. Czas posłuchać. Sprawozdanie.* „Nowa Audiofologia” 2013, nr 2 (1), s. 87–90.

² P.H. SKARŻYŃSKI et al.: *Organization of the Hearing Screening Examinations in Polish Schools in Rural Areas and Small Towns.* “Cochlear Implants International” 2010, No. 11 (1), s. 143–47; IDEM et al.: *Hearing Screening Program in School-Age Children in Western Poland.* “The Journal of International Advanced Otology” 2011, No. 7 (2), s. 194–200.

³ A. FABJAŃSKA et al.: *Epidemiology of tinnitus and hyperacusis in Poland.* In: *Proceedings of the Sixth International Tinnitus Seminar.* Ed. J. HAZELL. Cambridge, University Press 1999, s. 194–200.

⁴ D. RAJ-KOZIAK et al.: *Ocena częstości występowania szumów usznych u dzieci z prawidłowym wynikiem badania przesiewowego słuchu.* „Otorynolaryngologia” 2011, nr 10 (4), s. 171–175; D. RAJ-KOZIAK et al.: *Czynniki ryzyka szumów usznych u dzieci w wieku 7 lat.* „Otorynolaryngologia” 2013, nr 12 (1), s. 42–47; D. RAJ-KOZIAK, H. SKARŻYŃSKI, K. KOCHANEK, A. FABJAŃSKA: *Ocena częstości występowania szumów usznych u dzieci w Polsce.* „Otolaryngologia Polska” 2013, nr 67 (3), s. 149–153; P.H. SKARŻYŃSKI et al.: *Tinnitus among school age children.* “International Journal of Hearing Science” 2011, No. 1 (31), s. 156.

Rozpoczęcie rehabilitacji zaburzeń słuchu u dzieci przed 6. miesiącem życia daje znacznie lepsze efekty w zakresie rozwoju języka i mowy niż u dzieci, u których proces ten został opóźniony⁵.

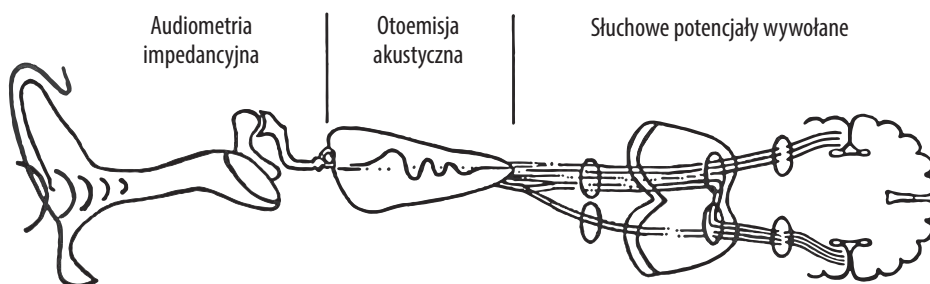
Metody diagnostyki słuchu

W ocenie narządu słuchu stosowane są dwa rodzaje metod diagnostycznych:

- metody psychoakustyczne (subiektywne) – znajdujące zastosowanie przede wszystkim w badaniach słuchu osób dorosłych i starszych dzieci:
 - behawioralne,
 - audiometryczne:
 - audiometria tonalna progowa i nadprogowa,
 - audiometria słowna;
- metody elektrofizjologiczne (obiektywne) – umożliwiające ocenę wielkości i rodzaju zaburzeń słuchu bez aktywnej współpracy ze strony pacjenta.

W praktyce klinicznej stosowane są aktualnie trzy metody obiektywnych badań słuchu:

- audiometria impedancyjna – umożliwia w głównej mierze ocenę ucha środkowego;
- otoemisja akustyczna – OAE (ang. *Otoacoustic Emission*) – pozwala na ocenę stanu ślimaka;
- słuchowe potencjały wywołane – AEP (ang. *Auditory Evoked Responses*) – umożliwiają ocenę czynności bioelektrycznej układu słuchowego, począwszy od ślimaka, poprzez pień mózgu i ośrodki podkorowe, aż do kory mózgowej włącznie.



RYSUNEK. 1. Podział badań słuchu

ŹRÓDŁO: <http://edu.ifps.org.pl> [data dostępu: 9.04.2015]

⁵ C. YOSHINAGA-ITANO, A. SEDEY, D. COULTER, A. MEHL: *Language of early and later identified children with hearing loss*. "Pediatrics" 1998, No. 102, s. 1161–1171.

Obecnie badania przesiewowe i diagnostyczne słuchu u noworodków i niemowląt realizowane są wyłącznie z wykorzystaniem metod obiektywnych. W audiologii obowiązuje zasada „cross-check”, nakazująca wykonywanie kilku badań, pozwalających na postawienie właściwego rozpoznania i eliminowanie błędnych⁶. Zgodnie z tą zasadą standardem u niemowląt i małych dzieci wykonywane są co najmniej trzy badania słuchu (audiometria impedancyjna, emisja otoakustyczna oraz badanie potencjałów wywołanych z pnia mózgu). Dla kompletności oceny stanu słuchu wyniki uzyskane za pomocą tych metod powinny być potwierdzone badaniem behawioralnym⁷.

Audiometria impedancyjna

Audiometria impedancyjna jest badaniem ucha środkowego. Jego podstawę stanowi pomiar podatności akustycznej. Wykonywane są dwa rodzaje badań: tympanometria (wykres podatności ucha środkowego w funkcji ciśnienia w jamie bębenkowej) oraz pomiar odruchu z mięśnia strzemiączkowego (odruchu sonomotorycznego – skurczu mięśnia strzemiączkowego, wywołanego stymulacją silnym bodźcem akustycznym)⁸.

Audiometria impedancyjna – dzięki znajomości anatomicznego i fizjologicznego podłoża generowania jej wyników – znajduje zastosowanie w:

- ocenie schorzeń ucha środkowego (niedrożność trąbki słuchowej, otoskleroza, wysiękowe zapalenie ucha środkowego);
- ocenie obecności objawu wyrównania głośności, który jest zjawiskiem charakterystycznym dla ślimakowej lokalizacji uszkodzeń słuchu, zwłaszcza w przypadku uszkodzenia komórek słuchowych zewnętrznych (objaw Metza);
- topodiagnostyce porażień nerwu twarzowego;
- diagnostyce zaburzeń pozaślimakowych słuchu;
- obiektywnym dopasowywaniu implantów ślimakowych z zastosowaniem odruchu strzemiączkowego.

⁶ J.F. JERGER, D. HAYES: *The cross-check principle in pediatric audiology*. „Arch Otolaryngol” 1976, No. 102 (10), s. 614–620.

⁷ H. SKARŻYŃSKI et al.: *Wytyczne w zakresie doboru aparatów słuchowych u dzieci w wieku 0–4 roku życia*. Warszawa 2011.

⁸ K. KOCHANEK: *Badania obiektywne słuchu*. <http://edu.ifps.org.pl> [data dostępu: 30.11.2015]; G. LISOWSKA: *Zastosowanie emisji otoakustycznych do oceny układu oliwkowo-ślimakowego przyśrodkowego*. [Rozprawa habilitacyjna. Śląska Akademia Medyczna 2005]; R. MIKOŁAJEWSKI: *Wprowadzenie do audiometrii impedancyjnej*. Warszawa, Alpicon 1994; G. NAMYSŁOWSKI, R. FIRA: *Audiometria impedancyjna*. W: *Audiologia kliniczna*. Red. M. ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA. Łódź, Mediton 2005, s. 137–148; A. PRUSZEWICZ, A. OBRĘBOWSKI: *Audiometria impedancyjna*. W: *Audiologia kliniczna. Zarys*. Red. A. PRUSZEWICZ, A. OBRĘBOWSKI. Wyd. 4. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu 2010, s. 269–284.

Emisje otoakustyczne

Emisje otoakustyczne jako zjawisko zostały odkryte w 1978 roku przez Dawida Kempa. W procesie słyszenia – podczas fizjologicznego przetwarzania energii mechanicznej w impulsy elektryczne, które odbywa się w ślimaku – dochodzi do zjawiska kurczenia się komórek słuchowych zewnętrznych w narządzie Cortiego. Badanie otoemisji akustycznej jest oparte na rejestracji w przewodzie słuchowym zewnętrznym bardzo cichego sygnału akustycznego, który powstaje w ślimaku (spontanicznie lub w odpowiedzi na bodziec akustyczny) na skutek skurczu komórek słuchowych zewnętrznych⁹. Emisje otoakustyczne można określić zatem jako efekt „uboczny” procesów aktywnych zachodzących w ślimaku, pozwalający wnioskować o funkcji i stanie receptora narządu słuchu. Emisje otoakustyczne wywołane można zazwyczaj zarejestrować, jeśli próg słuchu nie jest gorszy niż 35–40 dB HL.

Wyróżnia się dwa typy otoemisji akustycznej:

- spontaniczną (SOAE – ang. *Spontaneous Otoacoustic Emissions*) – nie zawsze występującą, nawet u osób z prawidłowym słuchem; z uwagi na powyższe niemającą istotnego klinicznego zastosowania;
- wywołaną (EOAE – ang. *Evoked Otoacoustic Emissions*):
 - przejściowym, krótkim bodźcem (TEOAE – ang. *Transiently Evoked Otoacoustic Emissions*),
 - parą tonów – otoemisja akustyczna produktów zniekształceń nieliniowych ślimaka (DPOAE – ang. *Distortion Products Otoacoustic Emissions*).

Warunkiem prawidłowej detekcji sygnału otoemisji akustycznej jest brak patologii w obrębie ucha zewnętrznego i środkowego skutkujących zaburzeniami w transmisji energii akustycznej (dźwięku) do ucha wewnętrznego.

Aktualnie emisje otoakustyczne wykorzystywane są podczas¹⁰:

- powszechnych badań przesiewowych słuchu u noworodków;
- wczesnej diagnostyki zaburzeń słuchu u małych dzieci;
- monitorowania wpływu hałasu i leków ototoksycznych na stan komórek słuchowych zewnętrznych;
- śródoperacyjnego monitorowania funkcji ślimaka;
- diagnostyki neuropatii słuchowej.

Badanie przesiewowe słuchu u noworodków za pomocą emisji otoakustycznych stanowi obecnie pierwsze ogniwo programów badań przesiewowych. Zaletami tego badania są wysoka czułość i specyficzność (powyżej 95%), nieinwazyjność oraz prostota wykonania.

⁹ K. KOCHANEK: *Badania obiektywne słuchu...*; G. NAMYSŁOWSKI, R. FIRA: *Audiometria impedancyjna...*, s. 137–148; M. ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA, P. KOTYŁO, K. MORAWSKI: *Emisje otoakustyczne*. W: *Audiologia kliniczna...*, s. 149–162.

¹⁰ Ibidem, s. 149–162.

SLASKIE CENTRUM SLUCHU I MOWY "MEDINCUS"

KATOWICE 40-551, ul. NASYPÓWA 18 •
Tel: (32) 256- 44- 01

Wyniki testu DPOAE

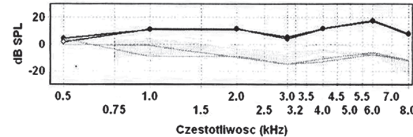
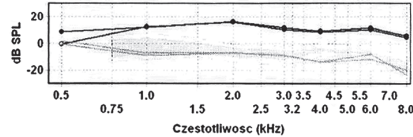
Pacjent: Data urodzenia: 16/08/1999 Data badania: 09/01/2012
 ID pacjenta: Plec: Mezczyzna Badający:

DP-gram

Prawe ucho

DP-gram

Ucho Lewe



Protokół: DPOAE KLINICZNE L1: 65 dB SPL Protokół: DPOAE KLINICZNE L1: 65 dB SPL
 Tryb pracy: Oszacowanie testu DPOAE L2: 55 dB SPL Tryb pracy: Oszacowanie testu DPOAE L2: 55 dB SPL
 Data badania: 2012-01-09 Data badania: 2012-01-09
 Badający: Badający:

Dane DP-gramu

Fz (kHz)	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0
DP1	-0.6	12.7	15.6	10.2						8.7				10.5	4.5	DP1
NF1	11.5	-6.9	-6.9	-8.8						-14.1				-11.7	-19.3	NF1
SNR1	-2.1	19.6	22.5	19.0						22.8				22.1	23.7	SNR1
DP2	8.5	12.0	16.4	11.5						9.5				11.7	5.8	DP2
NF2	-0.6	-8.7	-7.1	-8.9						-13.4				-8.0	-23.3	NF2
SNR2	9.1	20.8	23.5	20.3						22.9				19.8	29.1	SNR2

Jednostki: DP (dB SPL), NF (dB SPL), SNR (dB)

Dane DP-gramu

Fz (kHz)	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.2	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0
DP1	4.5	10.8	11.2	5.3						11.6				17.1	7.6	DP1
NF1	-0.3	-0.9	-9.6	-15.0						-13.0				-7.5	-11.9	NF1
SNR1	4.8	11.8	20.9	20.3						24.6				24.7	19.5	SNR1
DP2	1.7	11.0	11.8	4.0						11.5				17.8	8.1	DP2
NF2	4.0	-9.3	-9.1	-15.0						-10.6				-6.0	-11.5	NF2
SNR2	-2.3	20.3	20.8	19.0						22.1				23.9	19.6	SNR2

Jednostki: DP (dB SPL), NF (dB SPL), SNR (dB)

RYSUNEK 2. Wynik badania emisji otoakustycznych produktów zniszczeń nieliniowych ślimaka (DPOAEs)

ŹRÓDŁO: Materiały własne autorów

Słuchowe potencjały wywołane

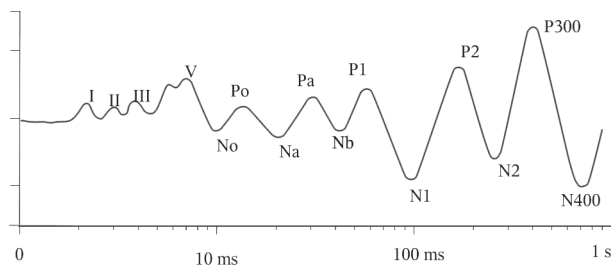
AEP (ang. *Auditory Evoked Potentials*) zapisywane są za pomocą elektrod powierzchniowych, rejestrujących czynność bioelektryczną mózgu. Ze względu na niewielką amplitudę tych potencjałów (około 1 μ V), w porównaniu do spontanicznej aktywności elektrycznej mózgu (kilkadziesiąt μ V), pojedyncze odpowiedzi są niemożliwe do uwidocznienia. W celu ich wydobycia stosuje się metodę uśredniania wielu sygnałów, bazując na znanej zależności czasowej pomiędzy pobudzeniem przez bodziec akustyczny a wystąpieniem potencjału wywołanego¹¹.

Wśród słuchowych potencjałów wywołanych ze względu na okres utajenia ich powstawania wyróżnia się¹²:

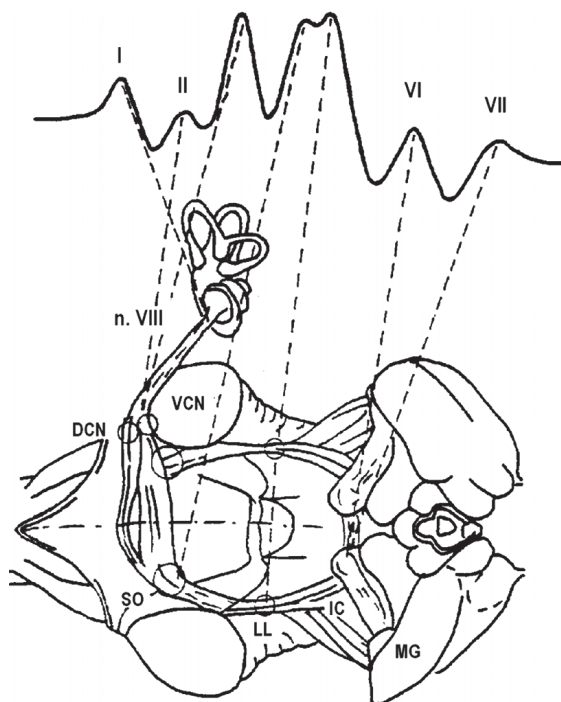
- potencjały krótkolatencyjne – 0–10 ms po podaniu bodźca;
- potencjały średniolatencyjne (MLR – ang. *middle latency responses*) – 10–100 ms po podaniu bodźca;
- potencjały długolatencyjne (LLAEP – ang. *long latency auditory evoked potentials*) – 100–1000 ms po podaniu bodźca.

¹¹ K. KOCHANEK: *Badania obiektywne słuchu...*; IDEM: *Słuchowe potencjały wywołane*. W: *Audiologia kliniczna...*, s. 163–176.

¹² Ibidem, s. 163–176; D. RAJ-KOZIAK et al.: *Czynniki ryzyka szumów usznych u dzieci w wieku 7 lat...*, s. 42–47.

RYSUNEK 3. Czas generowania zasadniczych potencjałów drogi słuchowej¹³

Potencjały wywołane z pnia mózgu (ABR – ang. *Auditory Brainstem Responses*) są potencjałami krótkolatencyjnymi.



n. VIII - auditory nerve - nerw słuchowy

VCN - ventral cochlear nucleus - jądra ślimakowe brzuszne

DCN - dorsal cochlear nucleus - jądra ślimakowe grzbietowe

SO - superior olivary complex - zespół oliwki górnej

LL - lateral lemniscus - wstęga boczna

IC - inferior colliculus - wzgórkówko dolne

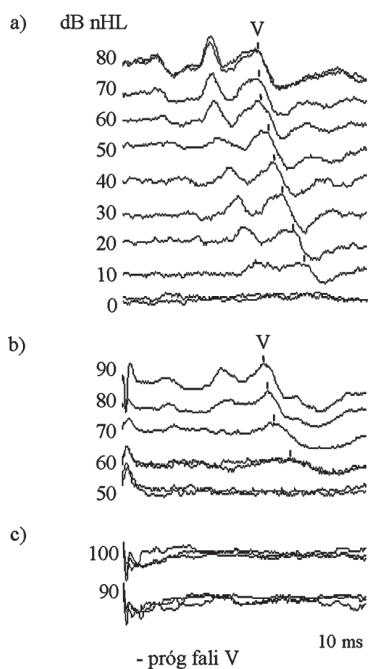
MG - medial geniculate - ciało kolankowate przyśrodkowe

RYSUNEK 4. Zapis słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu dla trzasku u osoby normalnie słyszącej z zaznaczonymi miejscami generacji poszczególnych szczytów¹⁴

¹³ brain.fuw.edu.pl [data dostępu: 30.11.2015].

¹⁴ K. KOCHANEK: *Słuchowe potencjały wywołane...*, s. 163–176.

Są one wykorzystywane do badania progu słuchu, bez ograniczeń wiekowych – zarówno u noworodków, jak i osób dorosłych. Dla dzieci poniżej 1. roku życia jest to obecnie standardowe badanie, służące do obiektywnej oceny głębokości ubytku słuchu. Aby uniknąć generowanych przez pacjenta artefaktów uniemożliwiających wykonanie badania ABR, najczęściej badanie przeprowadza się we śnie naturalnym, rzadko u starszych niemowląt i małych dzieci – w znieczuleniu ogólnym. Osoba wykonująca zapis wizualnie potwierdza obecność fali V, jej amplitudę i okres utajenia. Doświadczenie osoby wykonującej badanie w zdecydowanym stopniu wpływa zatem na wiarygodność badania i poprawność interpretacji¹⁵.



RYSUNEK 5. Badanie ABR – oznaczanie progu słuchu¹⁶

ABR w niektórych krajach wykorzystywane są do badań przesiewowych słuchu u noworodków. Stosowane są wówczas urządzenia automatycznie przeprowadzające badanie i oceniające obecność fali V w odpowiedziach – czas badania nie przekracza kilku minut.

Wykorzystywanie badań ABR w diagnostyce przesiewowej słuchu ma następujące zalety:

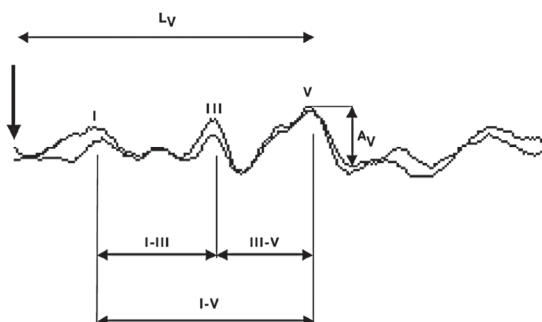
- bardzo duża czułość i specyficzność (około 98%);

¹⁵ K. KOCHANEK, A. PIŁKA: *Katalog badań progu słyszenia za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu*. Warszawa, Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu 2001, s. 7–20; K. KOCHANEK: *Procedura badania progu słyszenia za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu*. <http://edu.ifps.org.pl> [data dostępu: 9.04.2015].

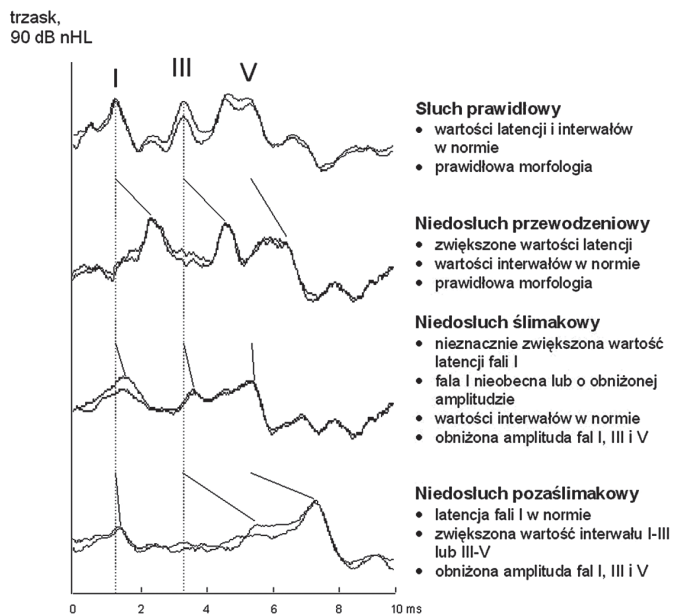
¹⁶ K. KOCHANEK, A. PIŁKA: *Katalog badań progu słyszenia...*, s. 13.

- możliwość wykrycia większości patologii układu słuchowego – nie tylko funkcji ślimaka (jak w przypadku otoemisji akustycznej), ale również nerwu słuchowego i ośrodków pnia mózgu.

W neurodiagnostyce zaburzeń pozaślimakowych słuchu (powodowanych np. przez guzy kąta mostowo-mózdkowego, schorzenia neurologiczne, procesy demielinizacyjne i inne) wykorzystuje się również badania ABR. Dobór odpowiednich parametrów bodźca i protokołu badania ABR umożliwia uzyskanie zapisu pozwalającego na precyzyjną ocenę jego morfologii oraz okresów utajenia poszczególnych fal, a także interpretację i wnioskowanie o prawdopodobnych przyczynach występujących nieprawidłowości, wymagających weryfikacji za pomocą diagnostyki obrazowej.



RYSUNEK 6. Parametry czasowe analizy odpowiedzi ABR¹⁷



RYSUNEK 7. Cechy odpowiedzi pnia mózgu dla trzasku o intensywności 90 dB nHL w różnego rodzaju ubytkach słuchu¹⁸

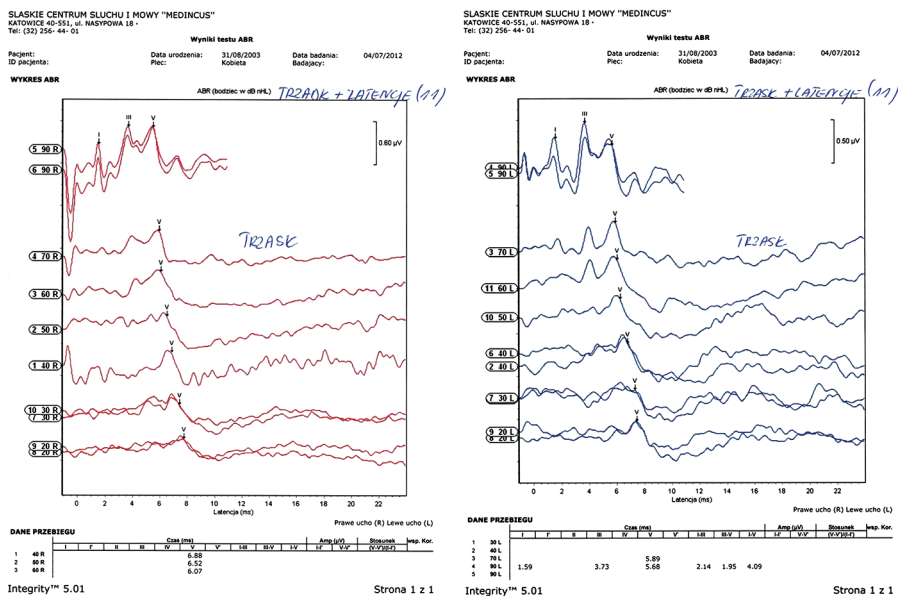
¹⁷ K. KOCHANEK: *Słuchowe potencjały wywołane...*, s. 163–176.

¹⁸ Ibidem, s. 163–176.

System diagnostyczny wprowadzony od kilku lat do bezprzewodowych badań elektrofizjologicznych (ABR, ECochG, DPOAE, TEOAE) – Integrity 500 – umożliwia badania pacjentów w stanie czuwania, nierozluźnionych, a nawet aktywnych: niemowląt podczas karmienia lub bawiących się dzieci, pacjentów sprawiających trudności diagnostyczne¹⁹.

Możliwe jest to dzięki zastosowaniu:

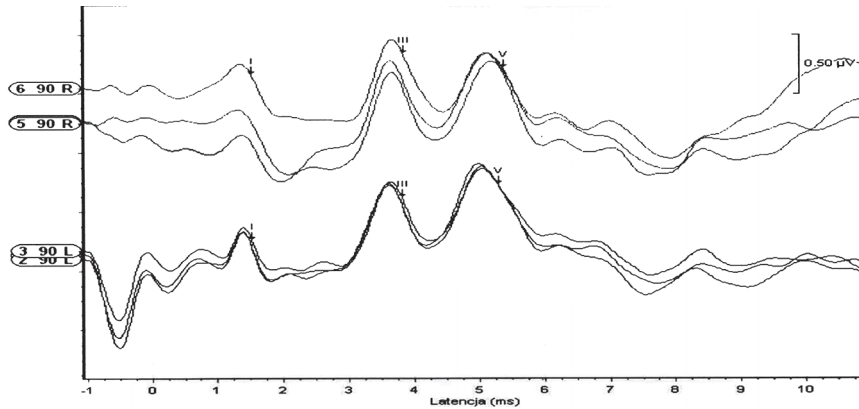
- techniki mobilnej diagnostyki (łączność bezprzewodowa – aparat diagnostyczny można założyć np. na plecy poruszającego się pacjenta, spokojnie bawiącego się podczas badania dziecka);
- filtru Kalmana – opatentowanego algorytmu optymalizującego cyfrowe opracowywanie odpowiedzi; pozwala on na redukcję artefaktów pochodzących z potencjałów mięśniowych oraz wzrokowych generowanych u pacjenta podczas czuwania, umożliwiając zapis słuchowych potencjałów wywołanych;
- modułu Amplitude (miniaturowego przedwzmacniacza zamontowanego na elektrodzie) – chroni system przed zakłóceniami elektromagnetycznymi oraz pozwala uzyskać rejestracje o wysokiej jakości np. na oddziałach neonatologicznych, w szpitalach, salach operacyjnych.



RYСУNEK 8. Badanie ABR – ocena progu słuchu oraz cech odpowiedzi (neurodiagnostyka) – wykonane za pomocą systemu diagnostycznego do bezprzewodowych badań elektrofizjologicznych Integrity 500

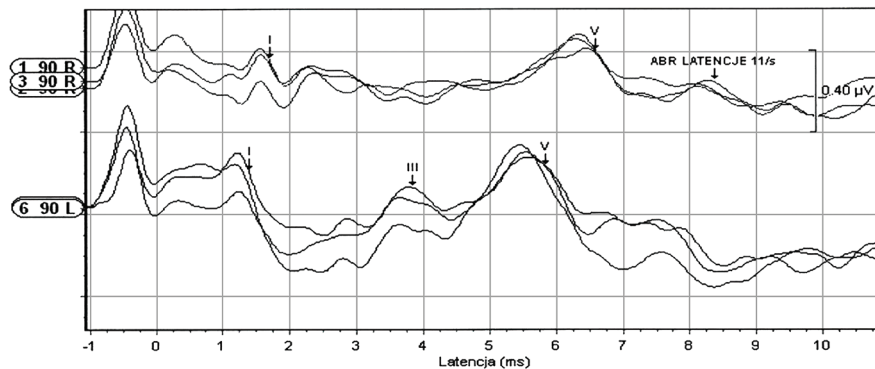
ŹRÓDŁO: Materiały własne autorów

¹⁹ www.vivosonic.com [data dostępu: 30.11.2015].



RYSUNEK 9. Prawidłowy zapis badania ABR – latencje

ŹRÓDŁO: Materiały własne autorów



RYSUNEK 10. Badanie ABR – latencje – nieprawidłowy zapis – pozaślimakowa patologia słuchu w uchu prawym

ŹRÓDŁO: Materiały własne autorów

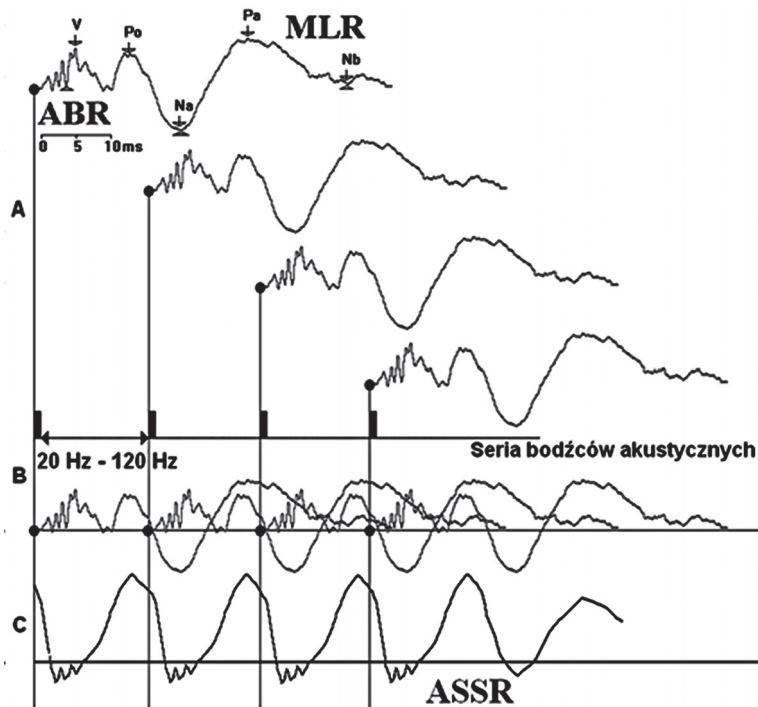
Przydatne w określaniu progów słyszenia dla niskich częstotliwości są **słuchowe potencjały wywołane średniolatencyjne** (MLR). Reprezentują one aktywność ośrodków podkorowych (prawdopodobnie okolice ciała kolankowatego przyśrodkowego) oraz pierwszorzędowej kory mózgowej. Są odpowiedziami specyficznymi na bodziec słuchowy. W rejestrowanym przedziale czasu 12–50 ms znajdują się odpowiedzi sonomotoryczne mięśni czaszki i szyi o czasie utajenia 8–14 ms oraz odpowiedzi typowo neurogenne o czasie utajenia od 20 do 50 ms²⁰.

Czas utajenia i amplituda odpowiedzi zmieniają się w sposób zdecydowany podczas snu i po zadziałaniu usypiających środków farmakologicznych²¹.

²⁰ W. SZYFTER: *Potencjały o średnim czasie utajenia*. W: *Audiologia kliniczna...*, s. 295–296.

²¹ P. ŚWIDZIŃSKI: *Kryteria doboru parametrów akustycznych w prawidłowej rejestracji słuchowych potencjałów wywołanych*. „Postępy w Chirurgii Głowy i Szyi” 2005, nr 2, s. 3–12.

Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego (ASSR – ang. *Auditory Steady State Response*) stanowią modyfikację metody badania słuchowych potencjałów wywołanych średniolatencyjnych. Elektrofizjologiczne odpowiedzi uzyskiwane są przez podawanie bodźca akustycznego z częstotliwością powyżej 40 Hz (typowa częstotliwość mieści się pomiędzy 70 Hz a 110 Hz). Podawanie bodźca z dużą częstotliwością skutkuje sumowaniem przestrzennym poszczególnych składowych słuchowych potencjałów wywołanych średniolatencyjnych. Pozwala to na dużą automatyzację analizy wyników badania. Dzięki możliwości stosowania do stymulacji tonów modulowanych częstotliwościowo i amplitudowo uzyskuje się większy poziom stymulacji niż w badaniu ABR – do 120 dB nHL²².



RYSUNEK 11. Schemat usredniania odpowiedzi zapisow czasowych w systemie BioLogic Master²³

Rejestrowana w badaniu ASSR czynność bioelektryczna drogi słuchowej w odpowiedzi na stosowany bodziec akustyczny koreluje z częstotliwością powtarzania / częstotliwością modulacji bodźca. Zastosowanie statystycznych algorytmów

²² M. LACHOWSKA et al.: *Postępy w audiologii. Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego*. „Otorynolaryngologia” 2009, nr 8 (1), s. 1–7; P. ŚWIDZIŃSKI: *Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego – Auditory Steady State Responses (ASSR)*. W: *Audiologia kliniczna. Zarys...*, s. 300–302.

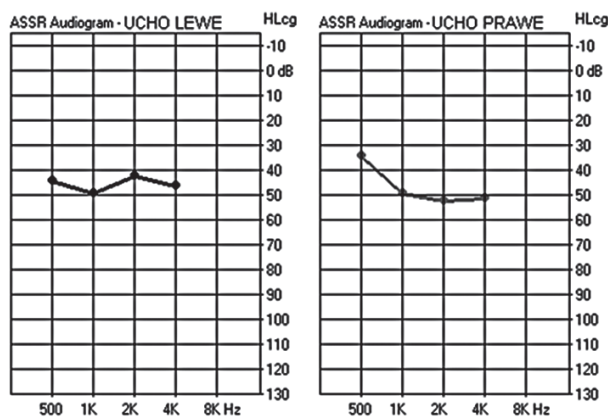
²³ M. LACHOWSKA et al.: *Postępy w audiologii. Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego*..., s. 1–7; P. ŚWIDZIŃSKI: *Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego*..., s. 300–302.

matematycznych pozwala na obiektywne estymowanie progu słyszenia u badanego pacjenta. Ocena progu słuchu w badaniu ASSR jest zatem niezależna od subiektywnych czynników związanych z interpretacją progu słuchu przez osobę przeprowadzającą badanie, jak ma to miejsce w badaniu ABR²⁴.

Badanie może być wykonywane we śnie fizjologicznym, w znieczuleniu ogólnym oraz w czuwaniu – zalecana jest pozycja leżąca, w bezruchu.

ASSR są stosowane celem rekonstrukcji audiogramu. Istnieje możliwość podawania bodźców równocześnie do obu uszu i jednoczesowa analiza kilku częstotliwości.

Preferowana jest stymulacja specyficzna częstotliwościowo (dla częstotliwości testowych 0,5kHz; 1,0kHz; 2,0kHz i 4,0kHz)²⁵.



RYSUNEK 12. Rekonstrukcja audiogramu za pomocą badania ASSR²⁶

Badanie ASSR ma istotne wady i ograniczenia: odpowiedź na silny bodziec akustyczny (100–120 dB nHL) może okazać się wygenerowaną odpowiedzią przedsiolkową, która w badaniu ASSR nie jest rozróżniana od słuchowej, ponadto stymulacja głośnymi dźwiękami (100–120 dB nHL) stwarza potencjalną możliwość spowodowania urazu akustycznego podczas badania. Nie bez znaczenia jest również fakt, że występują znaczne rozbieżności przy określaniu progu słuchu u dobrze słyszających osób oraz konieczność korekcji progu słuchu²⁷. Z uwagi na powyższe ASSR

²⁴ M. LACHOWSKA et al.: *Postępy w audiologii. Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego...*, s. 1–7; P. ŚWIDZIŃSKI: *Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego...*, s. 300–302.

²⁵ M. LACHOWSKA et al.: *Postępy w audiologii. Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego...*, s. 1–7.

²⁶ Ibidem, s. 1–7.

²⁷ Ibidem, s. 1–7; L. ŚLIWA, K. KOCHANEK, A. PIOTROWSKA, A. PIŁKA, H. SKARŻYŃSKI: *Ocena różnicy pomiędzy progiem odpowiedzi ASSR i progiem audiometrycznym u pacjentów normalnie słyszających*. „Audiofonologia” 2006, nr 28, s. 15–20; P. ŚWIDZIŃSKI: *Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego...*, s. 300–302.

pełni rolę badania uzupełniającego i uwierzytelniającego ocenę głębokości ubytku słuchu. Audiometria tonalna i ABR nadal są podstawowymi badaniami w ocenie progów słyszenia.

Badania elektrofizjologiczne odzwierciedlają procesy, jakie zachodzą w drodze słuchowej po zaprezentowaniu bodźca akustycznego. Uzyskany wynik (np. w badaniu ABR) najczęściej pozwala na określenie progu słuchu u pacjenta, choć nie jest równoznaczny z progiem słyszenia, wynikającym z percepcji informacji w korze słuchowej. U pacjentów z neuropatią słuchową oraz spowodowanymi różnymi przyczynami zaburzeniami synchronizacji przewodzenia bodźca w drodze słuchowej wyniki przeprowadzonych badań obiektywnych słuchu nie pozwalają na odzwierciedlenie rzeczywistego progu słuchu. Z uwagi na powyższe badania behawioralne słuchu, pomimo wprowadzenia nowoczesnych metod i wysublimowanych technik elektrofizjologicznych stosowanych w diagnostyce słuchu, nadal nie straciły swojego znaczenia. Służą one do weryfikacji wyników badań diagnostyki obiektywnej słuchu.

Badania behawioralne

W przypadku niemowląt w wieku 4–7 miesięcy posługujemy się nieuwarunkowaną behawioralną obserwacyjną audiometrią (BOA) lub jej odmianą (BOEL), gdy staramy się o skupienie uwagi dziecka na niezbyt atrakcyjnej zabawce. Za reakcję prawidłową uważa się odwrócenie głowy dziecka w kierunku źródła dźwięku, którymi mogą być sygnały wytwarzane nagle przez dzwonki, trąbki, bębenki itp., wąskopasmowy szum, ton modulowany lub mowa.

W stosowanej w wieku 12–24 miesięcy życia (rzadziej u niemowląt od 6. miesiąca życia) audiometrii uwarunkowanej wykorzystuje się różnego rodzaju wzmocnienie, by uzyskać powtarzalne, łatwe do interpretacji odpowiedzi na bodziec słuchowy. Przykładem tego typu badania jest audiometria wzmocniona bodźcem wzrokowym (VRA – *Visual Reinforcement Audiometry*).

Dzieci w wieku 2–2,5 lat mogą być badane za pomocą audiometrii zabawowej, w której w odpowiedzi na bodziec słuchowy dziecko wykonuje określone zadania ruchowe (układa klocki, wkłada klocki do pojemnika, nakłada pierścienie na krążek itp.)²⁸.

²⁸ E. HASSMAN-POZNAŃSKA, M.M. TOPOLSKA: *Testy audiometryczne u dzieci*. W: *Audiologia kliniczna...*, s. 189–200.

Implanty słuchowe

Implanty ślimakowe

W przeciwieństwie do niedosłuchów typu przewodzeniowego, których znamienitą większość można wyleczyć metodami farmakologicznymi lub operacyjnymi, szczególnym wyzwaniem dla audiologa są niedosłuchy typu odbiorczego. Istota ich polega na nieprawidłowym przekształcaniu bodźca akustycznego w impuls nerwowy. Uszkodzenie zlokalizowane jest najczęściej w uchu wewnętrznym, ale może dotyczyć także nerwu słuchowego lub dalszych odcinków drogi słuchowej. Odbierany przez pacjenta dźwięk jest nie tylko słabszy, ale także zdeformowany. Pacjenci z tym typem niedosłuchu w zależności od jego nasilenia mogą odnieść korzyść z użytkowania aparatów słuchowych bądź implantów ślimakowych.

Za prekursora idei leczenia niedosłuchu metodą wszczepów ślimakowych można uznać Alessandro Voltę, który w 1790 roku wykonał pierwszy eksperyment ze słyszeniem elektrycznym. Włożył on do uszu metalowe pręciki, połączył je z bateriami i stwierdził, że wywołuje to efekt słyszenia dźwięku²⁹. W 1957 roku André Djourno, Charles Eyries i Paul Vallancien (Francja) wykonali próbę bezpośredniej stymulacji elektrycznej nerwu ślimakowego u osoby głuchej. Kolejną próbę w 1961 roku podjęli amerykańscy uczeni, Wiliam House wraz ze współpracownikami, wszczepiając dwóm pacjentom elektrody umożliwiające czasową stymulację drogi słuchowej. Po raz pierwszy elektrodę implantu do wnętrza ślimaka wprowadzili w USA w 1964 roku Scott L. Doyle i jego współpracownicy. W 1972 roku W. House w USA zainicjował pierwszy na świecie program leczenia głuchoty za pomocą implantów ślimakowych. W Europie podobne programy rozpoczęto we Francji w 1973 roku (Claude-Henri Chouard) oraz w Austrii w 1975 roku (Kurt Burian). Były to wówczas systemy jednokanałowe implantów ślimakowych. W 1984 roku Graeme M. Clark w Australii oraz Ernst Lehnhardt w Niemczech zastosowali pierwsze wszczepy systemów wielokanałowych³⁰.

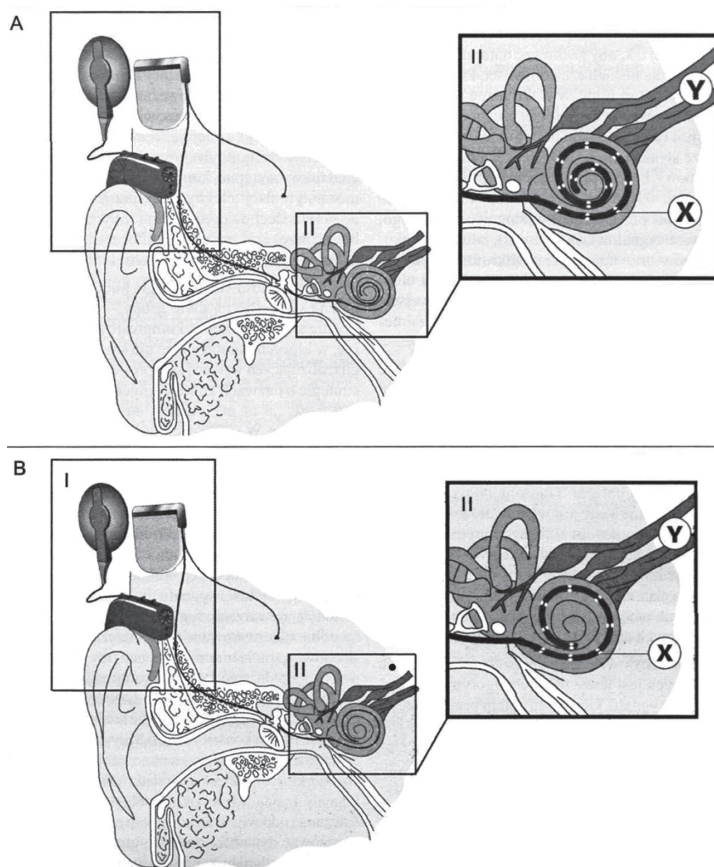
Historia leczenia niedosłuchu metodą wszczepów ślimakowych w Polsce rozpoczęła się w 1992 roku. Pierwszy implant ślimakowy został wszczepiony przez profesora Henryka Skarżyńskiego. W ostatnich dwóch dekadach, za sprawą innowacyjnych operacji przeprowadzanych przez profesora H. Skarżyńskiego, Polska stała się liderem takich programów na świecie. Pod koniec poprzedniego wieku wszczepiono po raz pierwszy implant pacjentowi z niefunkcjonalnymi resztkami słuchowymi. To dało początek polskiej szkole w otochirurgii światowej. Grupa ze Światowego Centrum Słuchu pod kierownictwem profesora Skarżyńskiego zaprojektowała elektrody dedykowane częściowej głuchocie oraz wprowadziła pierwszy w świecie system teleaudiologii, z możliwością ustawiania procesora mowy zdalnie.

²⁹ H. SKARŻYŃSKI: *Wszczepy ślimakowe*. W: *Audiologia kliniczna...*, s. 429–441.

³⁰ *Ibidem*, s. 429–441.

Częściowa głuchota (*partial deafness*) to rodzaj niedosłuchu, w którym chory ma znacznie zaburzone odczuwanie tonów wysokich, przy prawidłowym lub tylko nieznacznie podwyższonym progu słuchu dla tonów niskich. Gdy patologia ta jest obustronna, wówczas upośledza w znacznym stopniu rozumienie mowy i prawidłowe funkcjonowanie pacjenta w społeczeństwie.

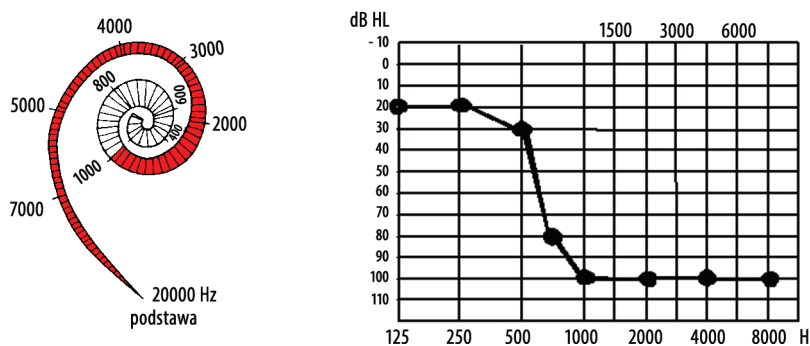
Jako pierwszy na świecie w 2002 roku profesor Skarżyński pomyślnie przeprowadził operację wszczepienia implantu ślimakowego u pacjenta dorosłego z częściową głuchotą z funkcjonalnymi resztkami słuchu. W 2004 roku wykonał pierwszą w świecie operację wszczepienia implantu ślimakowego u dziecka z częściową głuchotą.



RYSUNEK 13. Budowa i rozmieszczenie systemu implantu ślimakowego w głuchocie A) całkowitej; B) częściowej³¹

Celem leczenia chirurgicznego częściowej głuchoty (PDT – *Partial Deafness Treatment*) jest efektywne wykorzystanie komponenty akustycznej i elektrycznej.

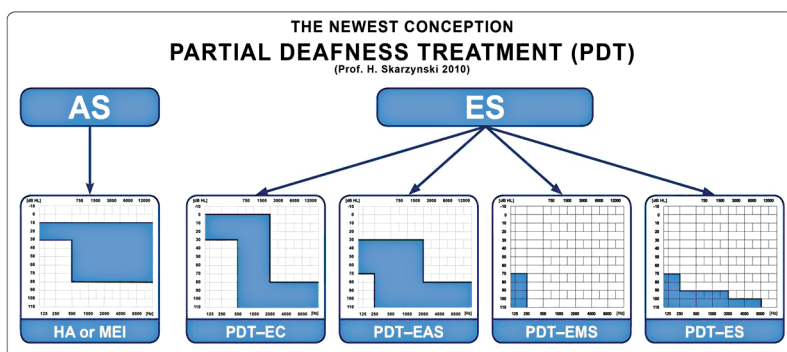
³¹ Ibidem, s. 429–441.



RYSUNEK 14. Częściowa głuchota – obraz badania audiometrycznego i schemat obrazujący odpowiadające tej dysfunkcji uszkodzenie narządu Cortiego w zakręcie podstawnym

ZRÓDŁO: Materiały własne autorów

Wyniki badania rozumienia mowy u pacjentów poddanych terapii PDT pokazują bardzo dobre efekty leczenia: do 100% dyskryminacji mowy – w ciszy, około 68% dyskryminacji mowy – w szumie na poziomie 65 dB SPL. Pokłosiem bardzo dobrych wyników tej terapii było opracowanie przez profesora H. Skarżyńskiego nowej strategii leczenia częściowej głuchoty³².



RYSUNEK 15. Nowa strategia leczenia częściowej głuchoty³³

Aktualnie przyjęto następujące kryteria kwalifikacji do leczenia niedosłuchu metodą implantu ślimakowego u dzieci prelingwalnych:

Wiek 6 miesięcy – 3 lata:

- zdiagnozowana głuchota, niedosłuch czuciowo-nerwowy głęboki lub znacznego stopnia;
- brak przeciwwskazań medycznych do przeprowadzenia zabiegu;
- masa ciała powyżej 6 kg.

³² IDEM: Nowa strategia leczenia częściowej głuchoty – 10 lat doświadczeń. „Nowa Audiofologia” 2012, nr 1 (3), s. 11–17.

³³ Ibidem, s. 11–17.

Wiek 3–6 lat:

- zdiagnozowana głuchota, niedosłuch czuciowo-nerwowy głęboki lub znacznego stopnia;
- brak przeciwwskazań medycznych do przeprowadzenia zabiegu;
- potwierdzone korzyści z wczesnego aparatowania, jednak w zakresie niewystarczającym do zadowalającego rozwoju mowy (progi słyszenia w aparatach słuchowych w częstotliwościach 2–4 kHz powyżej 55 dB HL).

Wiek powyżej 6 lat:

- zdiagnozowana głuchota, niedosłuch czuciowo-nerwowy głęboki lub znacznego stopnia;
- brak przeciwwskazań medycznych do przeprowadzenia zabiegu;
- komunikacja i rehabilitacja w oparciu o metodę audytywno-werbalną;
- potwierdzone korzyści z wczesnego aparatowania, jednak w zakresie niewystarczającym do rozumienia mowy w stopniu zadowalającym (<50% rozumienia słów w teście jednosylabowym).

W przypadku dorosłych z rozwiniętą mową (postlingwalnych) obowiązują obecnie następujące kryteria do leczenia niedosłuchu metodą wszczepu ślimakowego³⁴:

- zdiagnozowana głuchota, niedosłuch czuciowo-nerwowy głęboki lub znacznego stopnia;
- brak przeciwwskazań medycznych do przeprowadzenia zabiegu;
- komunikacja i rehabilitacja w oparciu o metodę audytywno-werbalną;
- brak korzyści z aparatów słuchowych lub korzyści w zakresie niewystarczającym do rozumienia mowy w stopniu zadowalającym (<50% rozumienia słów w teście jednosylabowym);
- pacjenci z częściową głuchotą.

Decyzja dotycząca kwalifikacji do wszczepienia implantu ślimakowego, poprzedzona szczegółową diagnostyką oraz wielospecjalistycznymi konsultacjami, jest podejmowana zespołowo – komisyjnie³⁵.

Znaczna zmiana kryteriów w porównaniu z początkowym okresem wprowadzania metody wynika ze zmian technik chirurgicznych oraz modyfikacji technologicznych dotyczących budowy wielokanałowych, atraumatycznych elektrod, umożliwiających ochronę ucha wewnętrznego, dzięki czemu wszczepienie implantu ślimakowego pozwala obecnie na zachowanie resztek słuchowych pacjenta³⁶.

Aktualne tendencje dotyczące leczenia metodą wszczepów ślimakowych dotyczą:

- obniżania dolnej granicy wieku dzieci kwalifikowanych do implantacji ślimakowej – od 6. miesiąca życia, w okresie największej plastyczności mózgu, co

³⁴ IDEM: *Wszczepy ślimakowe...*, s. 429–441.

³⁵ A. GEREMEK-SAMSONOWICZ, L. KŁONICA, J. ROSTKOWSKA, M. PIELUĆ, H. SKARŻYŃSKI: *Model postępowania diagnostyczno-terapeutycznego wobec niemowlęcia i jego rodziny przed operacją wszczepienia implantu ślimakowego*. „Nowa Audiofonologia” 2012, nr 1 (1), s. 119–125.

³⁶ H. SKARŻYŃSKI: *Współczesne możliwości leczenia częściowej głuchoty przy pomocy różnych typów implantów słuchowych*. „Nowa Audiofonologia” 2013, nr 2 (1), s. 56.

umożliwia pełniejszy rozwój w okresach zbliżonych do etapów rozwoju mowy dziecka normalnie słyszącego;

- implantowania pacjentów z resztkami słuchowymi;
- implantowania pacjentów z częściową głuchotą;
- implantowania pacjentów z jednostronną głuchotą, zwłaszcza z towarzyszącymi szumami usznymi.

Korzyści wynikające z obustronnej implantacji ślimakowej polegają na pozytywnym wpływie na rozwój słuchu elektrycznego, sprzyjają harmonijnemu rozwojowi drogi słuchowej, poprawie rozwoju i rozumienia mowy, zwłaszcza w trudnych warunkach akustycznych otoczenia, umożliwiają słyszenie kierunkowe i lokalizację źródła dźwięku. Obustronna implantacja ślimakowa ma szereg zwolenników zarówno wśród kadry medycznej, jak i wśród samych pacjentów. Przeciwnicy obustronnej implantacji podkreślają konieczność wykonania kolejnego zabiegu operacyjnego w znieczuleniu ogólnym oraz potencjalnie możliwe lepsze niż obecne rozwiązania techniczne, które będzie można zaproponować pacjentom w przyszłości. Decyzja dotycząca leczenia niedosłuchu metodą obustronnego wszczepienia implantów ślimakowych w przypadku każdego pacjenta musi być zatem indywidualna.

Implant ucha środkowego Vibrant Soundbridge

Implant typu Vibrant Soundbridge został wszczepiony w Polsce po raz pierwszy w 2003 roku przez profesora Henryka Skarżyńskiego. W przypadku niedosłuchów przewodzeniowych, odbiorczych lub mieszanych u osób, które nie mogą posługiwać się tradycyjnymi aparatami słuchowymi (np. z powodu stanów zapalnych, nasilonego efektu okluzji), bądź u osób, u których aparaty te nie przynoszą zadowalającej poprawy słuchu, alternatywę stanowi zastosowanie systemu implantu ucha środkowego Vibrant Soundbridge (VSB).

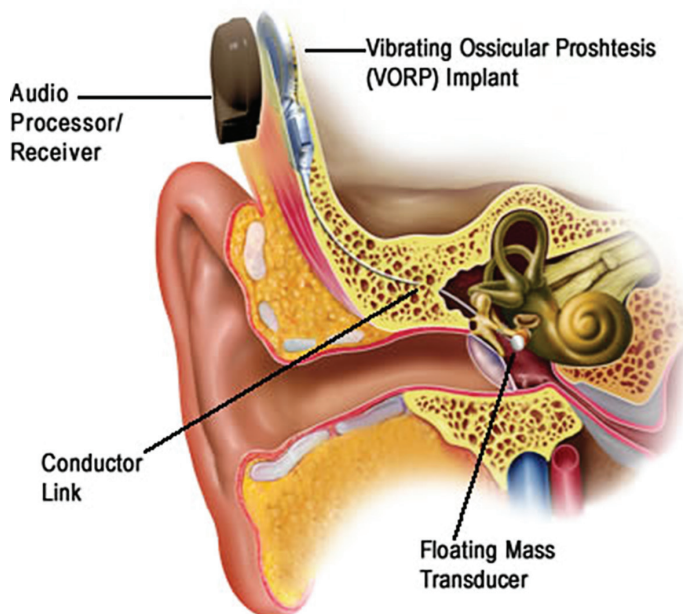


RYSUNEK 16. System Vibrant® Soundbridge³⁷

System ten przekształca dźwięki z otoczenia w drgania mechaniczne – energia mechaniczna służy do stymulacji struktur ucha środkowego, naśladujących działa-

³⁷ www.medel.com/pl [data dostępu: 30.11.2015].

nie fal dźwiękowych przechodzących przez przewód słuchowy. Taka bezpośrednia stymulacja umożliwia uzyskanie idealnej jakości dźwięku bez blokowania przewodu słuchowego. Vibrant zapewnia możliwość doskonałego odbioru dźwięków zwłaszcza wysokoczęstotliwościowych. Bezpośrednia stymulacja bez użycia powięzi lub innych tkanek była pierwszy raz na świecie przeprowadzona przez profesora Henryka Skarżyńskiego w 2006 roku. Wykazała, że stosowanie materiału (np. powięzi) pomiędzy FMT a błoną okienka w dłuższym okresie prowadzi do braku efektywności stymulacji. Jednym z mechanizmów jest brak ukrwienia tkanki, a przez to zmniejszona zostaje jej elastyczność i maleje przewodzenie drgań.



RYSUNEK 17. Vibrant® Soundbridge® Implant System³⁸

Implant słuchowy na przewodnictwo kostne Bonebridge

Implant słuchowy Bonebridge jest pierwszym implantem na przewodnictwo kostne, który umieszcza się pod nienaruszoną powierzchnią skóry, co znacząco redukuje możliwość zakażeń. Transmisja dźwięku dokonuje się przez skórę, a nie na zasadzie bezpośredniego kontaktu, jak to ma miejsce w aparatach BAHA i Ponto. System Bonebridge stosuje się u osób z niedosłuchem przewodzeniowym i mieszanym. Pierwsza operacja w Polsce (także w jednym z pierwszych krajów na świecie) była przeprowadzona przez profesora Skarżyńskiego w 2012 roku. Możliwe jest również stosowanie tego typu implantu w przypadku wad wrodzonych ucha

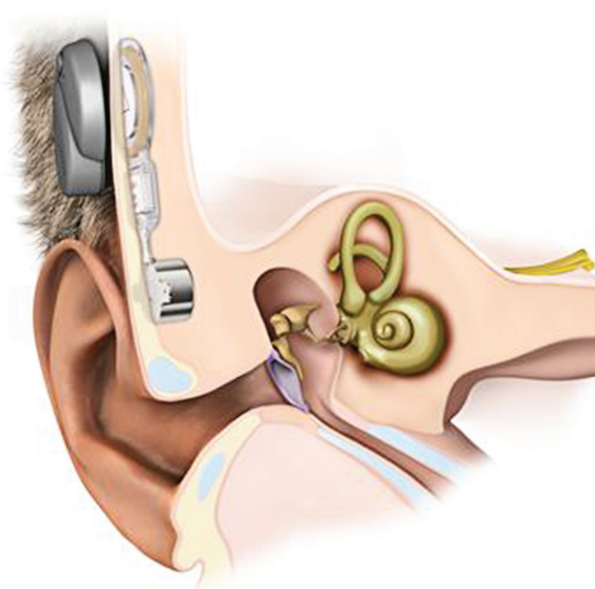
³⁸ www.chicagoeear.com [data dostępu: 30.11.2015].

zewnątrznego i środkowego. Pacjenci kwalifikujący się do zabiegu wszczepienia systemu Bonebridge muszą spełniać odpowiednie warunki anatomiczne oraz mieć co najmniej 18 lat.



RYSUNEK 18. System Bonebridge³⁹

Zastosowanie implantu Bonebridge eliminuje efekt tłumienia (jaki pojawia się w tradycyjnych aparatach na przewodnictwo kostne), nie występuje ból wynikający z ucisku (przez tradycyjny aparat na przewodnictwo kostne).



RYSUNEK 19. System Bonebridge⁴⁰

³⁹ www.medel.com/en [data dostępu: 30.11.2015].

⁴⁰ news.cision.com [data dostępu: 30.11.2015].

Aspekty rehabilitacji pacjentów z implantem ślimakowym

Program pooperacyjnej rehabilitacji pacjenta po wszczępieniu implantu ślimakowego jest zawsze dostosowany do potrzeb pacjenta i obejmuje: rehabilitację słuchu, rozwijanie mowy i języka, wspomaganie ogólnego rozwoju pacjenta, pomoc w wyborze drogi edukacji, wsparcie psychologiczne oraz pomoc w integracji z grupą rówieśniczą.

Rehabilitacja prowadzona jest przez wielospecjalistyczny zespół, w skład którego wchodzi lekarz audiolog i foniatra lub otolaryngolog, logopeda, pedagog, psycholog oraz inżynier kliniczny⁴¹.

W rehabilitacji dzieci z wadą słuchu preferowana jest terapia audytywno-werbalna (słuchowo-słowna) – AVT – *Auditory-Verbal Therapy*. Opiera się ona na założeniu, że proces opanowania języka u dzieci z niedosłuchem przebiega zgodnie z cyklem rozwojowym obserwowanym u dzieci słyszących, pod warunkiem, że poddamy odpowiednie struktury mózgu dziecka, będące w okresie dojrzewania, działaniu intensywnych bodźców.

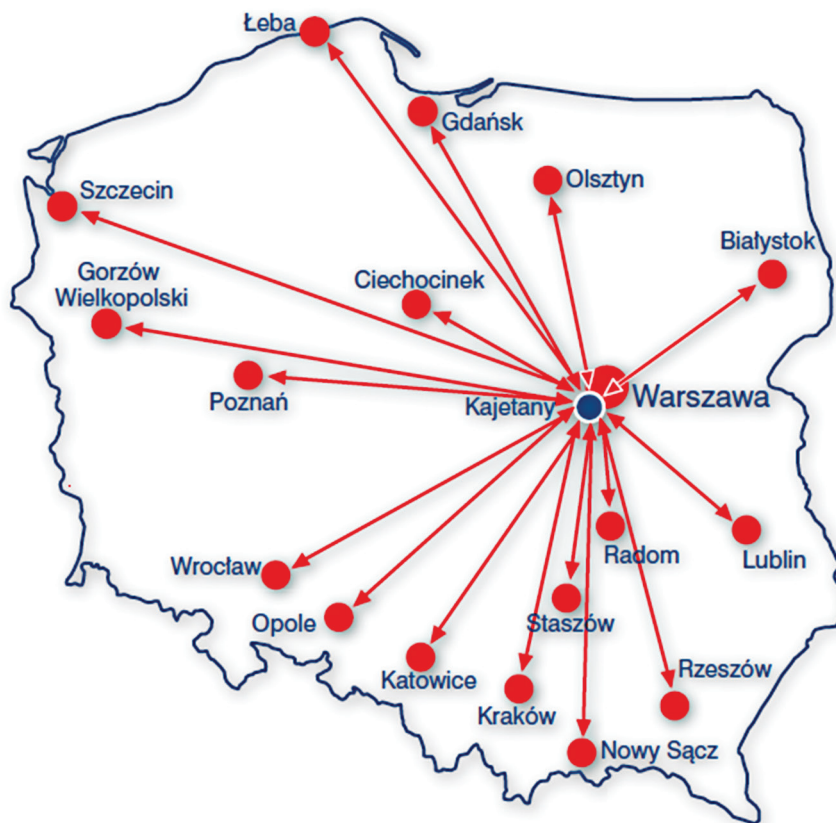
W metodzie AVT wykorzystuje się głównie drogę słuchową, z wykorzystywaniem aparatów słuchowych lub implantów ślimakowych. Kładąc nacisk na stymulację funkcji słuchowej, umożliwi ona rozwój naturalnej komunikacji. Metoda AVT zakłada ponadto aktywny udział rodziców w procesie terapii słuchu i mowy⁴².

Stworzenie przez Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu wraz ze współpracującymi ośrodkami w całym kraju Krajowej Sieci Teleaudiologii zapewniło pacjentom opiekę blisko ich miejsca zamieszkania. Wyeliminowanie konieczności dalekiego dojazdu sprzyja mniejszemu zmęczeniu (zwłaszcza u dzieci) podczas zajęć rehabilitacyjnych oraz większej efektywności terapii. Pacjent z wszczepionym implantem ślimakowym wymaga, oprócz systematycznych kontroli lekarskich i prowadzenia rehabilitacji, także okresowego programowania procesora mowy systemu implantu ślimakowego. Podczas przeprowadzanego w ośrodku Krajowej Sieci Teleaudiologii zdalnego programowania procesora mowy (telefittingu) zarówno dziecko w obecności rodzica, jak i pacjent dorosły są pod stałą opieką specjalisty (surdologopedy, psychologa bądź technika medycznego). Inżynier kliniczny przebywający

⁴¹ A. SZKIEŁKOWSKA, H. SKARŻYŃSKI, A. PIOTROWSKA, A. LORENS, J. SZUCHNIK: *Kompleksowe postępowanie u dzieci po wszczępiach implantów ślimakowych*. „Otorynolaryngologia – Przegląd Kliniczny” 2008, nr 7, s. 77–84.

⁴² D.M. GOLDBERG, C. FLEXER: *What is the history of auditory-verbal practice?* In: *101 Frequently Asked Questions About Auditory-Verbal Practice*. Ed. W. ESTABROOKS. Washington DC, The Alexander Graham Bell Association for the Deaf and Hard of Hearing 2012, s. 6–9; A. BAREJ, A. PANKOWSKA: *Nabywanie języka i umiejętności komunikacyjnych przez dziecko z uszkodzonym narządem słuchu w terapii audytywno-werbalnej. Studium przypadku*. „Nowa Audiofonologia” 2012, nr 1 (1), s. 129–133; A. PANKOWSKA, M. ZGODA, A. LUTEK, A. BAREJ: *III Konferencja naukowo-szkoleniowa „Słucham, więc potrafię”...*, s. 87–90.

w tym czasie w Światowym Centrum Słuchu Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu w Kajetanach zdalnie dokonuje nowych ustawień w urządzeniu⁴³.



RYSUNEK 20. Krajowa Sieć Teleaudiologii

ŹRÓDŁO: <http://telefitting.ifps.org.pl/index.php> [data dostępu: 30.11.2015]

Systemy FM oraz transmitters i bezprzewodowe urządzenia wspomagające słyszenie

Ułatwiają one komunikację w trudnych warunkach akustycznych, np. w klasie, podczas spotkania w grupach, na zebraniach lub w restauracji. Osoba mówiąca ma założony mikrofon, a dźwięk jest przesyłany drogą bezprzewodową do aparatu

⁴³ P.H. SKARŻYŃSKI, A. WĄSOWSKI, H. SKARŻYŃSKI, Ł. BRUSKI, I. PIERZYŃSKA: *Telemedyczne rozwiązania w diagnostyce, leczeniu i rehabilitacji pacjentów po wszczepieniu implantów ślimakowych (leczenie częściowej głuchoty)*. „Otorinolaryngologia – Przegląd Kliniczny” 2013, nr 12, s. 30–31. P.H. SKARŻYŃSKI, A. WĄSOWSKI, H. SKARŻYŃSKI, Ł. BRUSKI, I. PIERZYŃSKA: *Telemedyczne rozwiązania w diagnostyce, leczeniu i rehabilitacji pacjentów po wszczepieniu implantów ślimakowych*. „Nowa Audiofonologia” 2013, nr 2 (2), s. 45.

tu słuchowego. Pozwala to zachować głośne i wyraźne brzmienie mowy, pokonać barierę odległości oraz minimalizować wpływ zakłóceń w postaci hałasu. System FM pozwala na swobodę w komunikowaniu się oraz sprzyja prawidłowemu rozwojowi. Oprócz stosowania go u osób z obwodowym niedosłuchem bardzo dobre efekty jego wykorzystania obserwuje się u dzieci z centralnymi zaburzeniami przetwarzania słuchowego. Zastosowanie systemu FM w przypadkach opóźnionego rozwoju mowy – zarówno mikrofonu, do którego dziecko mówi, jak i odbiornika, którym słucha poprzez wykorzystanie pętli sprzężenia zwrotnego oraz intensywniejszą stymulację ośrodkowego układu nerwowego – sprzyja znacznym postępom w rehabilitacji dzieci z niedosłuchem, ale także tych prawidłowo słyszących⁴⁴.

Ogromny postęp technologiczny w zakresie metod diagnostyki słuchu oraz technik chirurgicznych, w powiązaniu z wysiłkami włożonymi w system wczesnej diagnostyki wad słuchu, ich leczenia oraz intensywnej rehabilitacji słuchu i mowy, pozwala na poprawę funkcjonowania osób niedosłyszących pośród osób z prawidłowym słuchem. Osoby, nawet z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, wcześniej zdiagnozowane i poddane terapii, mają szanse na wykształcenie mowy fonicznej oraz rozwój ogólny, w stopniu bardzo często nieodbiegającym od osób słyszących. Dzięki temu mogą uczęszczać do szkół ogólnych, bez konieczności korzystania ze szkół specjalnych, a w wielu przypadkach są studentami, a następnie absolwentami uczelni wyższych. W życiu dorosłym pozwala im to na realizowanie się w pracy, odpowiadającej ich zainteresowaniom i ambicjom, oraz rozwijanie wielu pozawodowych pasji.

Bibliografia

- BAREJ A., PANKOWSKA A.: *Nabywanie języka i umiejętności komunikacyjnych przez dziecko z uszkodzonym narządem słuchu w terapii audytywno-werbalnej. Studium przypadku*. „Nowa Audiofonologia” 2012, nr 1 (1).
- BECK D.L., FLEXER C.: *Listening is where hearing meets brain... in children and adults*. “The Hearing Review” 2011, No. 18 (2), s. 26–37.
brain.fuw.edu.pl [data dostępu: 30.11.2015].

⁴⁴ C.C CRANDELL, A.E. HOLMES, C. FLEXER, M. PAYNE: *Effects of sound field FM amplification on the speech recognition of listeners with cochlear implants*. “Journal of Educational Audiology” 1998, No. 6, s. 21–27; C. FLEXER: *How does a child with hearing loss benefit from an FM system and/or a sound field system in the classroom?* In: *101 Frequently Asked Questions About Auditory-Verbal Practice...*, s. 93–97; A. PANKOWSKA, M. ZGODA, A. LUTEK, A. BAREJ: *III Konferencja naukowo-szkoleniowa „Słucham, więc potrafię”...*, s. 87–90.

- CRANDELL C., HOLMES A.E., FLEXER C., PAYNE M.: *Effects of sound field FM amplification on the speech recognition of listeners with cochlear implants*. "Journal of Educational Audiology" 1998, No. 6, s. 21–27.
- FABIJAŃSKA A. et. al.: *Epidemiology of tinnitus and hyperacusis in Poland*. In: *Proceedings of the Sixth International Tinnitus Seminar*. Ed. J. HAZELL. Cambridge, University Press 1999.
- FLEXER C.: *How does a child with hearing loss benefit from an FM system and/or a sound field system in the classroom?* In: *101 Frequently Asked Questions About Auditory-Verbal Practice*. Ed. W. ESTABROOKS. Washington DC, The Alexander Graham Bell Association for the Deaf and Hard of Hearing 2012.
- GEREMEK-SAMSONOWICZ A., KŁONICA L., ROSTKOWSKA J., PIEŁUĆ M., SKARŻYŃSKI H.: *Model postępowania diagnostyczno-terapeutycznego wobec niemowlęcia i jego rodziny przed operacją wszczepienia implantu ślimakowego*. „Nowa Audiofoniologia” 2012, nr 1 (1).
- GOLDBERG D.M., FLEXER C.: *What is the history of auditory-verbal practice?* In: *101 Frequently Asked Questions About Auditory-Verbal Practice*. Ed. W. ESTABROOKS. Washington DC, The Alexander Graham Bell Association for the Deaf and Hard of Hearing 2012.
- HASSMAN-POZNAŃSKA E., TOPOLSKA M.M.: *Testy audiometryczne u dzieci*. W: *Audiologia kliniczna*. Red. M. ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA. Łódź, Mediton 2005.
<http://edu.ifps.org.pl> [data dostępu: 30.11.2015].
- JERGER J.F., HAYES D.: *The cross-check principle in pediatric audiometry*. „Arch Otolaryngol” 1976, No. 102 (10).
- KOCHANEK K.: *Badania obiektywne słuchu*. <http://edu.ifps.org.pl> [data dostępu: 30.11.2015].
- KOCHANEK K.: *Procedura badania proggu słyszenia za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu*. <http://edu.ifps.org.pl> [data dostępu: 30.11.2015].
- KOCHANEK K.: *Słuchowe potencjały wywołane*. W: *Audiologia kliniczna*. Red. M. ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA. Łódź, Mediton 2005.
- KOCHANEK K., PIŁKA A.: *Katalog badań proggu słyszenia za pomocą słuchowych potencjałów wywołanych pnia mózgu*. Warszawa, IFPS 2001.
- LACHOWSKA M. et.al.: *Postępy w audiologii. Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego*. „Otorinolaryngologia” 2009, nr 8 (1).
- LISOWSKA G.: *Zastosowanie emisji otoakustycznych do oceny układu oliwkowo-ślimakowego przyśrodkowego*. [Rozprawa habilitacyjna. Śląska Akademia Medyczna 2005].
- MIKOŁAJEWSKI R.: *Wprowadzenie do audiometrii impedancyjnej*. Warszawa, Alpicon 1994.
- MUSIEK F.E.: *The human auditory cortex: Interesting anatomical and clinical perspectives*. “Audiology Today” 2009, No. 21 (4).
- NAMYSŁOWSKI G., FIRA R.: *Audiometria impedancyjna*. W: *Audiologia kliniczna*. Red. M. ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA. Łódź, Mediton 2005.

- news.cision.com [data dostępu: 30.11.2015].
- PANKOWSKA A., ZGODA M., LUTEK A., BAREJ A.: *III Konferencja naukowo-szkoleniowa „Słucham, więc potrafię” Listening is „I can” Terapia audytywno-werbalna. Czas posłuchać. Sprawozdanie.* „Nowa Audiofonologia” 2013, nr 2 (1).
- PRUSZEWICZ A., OBRĘBOWSKI A.: *Audiometria impedancyjna.* W: *Audiologia kliniczna. Zarys.* Red. A. PRUSZEWICZ, A. OBRĘBOWSKI. Wyd. 4. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu 2010.
- RAJ-KOZIAK D. et al.: *Czynniki ryzyka szumów usznych u dzieci w wieku 7 lat.* „Otolaryngologia” 2013, nr 12 (1).
- RAJ-KOZIAK D. et al.: *Ocena częstości występowania szumów usznych u dzieci z prawidłowym wynikiem badania przesiewowego słuchu.* „Otolaryngologia” 2011, nr 10 (4).
- RAJ-KOZIAK D., SKARŻYŃSKI H., KOCHANEK K., FABIJAŃSKA A.: *Ocena częstości występowania szumów usznych u dzieci w Polsce.* „Otolaryngologia Polska” 2013, 67 (3).
- SKARŻYŃSKI H.: *Nowa strategia leczenia częściowej głuchoty – 10 lat doświadczeń.* „Nowa Audiofonologia” 2012, nr 1 (3).
- SKARŻYŃSKI H.: *Współczesne możliwości leczenia częściowej głuchoty przy pomocy różnych typów implantów słuchowych.* „Nowa Audiofonologia” 2013, nr 2 (1).
- SKARŻYŃSKI H.: *Wszczepy ślimakowe.* W: *Audiologia kliniczna.* Red. M. ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA. Łódź, Mediton 2005.
- SKARŻYŃSKI P.H. et al.: *Hearing Screening Program in School-Age Children in Western Poland.* „Int. Adv. Otol” 2011, No. 7 (2).
- SKARŻYŃSKI P.H. et al.: *Organization of the Hearing Screening Examinations in Polish Schools in Rural Areas and Small Towns.* “Cochlear Implants International” 2010, No. 11 (1).
- SKARŻYŃSKI P.H. et al.: *Tinnitus among school age children.* “International Journal of Hearing Science” 2011, No. 1 (31).
- SKARŻYŃSKI H. et al.: *Wytyczne w zakresie doboru aparatów słuchowych u dzieci w wieku 0–4 roku życia.* Warszawa 2011. http://konsultant-krajowy.pl/doc/Wytyczne_w_zakresie_doboru_aparatow_1.pdf [data dostępu: 30.11.2015].
- SKARŻYŃSKI P.H., WĄSOWSKI A., SKARŻYŃSKI H., BRUSKI Ł., PIERZYŃSKA I.: *Telemedyczne rozwiązania w diagnostyce, leczeniu i rehabilitacji pacjentów po wszczepieniu implantów ślimakowych (leczenie częściowej głuchoty).* „Otolaryngologia – Przegląd Kliniczny” 2013, nr 12.
- SKARŻYŃSKI P.H., WĄSOWSKI A., SKARŻYŃSKI H., BRUSKI Ł., PIERZYŃSKA I.: *Telemedyczne rozwiązania w diagnostyce, leczeniu i rehabilitacji pacjentów po wszczepieniu implantów ślimakowych.* „Nowa Audiofonologia” 2013, nr 2 (2).
- SZKIEŁKOWSKA A., SKARŻYŃSKI H., PIOTROWSKA A., LORENS A., SZUCHNIK J.: *Kompleksowe postępowanie u dzieci po wszczepach implantów ślimakowych.* „Otolaryngologia – Przegląd Kliniczny” 2008, nr 7.

- SZYFTER W.: *Potencjały o średnim czasie utajenia*. W: *Audiologia kliniczna. Zarys*. Red. A. PRUSZEWICZ, A. OBRĘBOWSKI. Wyd. 4. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu 2010.
- ŚLIWA L., KOCHANEK K., PIOTROWSKA A., PIŁKA A., SKARŻYŃSKI H.: *Ocena różnicy pomiędzy progiem odpowiedzi ASSR i progiem audiometrycznym u pacjentów normalnie słyszących*. „*Audiofonologia*” 2006, nr 28.
- ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA M., KOTYŁO P., MORAWSKI K.: *Emisje otoakustyczne*. W: *Audiologia kliniczna*. Red. M. ŚLIWIŃSKA-KOWALSKA. Łódź, Mediton 2005.
- ŚWIDZIŃSKI P.: *Kryteria doboru parametrów akustycznych w prawidłowej rejestracji słuchowych potencjałów wywołanych*. „*Postępy Chirurgii Głowy i Szyi*” 2005, nr 2.
- ŚWIDZIŃSKI P.: *Słuchowe potencjały wywołane stanu ustalonego – Auditory Steady State Responses (ASSR)*. W: *Audiologia kliniczna. Zarys*. Red. A. PRUSZEWICZ, A. OBRĘBOWSKI. Wyd. 4. Poznań, Wydawnictwo Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu 2010.
- www.chicagoeear.com [data dostępu: 30.11.2015].
- www.medel.com/pl [data dostępu: 30.11.2015].
- www.vivosonic.com [data dostępu: 30.11.2015].
- YOSHINAGA-ITANO C., SEDEY A., COULTER D., MEHL A.: *Language of early and later identified children with hearing loss*. “*Pediatrics*” 1998, No. 102.