

# Leczenie niedosłuchu przy użyciu implantów BAHA i implantów hybrydowych

## *Surgical treatment of patients with hearing impairment based on BAHA and hybrid implants*

Maciej Wróbel<sup>1</sup>, Michał Karlik<sup>2</sup>, Wojciech Gawęcki<sup>1</sup>, Łukasz Borucki<sup>1</sup>, Olgierd M. Stieler<sup>1</sup>, Witold Szyfter<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra i Klinika Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

<sup>2</sup>Katedra i Klinika Foniatrii i Audiologii Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu

### **Streszczenie**

*W Klinice Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu chirurgiczne leczenie niedosłuchów jest realizowane przez dwa programy związane z implantacją urządzeń elektronicznych. Obejmują one protezowanie z wykorzystaniem systemów aparatów na przewodnictwo kostne (bone anchored hearing aid – BAHA) oraz implantów hybrydowych związanych ze stymulacją elektryczno-akustyczną. W niniejszym opracowaniu przedstawiono realizację obu projektów ze szczególnym uwzględnieniem kwalifikacji i uzyskiwanych wyników w obu tych grupach.*

**Słowa kluczowe:** BAHA, aparaty na przewodnictwo kostne, implanty hybrydowe, stymulacja elektryczno-akustyczna, niedosłuch.

### **Abstract**

*Implantable hearing devices are becoming more common practice in assisting hearing impaired patients who do not benefit enough from conventional amplification devices such as hearing aids. This article presents indications, outcomes and the benefits obtained by patients who are recipients of the BAHA (Bone Anchored Hearing Aid) or hybrid implants based on electro-acoustic stimulation, treated at the Department of Otolaryngology and Oncological Laryngology, Poznan University of Medical Sciences in Poland.*

**Key words:** BAHA, hybrid implants, electro-acoustic stimulation.

*(Postępy w Chirurgii Głowy i Szyi 2011; 2: 24–30)*

## **Wstęp**

Niedosłuch to problem zdrowotny dotykający ludzi bez względu na rasę, płeć i wiek. W związku z narastającym zagrożeniem ze strony środowiska, głównie związanym z narażeniem na hałas, ekspozycją na leki ototoksyczne, występowaniem chorób ucha środkowego i koniecznością ich chirurgicznego leczenia istnieje liczna grupa osób z niedosłuchem wymagająca pomocy w adaptacji do otaczającego świata dźwięku. Według danych Światowej Organizacji Zdrowia 278 mln ludzi cierpi z powodu umiar-

kowanego do głębokiego niedosłuchu (*WHO Media Center – Deafness and hearing impairment, Fact sheet N 300, April 2010*). Należy podkreślić, że niedosłuch to nie tylko problem z porozumiewaniem się, rozumieniem mowy, poruszaniem się w świecie dźwięków, ale niedobór słuchu, szczególnie we wczesnych okresach życia, może mieć negatywny wpływ na rozwój psychofizyczny. Istnieje więc potrzeba szybkiej diagnostyki oraz prawidłowego leczenia, w tym z użyciem wszczepialnych urządzeń poprawiających słyszenie.



W Klinice Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu chirurgiczne leczenie niedosłuchów realizowane jest przez dwa programy związane z implantacją urządzeń elektronicznych. Obejmują one badania dotyczące implantów zakotwiczonych na przewodnictwo kostne oraz implantów hybrydowych. Mimo że oba programy łączy wspólne pojęcie „implant”, dotyczą one różnych grup pacjentów i różnych rodzajów niedosłuchów.

### **Program implantów zakotwiczonych na przewodnictwo kostne**

System BAHA (*bone anchored hearing aid*) to zestaw do protezowania niedosłuchów oparty na przewodnictwie kostnym [1]. Jego ideą jest wykorzystanie implantów tytanowych mocowanych do kości skroniowych, będących łącznikiem między procesorem dźwięku, zmieniającym fale akustyczne na drgania, a kośćmi czaszki przekazującymi je dalej do ucha wewnętrznego (ryc. 1.) [2–6].

Podstawą działania systemu BAHA jest zjawisko przewodnictwa kostnego. Z tego względu klasyczne wskazania do protezowania obejmują zaburzenia słuchu z elementem podwyższonego progu dla przewodnictwa powietrznego – zarówno niedosłuch typowo przewodzeniowy, jak i niedosłuch mieszany, jedno- lub

obustronny [2, 7–9]. Klinicznie wskazania obejmują pacjentów z wadami wrodzonymi ucha środkowego i/lub zewnętrznego, u których aparat na przewodnictwo powietrzne nie może być wykorzystywany lub jest przeciwwskazany. Do protezowania aparatami BAHA kwalifikowane są także osoby z przewlekłymi zapaleniami ucha środkowego, u których nie ma możliwości korzystania z aparatów na przewodnictwo powietrzne. We wszystkich przypadkach pacjenci muszą spełniać określone kryteria audiologiczne. Minimalna rezerwa słuchowa, przy której system BAHA ma istotną przewagę nad aparatami na przewodnictwo powietrzne, to średnia 30 dB dla częstotliwości 250, 500, 1000 i 3000 Hz, a w zależności od wykorzystywanego procesora dźwięku próg dla przewodnictwa kostnego nie powinien przekraczać 45 dB [10]. Ponadto pacjenci kwalifikowani do implantacji BAHA powinni osiągać minimum 60-procentowy stopień dyskryminacji w audiometrii mowy. Nie jest to jednak parametr wiążący i zawsze należy uwzględnić potrzeby indywidualnego pacjenta, włącznie z umożliwieniem testowania aparatu w różnych sytuacjach akustycznych. Do protezowania systemem BAHA kwalifikują się także osoby z jednostronną głuchotą (*single sided deafness* – SSD). Kliniczne wskazania uwzględniają dzieci z jednostronną głuchotą nabytą w wyniku infekcji [11], pacjentów po urazach i złamaniach piramidy kości skroniowej



**Ryc. 1. Pacjent z implantem tytanowym do aparatu na przewodnictwo kostne (Baha®) wszczepionym w procedurze jednoetapowej z cięcia pionowego (A) oraz z widocznym procesorem Baha® Divino (B)**



**Tabela 1. Wskazania kliniczne oraz kryteria audiologiczne dla aparatów zakotwiczonych na przewodnictwo kostne**

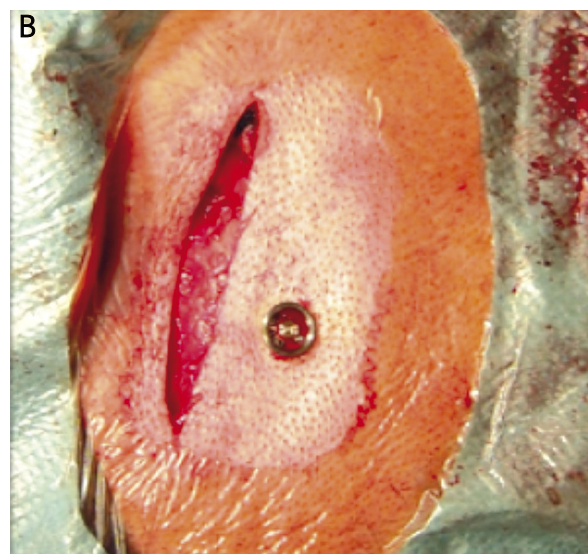
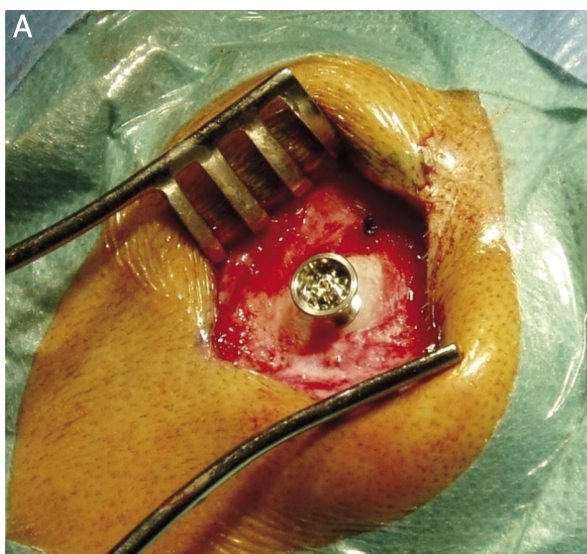
Wskazania kliniczne do aparatów BAHA
niedosłuch przewodzeniowy lub niedosłuch mieszany
pacjenci z przewlekłymi wyciekami z uszu: <ul style="list-style-type: none"> <li>• przewlekłe zapalenie ucha środkowego</li> <li>• przewlekłe zapalenie ucha zewnętrznego</li> </ul>
pacjenci z wrodzonymi wadami ucha zewnętrznego (mikrocje, atrezja przewodów słuchowych)
pacjenci z niedosłuchem przewodzeniowym lub mieszanym o innej etiologii: <ul style="list-style-type: none"> <li>• wady ucha środkowego przy jednym słyszącym uchu</li> <li>• stany po petrozektomiach z zaszcyciem przewodu słuchowego zewnętrznego</li> </ul>
jednostronna głuchota lub głęboki niedosłuch czuciowo-nerwowy
Wskazania audiologiczne do aparatów BAHA
niedosłuch przewodzeniowy lub niedosłuch mieszany
minimalna rezerwa ślimakowa 30 dB
PTA dla przewodnictwa kostnego – do 45 dB dla 0,5, 1, 2, 3 kHz*
stopień dyskryminacji mowy – min. 60%

\*minimalne PTA dla PK jest wartością określoną dla danego typu procesora i może dochodzić do 65 dB dla najmocniejszego procesora dźwięku

oraz po operacjach guzów kąta mostowo-mózdkowego. W całej wspomnianej grupie system BAHA jest alternatywą dla systemów CROS [12, 13]. W protezowaniu systemem BAHA istnieje także możliwość implantacji obustronnych u pacjentów z niedosłuchem przewodzeniowym lub mieszanym. Warunkiem takiego postępowania jest zachowanie symetrii ubytku słuchu. Przyjęto, że różnica w audiometrii tonalnej dla obu uszu nie może być większa niż 10 dB jako średniego ubytku słuchu dla częstotliwości 0,5, 1, 2 i 3 kHz lub nie więcej niż 15 dB dla poszczególnych częstotliwości (tab. 1.) [10].

Program implantów BAHA w Klinice Otolaryngologii w Poznaniu rozpoczął się w 1992 r. pierwszymi implantacjami aparatów firmy Entific (12 pacjentów) [14, 15]. W kolejnych latach w związku z brakiem procedur finansujących zakup i zabieg wszczepienia implantów BAHA znacznie ograniczył się dostęp pacjentów do tej metody leczenia. Dopiero pod koniec 2005 r., po wprowadzeniu odpowiednich procedur przez Narodowy Fundusz Zdrowia (NFZ), rozpoczęto ponownie program, który obecnie obejmuje łącznie 104 pacjentów z wszczepionym systemem Baha® firmy Cochlear. W grupie pacjentów poddanych implantacji w Klinice Otolaryngologii w Poznaniu przeważają osoby z przewlekłym zapaleniem ucha środkowego, u których wykorzystanie klasycznego aparatu słuchowego nie przynosiło korzyści lub było przeciwwskazane ze względu na utrzymujące się wycieki i infekcje. Stanowią oni 48% całej grupy. Pozostałe wskazania obejmowały wady ucha środkowego i zewnętrznego (38%), w szczególności wrodzone mikrocje i atrezje przewodów słuchowych zewnętrznych (m.in. pacjenci z zespołami Treachera-Collinsa). Odrębną grupę stanowili pacjenci z jednostronną głuchotą (14%).

W zakresie procedury chirurgicznej wszystkie zabiegi po 2005 r. przeprowadzono jako operacje jednoetapowe, tj. niewymagające kolejnych operacji przed podłączeniem procesora. W kolejnych latach podejście do cięcia skórno-ewoluowało z „klasycznego” (48%), wykorzystującego dermatom do przygotowania płatkę skórno w miejscu implantacji [16, 17], do cięcia pionowego (52%) opisanego przez Cremersa i wsp. (ryc. 2.) [16]. Obecnie cięcia pionowe z opracowaniem tkanek miękkich wykorzystuje się u wszystkich pacjentów bez względu na wiek czy warunki anatomiczne.



**Ryc. 2 A–B. Zabieg chirurgiczny wszczepienia zintegrowanego implantu tytanowego do aparatu na przewodnictwo kostne w procedurze jednoetapowej z cięcia pionowego**



Jedynie w przypadkach reoperacji (np. utrata implantu) stosowano technikę płata w kształcie litery „U” umożliwiającą szerokie odsłonięcie okolicy operowanej.

Zgodnie z rekomendacjami i doniesieniami piśmiennictwa czas pomiędzy zabiegiem chirurgicznym i podłączeniem procesora wynosił średnio 2,5 mies. (10 tyg.), jednak po wprowadzeniu implantów BI 300 ze specjalną powłoką TiO blast [18], czas od zabiegu do obciążenia implantu (podłączenia procesora) skrócono do 6–8 tyg. [19]. W wyniku skrócenia czasu oczekiwania na podłączenie nie zaobserwowano zwiększenia liczby powikłań miejscowych i nie zanotowano przypadków utraty implantu. Dodatkowo w celu oceny stabilności implantu od momentu wprowadzenia do kości do czasu obciążenia wykorzystano nieinwazyjną metodę pomiarów częstotliwości rezonansowych (*resonance frequency analysis* – RFA) (ryc. 3.). Dzięki uzyskanym wynikom, określanym wskaźnikiem stabilności ISQ (*implant stability quotient*), możliwe było monitorowanie procesu osseointegracji i bezpieczniejsze podejmowanie decyzji o wcześniejszym obciążeniu implantu [19].

W operowanej grupie pacjentów odnotowano powikłania miejscowe w postaci reakcji skórnych w okolicy implantu. W odniesieniu do skali Holgersa [20] (obecnie najczęściej stosowanej w ocenie powikłań miejscowych) przeważały zmiany o małym nasileniu, głównie odczynny o charakterze ziarniny, podobnie jak w piśmiennictwie [21–24]. Nie odnotowano powikłań ogólnych związanych z implantacją Baha®, co stanowi o bezpieczeństwie procedury. Częstość występowania powikłań była największa w grupie pacjentów operowanych z wykorzystaniem techniki klasycznej (dermatom), natomiast w odniesieniu do wskazań pacjenci z przewlekłym zapaleniem ucha środkowego z wyciekami ropnym wymagali największej uwagi w związku z występowaniem miejscowego nadkażenia okolicy zaczeputu.

W ocenie audiometrii mowy w hałasie w trzech głównych grupach pacjentów (obustronny niedosłuch przewodzeniowy i mieszany, jednostronny niedosłuch przewodzeniowy oraz jednostronna głuchota) uzyskano wyraźną poprawę rozumienia mowy w aparacie. Największą poprawę obserwowano w grupie pacjentów z obustronnym niedosłuchem przewodzeniowym, gdzie dźwięk o natężeniu 65 dB, przy współczynniku SNR wynoszącym 10 dB, prezentowany był od strony procesora. Ocena ogólna korzyści z implantacji dla całej grupy wykazała, że średnie korzyści z implantacji wynosiły 50% dla dźwięku nadawanego od strony procesora, przez 39% dla dźwięków nadawanych centralnie od przodu, do 27% dla dźwięków nadawanych od strony nieprotezowanej.

Obecnie z całą pewnością można stwierdzić, że protezowanie niedosłuchów za pomocą aparatów zakotwiczonych na przewodnictwo kostne jest bezpieczną i skuteczną metodą pomocy pacjentom z odpowiednim typem niedosłuchu.

## Program implantów hybrydowych

Implant hybrydowy to urządzenie stanowiące połączenie klasycznego implantu ślimakowego oraz aparatu słuchowego [25]. Wykorzystuje ono zjawisko stymulacji elektroakustycznej (*electro-acoustic stimulation* – EAS) polegające na pobudzaniu elektrycznym ślimaka z uszkodzeniem komórek rzęsatych w zakresie częstotliwości wysokich, przy jednoczesnym zachowaniu zdolności percepcji dźwięków w zakresie częstotliwości średnich i niskich, dla których wymagane jest wzmocnienie akustyczne [26, 27].

Implanty tego typu są przeznaczone dla pacjentów z charakterystycznym typem uszkodzenia słuchu, z progiem słuchowym w audiometrii tonalnej nieprzekraczającym 60 dB w zakresie do 500 Hz oraz większym niż 80 dB w zakresie częstotliwości powyżej 2000 Hz [26–28]. Lenarz i wsp. [28] podali również tzw. kryteria poszerzone (głębszy niedosłuch w zakresie niskich częstotliwości). Kryteria audiometryczne Lenarza przedstawiono na rycinie 4.

W kwalifikacji pacjentów niezbędne jest określenie dodatkowych danych, dotyczących m.in. dynamiki niedosłuchu (stabilny, postępujący), korzyści z dotychczasowych metod protezowania lub ich braku oraz motywacji pacjenta do leczenia z wykorzystaniem implantów hybrydowych.

Po odpowiedniej kwalifikacji w ostatecznym sukcesie protezowania istotną rolę odgrywa postępowanie chirurgiczne. Ze względu na obecność częściowo zachowanego słuchu ingerencja w struktury ucha



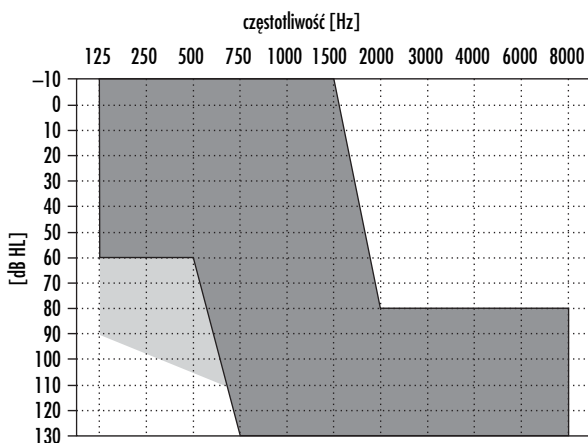
Ryc. 3. Nieinwazyjne pomiary stabilności implantu poprzez ocenę częstotliwości rezonansowych (*resonance frequency analysis* – RFA) z wykorzystaniem urządzenia Ostell (Integration Diagnostics AB, Göteborg, Szwecja) przedstawiającego wyniki stabilności w postaci współczynnika stabilności ISQ (*implant stability quotient*)



wewnętrzny musi być bardzo delikatna i atraumatyczna. Zachowanie słuchu podczas implantacji to nie opcja, ale kluczowy element, warunkujący ostateczny sukces rehabilitacji słuchu [29].

Program implantów hybrydowych jest realizowany w Poznaniu od grudnia 2009 r. Do września 2011 r. tą metodą leczenia objęto 21 pacjentów z głuchotą w zakresie częstotliwości wysokich, u których klasyczny aparat słuchowy był w ich ocenie niewystarczający. Wiek pacjentów mieścił się w granicach od 16,5 do 77,5 roku (średnia 49,5 roku; mediana 52,5 roku). Pacjentów podzielono na dwie grupy w zależności od kryteriów kwalifikacji – wskazania klasyczne (grupa A) i rozszerzone (grupa B). Do grupy A zakwalifikowano 13 osób, a do grupy B – 8 osób. W kwalifikacji uwzględniono minimum 5-letnią obserwację stabilizacji progów słuchowych oraz 30% rozumienia mowy.

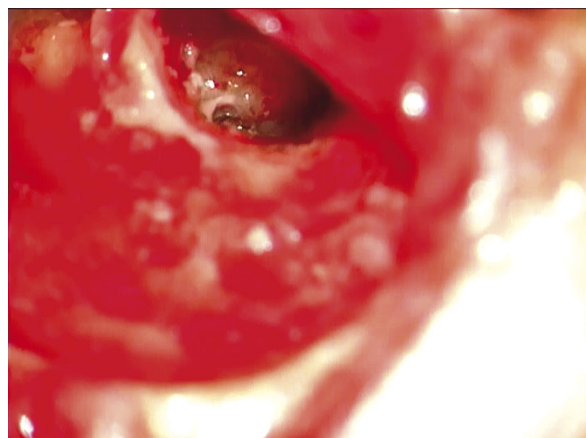
U wszystkich chorych do protezowania wykorzystano implanty firmy Cochlear – Nucleus Freedom Hybrid-L implant z 16-milimetrową elektrodą o średnicy 0,35–0,55 mm [30].



Ryc. 4. Kryteria audiologiczne dla pacjentów kwalifikowanych do wszczepienia implantu hybrydowego – klasyczne (obszar ciemny) i poszerzone (obszar szary) wg [28]

We wszystkich przypadkach zabiegi chirurgiczne przeprowadzono z wykorzystaniem dojścia przez tymanotomię tylną. Po wykonaniu antromastoidektomii przygotowywano łożo kostne pod przetwornik implantu oraz otwory dla szwów mocujących urządzenie. Następnie po wykonaniu tymanotomii tylnej z maksymalnym zniesieniem nawisu kostnego ku tyłowi uwidoczniano okienko okrągłe (ryc. 5.). Kolejnym etapem chirurgicznym było przygotowanie specjalnego wąskiego rowka (*groove*) na dolnym brzegu tymanotomii tylnej do umocowania skrzydełka elektrody (*wing*) zapobiegającego jej rotacji (ryc. 6.).

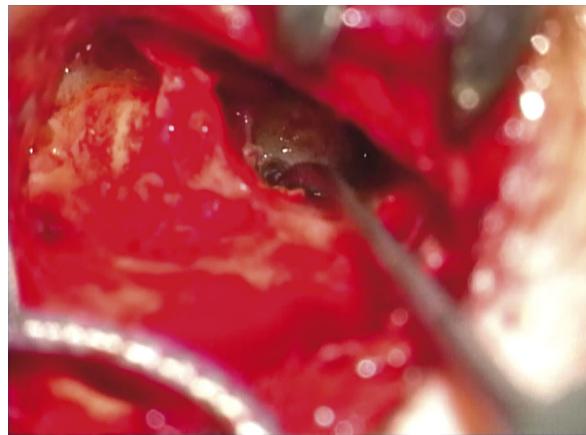
Po delikatnym nacięciu błony okienka okrągłego (ryc. 7.) wolno wprowadzano elektrodę do schodów bębienka. Jedynie w jednym przypadku z powodu trudności z uwidocznieniem błony okienka poszerzono nieznacznie wiertłem okolicę okienka okrągłego do przodu i do dołu. We wszystkich przypadkach możliwe było pełne wprowadzenie elektrody. Każdorazowo dokonywano pomiarów śródoperacyjnych impedancji, odru-



Ryc. 5. Tymanotomia tylna z uwidocznieniem okienka okrągłego przed nacięciem błony okienka



Ryc. 6. Przygotowanie rowka na dolnym brzegu tymanotomii tylnej



Ryc. 7. Nacięcie błony okienka okrągłego



**Tabela 2. Podsumowanie przedoperacyjnych wyników audiometrycznych obejmujące dwie grupy chorych podzielonych ze względu na kryteria kwalifikacyjne**

Częstotliwość [Hz]	250			500			1000			2000			4000		
	Grupy	A	B	R	A	B	R	A	B	R	A	B	R	A	B
<b>n</b>	13	8	21	13	8	21	13	7	20	10	5	15	6	5	11
<b>Średnia</b>	41,5	66,2	50,9	51,9	73,7	60,2	78,1	81,4	79,2	79,5	88	82,3	85	92	88,2
<b>Mediana</b>	45	70	50	55	72,5	60	85	85	85	95	90	90	80	95	90
<b>Minimum</b>	20	45	20	20	55	20	20	55	20	25	75	25	70	85	70
<b>Maksimum</b>	65	85	85	70	90	90	110	95	110	105	95	105	120	100	120

A – grupa A (kryteria podstawowe), B – grupa B (kryteria rozszerzone), R – wyniki razem

chów mięśnia strzemiączkowego oraz pomiarów teletymetrycznych (NRT).

Wyciski do wytworzenia komponentu akustycznego pobierano przez 7–10 dni od operacji. Podłączenie procesora mowy odbywało się średnio ok. 5–8 tyg. od operacji, w zależności od otrzymania indywidualnie przygotowanego komponentu akustycznego od przedstawiciela producenta. Przed samym podłączeniem procesora wykonywano audiometryczną kontrolę stanu słuchu.

Wyniki audiometryczne przed operacją i po operacji analizowano dla częstotliwości 250, 500, 1000, 2000 i 4000 Hz. Gdy wartości progów słuchowych były większe od 110 dB, wyników tych nie uwzględniano w analizie. W piśmiennictwie zwraca się uwagę, że różni autorzy w różny sposób podchodzą do analizy wyników audiometrycznych, podając dla częstotliwości nieoznaczalnych wartości 120 dB, 999 dB, lub nie ujmują ich w ocenie [31].

Podsumowanie przedoperacyjnych wyników audiometrycznych wg schematu przyjętego przez Freyssa i wsp. [32] poszerzone o wyróżnienie 2 grup chorych ze względu na kryteria kwalifikacyjne przedstawiono w tabeli 2.

W grupie 21 zoperowanych chorych w 17 przypadkach odnotowano zachowanie bądź nieznaczne pogorszenie się słuchu (grupa A – 12, grupa B – 5). U 1 pacjenta zaobserwowano istotne pogorszenie się słuchu, a u 3 pacjentów nie odnotowano żadnych reakcji na dźwięki w audiometrii tonalnej, choć wszyscy 4 chorzy zgłaszali wyraźną różnicę w jakości słyszenia przy aktywacji komponentu akustycznego. W grupie tych 4 chorych aż 3 było w wieku powyżej 70 lat, wystąpiły u nich dodatkowe czynniki mogące wpływać na brak możliwości zachowania słuchu, takie jak nadciśnienie tętnicze i cukrzyca.

W grupie 17 chorych, u których odnotowano zachowanie bądź nieznaczne pogorszenie się słuchu, analizowano wyniki badań audiometrycznych dla 3 częstotliwości, tj. 250, 500 i 1000 Hz. W grupie A (kryteria kwalifikacyjne podstawowe, 12 chorych) w 9 przypadkach udało się oznaczyć próg słuchu dla 3 badanych częstotliwości. Różnica średnich progów słyszenia pomiędzy wartościami przedoperacyjnymi a wartościami

mi pooperacyjnymi dla 3 wspomnianych częstotliwości mieściła się w zakresie 0–10 dB w 6 przypadkach, w zakresie 11–20 dB w 2 przypadkach i 21–30 dB w 1 przypadku, natomiast w 3 przypadkach w grupie A nie oznaczono progów słyszenia dla 1000 Hz, przy wartościach przedoperacyjnych na poziomie odpowiednio 80, 110 i 100 dB.

W grupie B (kryteria kwalifikacyjne rozszerzone, 5 chorych) w 4 przypadkach udało się oznaczyć próg słuchu dla 3 badanych częstotliwości. Różnica średnich progów słyszenia pomiędzy wartościami przedoperacyjnymi a wartościami pooperacyjnymi dla 3 wspomnianych częstotliwości mieściła się w zakresie 0–10 dB w 3 przypadkach i 21–30 dB w 1 przypadku. W 1 przypadku w grupie B nie oznaczono progów słyszenia dla 1000 Hz, zarówno przed-, jak i pooperacyjnie.

Wszyscy pacjenci korzystają ze stymulacji elektrycznej oraz akustycznej. Żaden nie korzysta jedynie ze stymulacji elektrycznej – czy to z powodu braku możliwości wzmocnienia akustycznego, czy lepszej percepcji bez przeszkadzającego komponentu akustycznego. Dwunastu pacjentów korzysta dodatkowo z aparatu słuchowego po stronie przeciwnej.

## Piśmiennictwo

1. Snik AF, Mylanus EA, Proops DW, et al. Consensus statements on the BAHA system: where do we stand at present? *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl* 2005; 195: 2-12.
2. Tjellstrom A, Yontchev E, Lindstrom J, et al. Five years' experience with bone-anchored auricular prostheses. *Otolaryngol Head Neck Surg* 1985; 93: 366-72.
3. Tjellstrom A, Hakansson B, Granstrom G. Bone-anchored hearing aids: current status in adults and children. *Otolaryngol Clin North Am* 2001; 34: 337-64.
4. Albrektsson T, Branemark PI, Hansson HA, et al. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 1981; 52: 155-70.
5. Arunachalan PS, Kilby D, Meikle D, et al. Bone-anchored hearing aid: quality of life assess by glasgow benefit inventory. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 2000; 25: 570-6.
6. Cremers CW, Snik FM, Beynon AJ. Hearing with the bone-anchored hearing aid (BAHA, HC 200) compared to a conventional bone-conduction hearing aid. *Clin Otolaryngol Allied Sci* 1992; 17: 275-9.
7. Bonding P, Jonsson MH, Salomon G, et al. The bone-anchored hearing aid. Osseointegration and audiological effect. *Acta Otolaryngol Suppl* 1992; 492: 42-5.



8. Mylanus EA, Snik FM, Cremers CW, et al. Audiological results of the bone-anchored hearing aid HC200: multicenter results. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1994; 103: 368-74.
9. Snik AF, Mylanus EA, Cremers CW. Speech recognition with the bone-anchored hearing aid determined objectively and subjectively. *Ear Nose Throat J* 1994; 73: 115-7.
10. Guide BSs. Cochlear Corporation (Englewood, CO) 2005.
11. Christensen L, Dornhoffer JL. Bone-anchored hearing aids for unilateral hearing loss in teenagers. *Otol Neurotol* 2008; 29: 1120-2.
12. Hol MK, Bosman AJ, Snik AF, et al. Bone-anchored hearing aids in unilateral inner ear deafness: an evaluation of audiometric and patient outcome measurements. *Otol Neurotol* 2005; 26: 999-1006.
13. Bosman AJ, Hol MK, Snik AF, et al. Bone-anchored hearing aids in unilateral inner ear deafness. *Acta Otolaryngol* 2003; 123: 258-60.
14. Rydzewski B, Pruszewicz A. [Bone anchored hearing aids (BAHA) used for treatment of conductive hypoacusis – current problems in Poland]. *Otolaryngol Pol* 2001; 55: 649-52.
15. Rydzewski B, Pruszewicz A, Szmaja Z, et al. [The application and usage of the bone-anchored hearing aids (BAHA)]. *Otolaryngol Pol* 1994; 48: 563-71.
16. de Wolf MJ, Hol MK, Huygen PL, et al. Clinical outcome of the simplified surgical technique for BAHA implantation. *Otol Neurotol* 2008; 29: 1100-8.
17. Tjellstrom A, Hakansson B. The bone-anchored hearing aid. Design principles, indications, and long-term clinical results. *Otolaryngol Clin North Am* 1995; 28: 53-72.
18. Gottlow J, Sennerby L, Rosengren A, et al. An experimental evaluation of a new craniofacial implant using the rabbit tibia model: part I. Histologic findings. *Otol Neurotol* 2010; 31: 832-9.
19. Dun CA, de Wolf MJ, Hol MK, et al. Stability, survival, and tolerability of a novel baha implant system: six-month data from a multicenter clinical investigation. *Otol Neurotol* 2011; 32: 1001-7.
20. Holgers KM, Tjellstrom A, Bjursten LM, et al. Soft tissue reactions around percutaneous implants: a clinical study of soft tissue conditions around skin-penetrating titanium implants for bone-anchored hearing aids. *Am J Otol* 1988; 9: 56-9.
21. Battista RA, Littlefield PD. Revision BAHA Surgery. *Otolaryngol Clin North Am* 2006; 39: 801-13, viii.
22. House JW, Kutz JW, Jr. Bone-anchored hearing aids: incidence and management of postoperative complications. *Otol Neurotol* 2007; 28: 213-7.
23. Kohan D, Morris LG, Romo T 3rd. Single-stage BAHA implantation in adults and children: is it safe? *Otolaryngol Head Neck Surg* 2008; 138: 662-6.
24. Lekakis GK, Najuko A, Gluckman PG. Wound related complications following full thickness skin graft versus split thickness skin graft on patients with bone anchored hearing aids. *Clin Otolaryngol* 2005; 30: 324-7.
25. Gantz BJ, Turner CW. Combining acoustic and electrical hearing. *Laryngoscope* 2003; 113: 1726-30.
26. Gantz BJ, Turner C, Gfeller KE. Acoustic plus electric speech processing: preliminary results of a multicenter clinical trial of the lowa/Nucleus Hybrid implant. *Audiol Neurootol* 2006; 11 Suppl 1: 63-8.
27. Gantz BJ, Turner C, Gfeller KE, et al. Preservation of hearing in cochlear implant surgery: advantages of combined electrical and acoustical speech processing. *Laryngoscope* 2005; 115: 796-802.
28. Lenarz T, Stover T, Buechner A, et al. Hearing conservation surgery using the Hybrid-L electrode. Results from the first clinical trial at the Medical University of Hannover. *Audiol Neurootol* 2009; 14 Suppl 1: 22-31.
29. Derinsu U, Serin GM, Akdas F, et al. Cochlear implantation: is hearing preservation necessary in severe to profound hearing loss? *J Craniofac Surg* 2011; 22: 520-2.
30. Lenarz T, Stover T, Buechner A, et al. Temporal bone results and hearing preservation with a new straight electrode. *Audiol Neurootol* 2006; 11 Suppl 1: 34-41.
31. James C, Albecker K, Battmer R, et al. Preservation of residual hearing with cochlear implantation: how and why. *Acta Otolaryngol* 2005; 125: 481-91.
32. Fraysse B, Macias AR, Sterkers O, et al. Residual hearing conservation and electroacoustic stimulation with the nucleus 24 contour advance cochlear implant. *Otol Neurotol* 2006; 27: 624-33.

**Adres do korespondencji:**

dr n. med. Maciej Wróbel

Klinika Otolaryngologii i Onkologii Laryngologicznej

Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego

ul. Przybyszewskiego 49

60-355 Poznań

tel.: +48 61 8691 387

faks: +48 61 8691 690

e-mail: wrobnac@ump.edu.pl

