

Efekty binauralne u pacjentów z jednostronną głuchotą i pacjentów z asymetrycznym niedosłuchem, użytkowników systemu implantu ślimakowego

Binaural effects after cochlear implantation for patients with single sided deafness and patients with asymmetric hearing loss

Marika Kruszyńska, Artur Lorens, Anita Obrycka, Dorota Pastuszek, Henryk Skarżyński

Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Zakład Implantów i Percepcji Słuchowej, Warszawa/Kajetany

Adres autora: Marika Kruszyńska, Światowe Centrum Słuchu, Zakład Implantów i Percepcji Słuchowej, ul. Mokra 17, Kajetany, 05-830 Nadarzyn, e-mail: m.kruszynska@ifps.org.pl

Streszczenie

Wstęp: Od kilku lat pacjentom z jednostronną głuchotą oraz asymetrycznym niedosłuchem wszczepiany jest implant ślimakowy. System implantu ślimakowego ma pomóc pacjentom w lepszym rozumieniu mowy w hałasie, lokalizacji dźwięku czy zmniejszeniu szumu usznego w uchu z głębokim niedosłuchem. Celem pracy była ocena słyszenia binauralnego u pacjentów z jednostronną głuchotą i asymetrycznym niedosłuchem, użytkowników systemu implantu ślimakowego.

Materiał i metody: Materiał pracy obejmował 21 dorosłych pacjentów z jednostronną głuchotą i asymetrycznym niedosłuchem, którzy korzystają z systemu implantu ślimakowego przez co najmniej 14 miesięcy. Efekty słyszenia binauralnego, tj. cień głowy, wyciszenie binauralne (ang. *squelch*) oraz redundancje binauralne, badano za pomocą testu identyfikacji słów jednosylabowych Pruszewicza.

Wyniki: Zarówno w grupie pacjentów z jednostronną głuchotą, jak i z asymetrycznym niedosłuchem zaobserwowano wzrost stopnia identyfikacji wyrazów w sytuacji, gdy procesor mowy był włączony w porównaniu z badaniem z wyłączonym procesorem dla wszystkich warunków odsłuchowych oprócz konfiguracji do oceny efektu wyciszenia binauralnego. Nie ma istotnych statystycznie różnic pomiędzy wynikami w grupach pacjentów z jednostronną głuchotą i asymetrycznym niedosłuchem w poszczególnych warunkach odsłuchowych.

Wnioski: Wszczepienie systemu implantu ślimakowego pacjentom z jednostronną głuchotą i asymetrycznym niedosłuchem daje szansę na przywrócenie słyszenia binauralnego.

Słowa kluczowe: jednostronna głuchota • słyszenie binauralne • system implantu ślimakowego

Abstract

Introduction: For a few years, patients with single sided deafness (SSD) and asymmetric hearing loss (AHL) are candidates for cochlear implantation. The cochlear implantation systems is designed to support sound localisation of patients and to eliminate tinnitus in their deaf ears. The aim of the study was to evaluate binaural hearing outcomes after cochlear implantation in patients with single-sided deafness and asymmetric hearing loss.

Material and methods: The subjects of the study included 21 adult patients with single-sided deafness and asymmetric hearing loss, who had been using cochlear implants for at least 14 months. In those patients, binaural hearing effects, i.e. the head shadow effect, the squelch effect and binaural redundancy, were tested with the monosyllabic word identification test developed by Pruszewicz.

Results: As indicated by the increase in speech recognition of aided by the speech processor on – versus the speech processor off – in all listening conditions (except for the squelch effect), both the SSD and AHL patients benefited from cochlear

implantation. There is no statistically significant difference in speech recognition between the patients with single sided deafness and asymmetric hearing loss in each listening situation.

Conclusoins: The cochlear implant gives a chance of restoring binaural hearing in the individuals with unilateral hearing loss and asymmetrical hearing loss.

Key words: single-sided deafness • binaural hearing • cochlear implant

Wstęp

Jednostronna głuchota (ang. *Single-Sided Deafness*, SSD) jest to uszkodzenie słuchu charakteryzujące się niedosłuchem głębokiego stopnia w jednym uchu oraz normą słuchową w drugim. O niedosłuchu asymetrycznym (ang. *Asymmetric Hearing Loss*, AHL) mówimy wtedy, gdy w jednym uchu mamy do czynienia z głębokim niedosłuchem, natomiast w drugim z niedosłuchem stopnia od lekkiego do znacznego, który można skutecznie skompensować za pomocą aparatu słuchowego [1].

Do niedawna uważano, że pacjenci, których jedno ucho jest w pełni sprawne słuchowo, nie muszą korzystać z protez słuchu, gdyż nie mają oni problemu z rozumieniem mowy [2]. Jednak wyniki badań opisane w literaturze pokazują, że osoby z jednostronną głuchotą borykają się z wieloma problemami w codziennym życiu [3]. Mają one trudności z lokalizacją dźwięku czy rozumieniem mowy, zwłaszcza w obecności hałasu [3–5]. Wielu pacjentom dokuczają występujące w uchu niesłyszącym silne szumy uszne, które znacznie utrudniają codzienne funkcjonowanie [6,7].

Problemy ze słyszeniem w hałasie pacjentów z jednostronną głuchotą spowodowane są brakiem tzw. słyszenia binauralnego, czyli możliwości odbierania dźwięków dwójgim uszu oraz analizowania różnic i podobieństw niezależnie odbieranych sygnałów przez ośrodkową część drogi słuchowej. Słyszenie binauralne pozwala na lokalizację dźwięków oraz tzw. odmaskowanie przestrzenne [8], co prowadzi między innymi do znaczącej poprawy rozumienia mowy w hałasie [9]. Do efektów słyszenia binauralnego zaliczamy: efekt cienia głowy, efekt redundancji binauralnej i tzw. efekt *scquelch*, czyli efekt wyciszenia binauralnego [4,5,10].

Efekt cienia głowy występuje w przypadku przestrzennego rozdzielania sygnału mowy i sygnału zakłócającego. Polega na wykorzystaniu do słuchania w hałasie ucha, które ma lepsze warunki odsłuchowe, tj. dla którego stosunek sygnału do szumu (SNR) jest korzystniejszy. Głowa stanowi barierę dla części dźwięków, dzięki temu hałas docierający od strony jednego ucha jest mniej intensywny od strony drugiego ucha. To drugie ucho będzie zatem miało korzystniejszy SNR. Efekt cienia głowy opiera się na fizycznych właściwościach głowy jako bariery dla dźwięków [8,11,12].

Redundancja binauralna jest efektem związanym z centralnym przetwarzaniem słuchowym. W przypadku gdy ten sam sygnał dociera do każdego z uszu, układ słuchowy uzyskuje pewną ilość nadmiarowej informacji. Dzięki tej nadwyżce (redundancji) możliwe jest rozumienie mowy nawet w trudnych warunkach akustycznych.

Ponadto sygnał dwuuszny odbierany jest przez słuchacza jako głośniejszy. Efekt redundancji binauralnej powoduje polepszenie rozumienia mowy w warunkach odsłuchu obuusznego zarówno w ciszy, jak i w szumie w porównaniu z odsłuchem jednousznym, w przypadku gdy źródła mowy i szumu zlokalizowane są naprzeciw słuchacza [8,11,12].

Efekt wyciszenia binauralnego (ang. *scquelch*) działa wtedy, gdy sygnał mowy i szum są od siebie przestrzennie oddzielone. Przykładowo gdy sygnał szumu dociera z przodu, a sygnał mowy z boku, mózg, dzięki centralnemu przetwarzaniu słuchowemu, jest w stanie wykorzystać informację o sygnale zakłócającym docierającym od strony ucha posiadającego gorszy SNR do częściowego oddzielenia szumu od sygnału, który dociera od strony ucha posiadającego lepszy SNR [8,11,12].

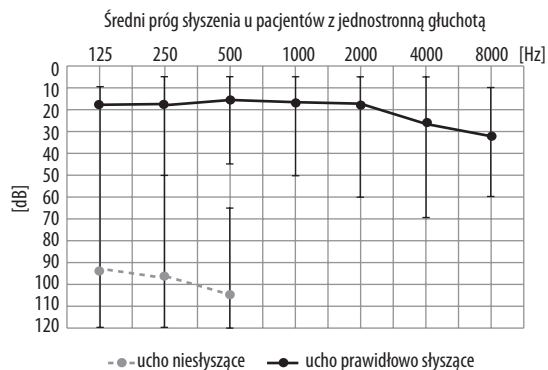
Do tej pory pacjentom z jednostronną głuchotą lub niedosłuchem asymetrycznym, jako rozwiązanie ich problemów, proponowano korzystanie z aparatów słuchowych typu CROSS lub implantu na przewodnictwo kostne typu BAHA [4,13]. Obydwa te rozwiązania działają na zasadzie przenoszenia dźwięku ze strony ucha niesłyszącego do ucha prawidłowo słyszącego. Zatem dają świadomość dźwięku po stronie ucha niesłyszącego, ale pacjent nadal nie ma korzyści ze słyszenia binauralnego. W sytuacjach odsłuchowych, gdy źródło szumu znajduje się od strony ucha głuchego, a źródło mowy od strony ucha słyszącego, aparaty typu CROSS oraz BAHA prowadzą do pogorszenia dyskryminacji mowy [3].

Ponadto u pacjentów z szumami usznymi w uchu niesłyszącym rozwiązania typu CROSS czy implant typu BAHA nie dają korzyści w postaci zmniejszenia szumu usznego. W przypadku tych dwóch rozwiązań metoda leczenia szumów usznych oparta na stymulacji akustycznej ucha niesłyszącego jest niemożliwa do zastosowania. [13]

Od niedawna prowadzone są badania kliniczne nad możliwością zastosowania systemu implantu ślimakowego u pacjentów z jednostronną głuchotą. Zakłada się, że zastosowanie implantu ślimakowego pozwoli na odtworzenie słyszenia binauralnego [13,14]. Ponadto prowadzone badania kliniczne wykazały zmniejszenie się uciążliwości szumów usznych pod wpływem stymulacji elektrycznej ucha głuchego prowadzonej przez implant ślimakowy [7,15].

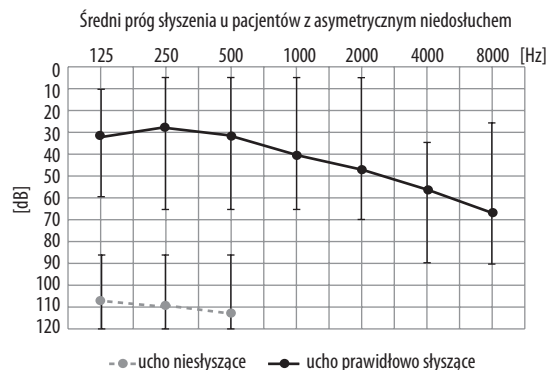
Cel pracy

Celem pracy była ocena efektów binauralnych po wszczępieniu systemu implantu ślimakowego u pacjentów z jednostronną głuchotą i niedosłuchem asymetrycznym.



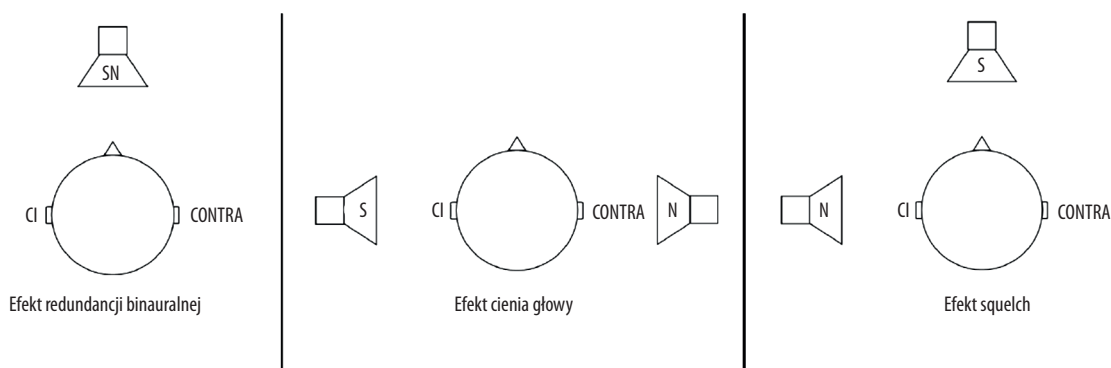
Rycina 1. Średni próg słyszenia na przewodnictwo powietrzne u pacjentów z jednostronną głuchotą

Figure 1. The mean air-conduction hearing threshold for single-sided deafness patients



Rycina 2. Średni próg słyszenia na przewodnictwo powietrzne u pacjentów z asymetrycznym niedosłuchem

Figure 2. The mean air-conduction hearing threshold for patients with asymmetric hearing loss



Rycina 3. Rozmieszczenie głośników z sygnałem mowy (S) i szumem (N) w stosunku do ucha implantowanego (CI) i ucha nieimplantowanego (CONTRA) dla poszczególnych konfiguracji badania

Figure 3. The location of speech (S) and noise (N) in relation to the implanted ear (CI) and the non-implanted ear (CONTRA) for different test conditions

Materiał i metoda

Do grupy badawczej zakwalifikowano 21 pacjentów (5 z jednostronną głuchotą i 16 z asymetrycznym niedosłuchem), którym wszczepiono implant ślimakowy w Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchu, zgodnie z procedurą zachowania resztek słuchowych [16,17].

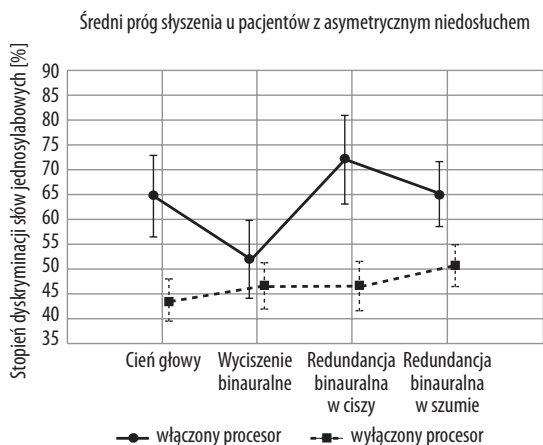
W badanej grupie 71% pacjentów zgłaszało szum uszny w uchu niesłyszającym przed operacją. Natężenie szumów usznych badano za pomocą analogowej skali wizualnej (ang. *Visual Analogue Scale*, VAS) podczas każdej wizyty pacjenta w Zakładzie Implantów i Percepcji Słuchowej.

Wiek badanej grupy w momencie implantacji zawierał się w przedziale od 35 do 72 lat, a czas niedosłuchu do momentu implantacji mieścił się w przedziale od 6 miesięcy do 62 lat. U 16 pacjentów etiologia niedosłuchu była nieznana, dwoje pacjentów miało uraz głowy, który spowodował niedosłuch. U dwóch osób niedosłuch spowodowany był otosklerozą. Jedna osoba miała w dzieciństwie świnkę, po której straciła słuch. Najczęściej występującym

w badanej grupie typem niedosłuchu był niedosłuch postępujący (9 przypadków), pozostali pacjenci mieli nagłą głuchotę (7 przypadków) oraz niedosłuch wrodzony (5 przypadków). Pacjenci korzystali z procesora mowy co najmniej 14 miesięcy.

Na potrzeby pracy przyjęto następującą definicję jednostronnej głuchoty: średni próg słyszenia dla przewodnictwa drogą powietrzną (wyznaczony dla częstotliwości 0,5, 1, 2, 3 kHz) w uchu słyszającym poniżej 30 dB HL, a w uchu niesłyszającym powyżej 90 dB HL. Natomiast o niedosłuchu asymetrycznym mówimy, gdy średni próg słyszenia dla przewodnictwa drogą powietrzną w uchu słyszającym mieści się w przedziale od 30 do 60 dB HL, a w uchu niesłyszającym powyżej 90 dB HL. Średnie progi słyszenia w obydwu grupach pacjentów umieszczono na rycinach 1 i 2.

Oceny efektów binauralnych w badanej grupie dokonano w wolnym polu słuchowym z wykorzystaniem testu identyfikacji słów jednosylabowych Pruszewicza. Efekt cienia głowy badano w konfiguracji, w której test słowny prezentowany był od strony ucha implantowanego, a szum od



Rycina 4. Stopień dyskryminacji słów jednosylabowych dla każdego efektu z wyłączonym i włączonym procesorem mowy w badanej grupie

Figure 4. The speech discrimination in different test configurations in patients with CI on and off

strony ucha nieimplantowanego. Do oceny efektu wyciszenia binauralnego mowę prezentowano z głośnika naprzeciw pacjenta, natomiast szum z głośnika po stronie ucha implantowanego. Efekt sumowania binauralnego oceniano zarówno w ciszy, jak i w szumie. Wyrazy testu oraz szum (wyłącznie dla badania w szumie) prezentowane były z głośnika stojącego naprzeciw pacjenta. Dla każdej konfiguracji badania poziom sygnału testowego dobierano indywidualnie w ten sposób, żeby uzyskać stopień dyskryminacji słów jednosylabowych około 50% z wyłączonym procesorem mowy. Następnie, dla ustalonego wcześniej poziomu sygnału mowy, badanie było wykonywane powtórnie z włączonym procesorem mowy. Dla badań w szumie poziom szumu był stały dla wszystkich konfiguracji i wynosił 60 dB SPL. Rozmieszczenie głośników w poszczególnych konfiguracjach pomiarowych przedstawiono na rycinie 3.

Wieloczynnikowa analiza wariancji z powtarzającymi pomiarami wykorzystana została do oceny przywrócenia efektów binauralnych w badanej grupie. Za przywrócenie efektu binauralnego uważa się istotną statystycznie różnicę

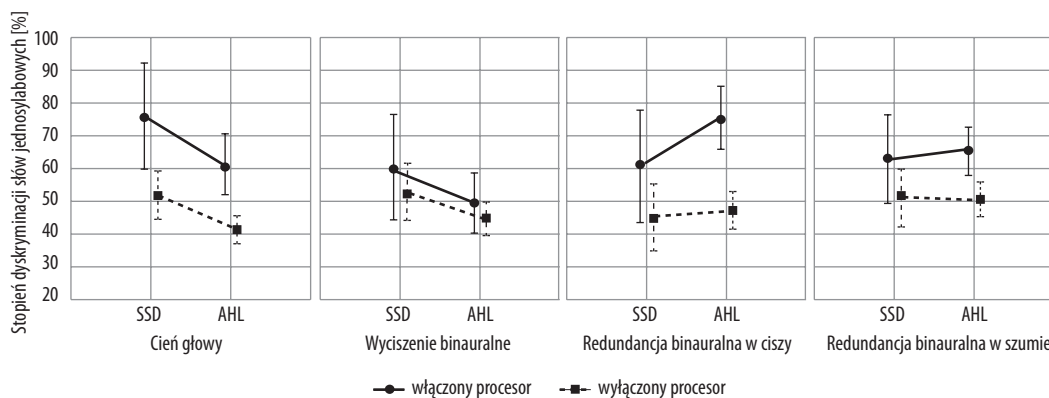
pomiędzy wynikiem badania z wyłączonym i z włączonym procesorem mowy dla danej konfiguracji badania. Przeprowadzono także analizę wariacji z dodatkowym czynnikiem pozwalającym na analizę efektów binauralnych w grupach pacjentów z jednostronną głuchotą i niedosłuchem asymetrycznym. Do porównań wielokrotnych w analizie post-hoc wykorzystano test Tukeya. Oceny zgodności rozkładu badanych zmiennych z rozkładem normalnym dokonano z wykorzystaniem testu Shapiro-Wilka, ocenę jednorodności wariancji przeprowadzono na podstawie wyniku testu Levene’a, natomiast spełnienie założenia o sferyczności potwierdzono testem Mauchleya. Dla wszystkich testów statystycznych przyjęto poziom istotności $\alpha < 0,05$. Analizy przeprowadzono z wykorzystaniem oprogramowania Statistica 12.0.

Wyniki

U wszystkich pacjentów, którzy przed operacją wszczęcia implantu zgłaszali występowanie szumów usznych w uchu kwalifikowanym do operacji, wystąpiła redukcja uciążliwości postrzeganego szumu po sześciu do dziewięciu miesiącach korzystania z procesora mowy. Gdy pacjenci mieli włączony procesor mowy, średni wynik na skali VAS wyniósł 2,4 (SD=1,6), natomiast z wyłączonym procesorem średni wynik wyniósł 7,8 (SD=1,7).

Dla badania w konfiguracji „cień głowy” średni wynik stopnia dyskryminacji słów jednosylabowych w badanej grupie z wyłączonym procesorem mowy wyniósł 43,8% (SD=9,07), zaś średni wynik z włączonym procesorem wyniósł 64,8% (SD=18,3). Dla badania w konfiguracji „wyciszenie binauralne” z wyłączonym procesorem uzyskano średni wynik 46,7% (SD=10,3), po włączeniu procesora pacjenci średnio uzyskali wynik 51,9% (SD=17,4). W konfiguracji „sumowanie binauralne w ciszy” wynik z wyłączonym procesorem wyniósł 46,7% (SD=11,1), z włączonym 72,15 (SD=19,2), natomiast w konfiguracji „sumowanie binauralne w szumie” z wyłączonym procesorem pacjenci uzyskali wynik 50,7% (SD=9,5), zaś z włączonym procesorem wynik 65,0% (SD=9,2) (rycina 4).

Zastosowany test ANOVA wykazał istnienie efektu włączenia procesora mowy ($F(1,20)=41,3$; $p=0,00003$) oraz



Rycina 5. Stopień dyskryminacji słów jednosylabowych dla każdego efektu z wyłączonym i włączonym procesorem mowy dla pacjentów z jednostronną głuchotą (SSD) i asymetrycznym niedosłuchem (AHL)

Figure 5. Speech discrimination in different test configurations in the SSD and AHL patients with the CI on and off

efekt interakcji pomiędzy efektem włączenia procesora mowy i efektem związanym z konfiguracją, w jakiej prowadzone było badanie ($F(3,60)=6,4$; $p=0,0008$). Analizy post-hoc wykazały istnienie istotnego efektu włączania procesora dla konfiguracji „cień głowy” ($p=0,0001$), „sumowanie binauralne w ciszy” ($p=0,0001$) i „sumowanie binauralne w szumie” ($p=0,003$). Dla konfiguracji „wyciszenie binauralne” nie uzyskano statystycznie istotnej różnicy pomiędzy wynikiem w teście słownym z wyłączonym i z włączonym procesorem mowy ($p=0,8$).

Wyniki w poszczególnych konfiguracjach badania w grupach pacjentów z jednostronną głuchotą i asymetrycznym niedosłuchem przedstawiono na rycinie 5. Analizy przeprowadzone w tych grupach pacjentów (kategoria niedosłuchu była czynnikiem jakościowym w analizie wariancji) wykazały istnienie efektu włączenia procesora mowy ($F(1,19)=26,6$; $p=0,00006$) oraz efekt interakcji pomiędzy efektem włączenia procesora mowy i efektem związanym z konfiguracją, w jakiej prowadzone było badanie ($F(3,57)=3,6$; $p=0,009$). Nie wykazały natomiast różnic pomiędzy wynikami w grupach SSD i AHL ($F(1,19)=0,8$; $p=0,37$).

Dyskusja

Przeprowadzone badania wykazały przywrócenie po wszczępieniu systemu implantu ślimakowego dwóch efektów binauralnych, tj. efektu cienia głowy i efektu redundancji binauralnej u pacjentów z jednostronną głuchotą i niedosłuchem asymetrycznym. Nie stwierdzono wystąpienia efektu wyciszenia binauralnego. Jednak w odróżnieniu do raportowanych w literaturze wyników dla aparatów typu CROSS oraz BAHĄ nie stwierdzono pogorszenia dyskryminacji mowy w sytuacjach odsłuchowych, gdy źródło szumu znajduje się od strony ucha głuchego. Wyniki pacjentów z grupy SSD nie różniły się statystycznie istotnie do wyników pacjentów z grupy AHL. W literaturze część autorów opisuje obserwacje podobne do wyników uzyskanych w niniejszej pracy.

Piśmiennictwo:

- Arndt S, Prose S, Laszig R, Wesarg T, Aschendorff A, Hassepass F. Cochlear implantation in children with single-sided deafness: does aetiology and duration of deafness matter? *Audiol Neurotol*, 2015; 20(Suppl. 1): 21–30.
- Cadieux JH, Firszt JB, Reeder RM. Cochlear implantation in non-traditional candidates: preliminary results in adolescents with asymmetric hearing loss. *Otol Neurotol*, 2013; 34(3): 408–15.
- Friedmann DR, Ahmed OH, McMenomey SO, Shapiro WH, Waltzman SB, Roland JT Jr. Single-sided deafness cochlear implantation: candidacy, evaluation, and outcomes in children and adults. *Otol Neurotol*, 2016; 37(2): 154–60.
- Arndt S, Aschendorff A, Laszig R, Beck R, Schild C, Kroeger S i wsp. Comparison of pseudobinaural hearing to real binaural hearing rehabilitation after cochlear implantation in patients with unilateral deafness and tinnitus. *Otol Neurotol*, 2011; 32(1): 39–47.
- Firszt JB, Holden LK, Reeder RM, Cowdrey L, King S. Cochlear implantation in adults with asymmetric hearing loss. *Ear Hear*, 2012; 33(4): 521–33.
- Vermeire K, Van de Heyning P. Binaural hearing after cochlear implantation in subjects with unilateral sensorineural deafness and tinnitus. *Audiol Neurotol*, 2008; 14(3): 163–71.
- Mertens G, Punte AK, De Ridder D, Van de Heyning P. Tinnitus in a single-sided deaf ear reduces speech reception in the nontinnitus ear. *Otol Neurotol*, 2013; 34(4): 662–66.
- Wanna GB, Gifford RH, McRackan TR, Rivas A, Haynes DS. Bilateral cochlear implantation. *Otolaryngol Clin North Am*, 2012; 45(1): 81–89.
- Schleich P, Nopp P, D’Haese P. Head shadow, squelch, and summation effects in bilateral users of the MED-EL COMBI 40/40+ cochlear implant. *Ear Hear*, 2004; 25(3): 197–204.
- Gartrell BC, Jones HG, Kan A, Buhr-Lawler M, Gubbels SP, Litovsky RY. Investigating long-term effects of cochlear implantation in single-sided deafness: a best practice model for longitudinal assessment of spatial hearing abilities and tinnitus handicap. *Otol Neurotol*, 2014; 35(9): 1525–32.
- Avan P, Giraudet F, Büki B. Importance of binaural hearing. *Audiol Neurotol*, 2015; 20(Suppl. 1): 3–6.

Korzyści wynikające ze słyszenia binauralnego dla efektu cienia głowy u pacjentów z jednostronną głuchotą (SSD) i asymetrycznym niedosłuchem (AHL) wykazano w większości prac [4,6,18].

Natomiast Mertens i wsp. [19] zaobserwowali efekt cienia głowy tylko u pacjentów z asymetrycznym niedosłuchem (AHL).

Jeśli chodzi o efekt redundancji binauralnej, większość badaczy uzyskała odmienne wyniki od tych raportowanych w niniejszej pracy. Do tej pory nie udało się bowiem wykazać istnienia tego efektu w grupie SSD [4,6,19].

W przypadku grupy AHL jedynie Martens i współpracownicy zaobserwowali istotnie statystyczny efekt redundancji binauralnej.

Brak efektu wyciszenia binauralnego (squelch) obserwowano we wszystkich do tej pory przeprowadzonych badaniach [4,6,20].

Co więcej, wyniki badań opisane w literaturze pokazały, że pacjenci z jednostronną głuchotą lub asymetrycznym niedosłuchem nie tylko uzyskują poprawę w rozumieniu mowy w szumie, lecz także mają korzyści z systemu implantu ślimakowego w postaci zmniejszenia uporczywych szumów usznych [15,21]. Takie same wyniki uzyskano w niniejszej pracy. Wszyscy pacjenci z badanej grupy, którzy zgłaszali występowanie szumów usznych w uchu niesłyszącym, po 12 miesiącach korzystania z systemu implantu ślimakowego wskazali na zmniejszenie lub zupełny brak szumów usznych, gdy mają założony procesor mowy.

Wnioski

Wszczepienie systemu implantu ślimakowego pacjentom z jednostronną głuchotą i asymetrycznym niedosłuchem daje szansę na przywrócenie słyszenia binauralnego.

12. Kountakis SE. Encyclopedia of otolaryngology, head and neck surgery. Springer, 2013.
13. Vlastarakos PV, Nazos K, Tavoulari E-F, Nikolopoulos TP. Cochlear implantation for single-sided deafness: the outcomes. An evidence-based approach. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2014; 271(8): 2119–26.
14. Laszig R, Aschendorff A, Stecker M, Müller-Deile J, Maune S, Dillier N i wsp. Benefits of bilateral electrical stimulation with the nucleus cochlear implant in adults: 6-month postoperative results. *Otol Neurotol*, 2004; 25(6): 958–68.
15. Van de Heyning P, Vermeire K, Diebl M, Nopp P, Anderson I, De Ridder D. Incapacitating unilateral tinnitus in single-sided deafness treated by cochlear implantation. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2008; 117(9): 645–52.
16. Lorens A, Zgoda M, Skarzynski H. A new audio processor for combined electric and acoustic stimulation for the treatment of partial deafness. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2012; 132(7): 739–50.
17. Skarżyński H, Lorens A, Piotrowska A, Podskarbi-Fayette R. Results of partial deafness cochlear implantation using various electrode designs. *Audiol Neurotol*, 2009; 14(Suppl. 1): 39–45.
18. Távora-Vieira D, Marino R, Acharya A, Rajan GP. The impact of cochlear implantation on speech understanding, subjective hearing performance, and tinnitus perception in patients with unilateral severe to profound hearing loss. *Otol Neurotol*, 2015; 36(3): 430–36.
19. Mertens G, Kleine Punte A, De Bodt M, Van de Heyning P. Binaural auditory outcomes in patients with postlingual profound unilateral hearing loss: 3 years after cochlear implantation. *Audiol Neurotol*, 2015; 20(Suppl. 1): 67–72.
20. Mertens G, De Bodt M, Van de Heyning P. Evaluation of long-term cochlear implant use in subjects with acquired unilateral profound hearing loss. *Ear Hear*, 2016.
21. Punte AK, Vermeire K, Hofkens A, De Bodt M, De Ridder D, Van de Heyning P. Cochlear implantation as a durable tinnitus treatment in single-sided deafness. *Cochlear Implants Int*, 2011; 12(Suppl. 1): 26–29.