

# Ocena korzyści słuchowych po zastosowaniu aktywnego implantu na przewodnictwo kostne Bonebridge w trudnych warunkach chirurgicznych

## Evaluation of auditory benefits after applying the active bone conduction Bonebridge implant in difficult surgical conditions

Anna Ratuszniak<sup>1ABCDE</sup>, Piotr H. Skarżyński<sup>1,2,3,4ACE</sup>, Kamila Osińska<sup>1CEF</sup>, Henryk Skarżyński<sup>1AE</sup>

<sup>1</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Klinika Oto-Ryno-Laryngochirurgii, Warszawa/Kajetany

<sup>2</sup> Instytut Narządów Zmysłów, Kajetany

<sup>3</sup> Warszawski Uniwersytet Medyczny, II Wydział Lekarski, Zakład Niewydolności Serca i Rehabilitacji Kardiologicznej, Warszawa

<sup>4</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Zakład Teleaudiologii, Warszawa/Kajetany

Wkład autorów:  
A Projekt badania  
B Gromadzenie danych  
C Analiza danych  
D Interpretacja danych  
E Przygotowanie pracy  
F Przegląd literatury  
G Gromadzenie funduszy

### Streszczenie

**Wstęp:** Urządzenia na przewodnictwo kostne znajdują zastosowanie u pacjentów z różnymi zaburzeniami słuchu. Często również w przypadkach, kiedy interwencja w obrębie ucha środkowego jest ryzykowna.

**Cel pracy:** Celem pracy jest porównanie wyników audiologicznych uzyskanych po zastosowaniu systemu aktywnego implantu na przewodnictwo kostne Bonebridge u pacjentów wymagających zmodyfikowanego podejścia chirurgicznego do wyników uzyskanych po zastosowaniu procedury typowej.

**Materiał i metody:** Materiał pracy stanowią dwa przypadki pacjentów, u których przeprowadzono zmodyfikowaną procedurę chirurgiczną wszczepienia systemu Bonebridge. Zmiana w standardowym postępowaniu chirurgicznym podyktowana była w pierwszym przypadku względami anatomicznymi – przodującą zatoką esowatą oraz w drugim – koniecznością przeprowadzenia rekonstrukcji ściany przewodu słuchowego zewnętrznego ze względu na wcześniej przebyte zabiegi w obrębie wyrostka sutkowatego, w tym operację radykalną zmodyfikowaną. Grupę kontrolną stanowi 9 osób, u których procedura chirurgiczna przebiegła w sposób typowy. Porównawczą ocenę korzyści słuchowych przeprowadzono na podstawie wyników badań audiometrii tonalnej wykonanej przed zabiegiem i po nim oraz audiometrii wolnego pola wykonanej bez urządzenia oraz w urządzeniu 12 miesięcy po jego wszczepieniu.

**Wyniki:** Wartości uzyskane w analizowanych pomiarach dla opisywanych przypadków z niewielkimi odstępstwami mieszczą się w typowym przedziale zmienności uzyskanym dla grupy kontrolnej.

**Wnioski:** Zmodyfikowana z uwagi na warunki anatomiczne i stan miejscowy procedura chirurgiczna w analizowanych przypadkach nie wpłynęła istotnie na stopień pozyskanych korzyści w stosunku do grupy kontrolnej.

**Słowa kluczowe:** implant słuchowy • przewodnictwo kostne • Bonebridge • niedosłuch przewodzeniowy • niedosłuch mieszany • częściowa głuchota

### Abstract

**Introduction:** Bone conduction devices are used in patients with various hearing disorders. Often also in cases when surgical intervention within the middle ear is risky.

Adres autora: Anna Ratuszniak, Światowe Centrum Słuchu, ul. Mokra 17, Kajetany, 05-830 Nadarzyn,  
e-mail: a.ratuszniak@ifps.org.pl

**Objective:** Aim of the study is to compare the audiological results of Bonebridge active bone conduction system implantation in patients requiring a modified surgical approach with the results obtained after performing a standard procedure.

**Material and methods:** The study comprises two cases of patients who underwent a modified surgical procedure of Bonebridge implantation. In the first case, a change in the standard surgical procedure was dictated by anatomical condition of patient – anterior sigmoid sinus, and in the second case, by the necessity of reconstruction of the posterior external auditory canal wall due to previous procedures of the mastoid process, including a radical modified operation. The control group consists of 9 people who underwent a standard surgical procedure. A comparative assessment of auditory benefits was made based on the results of pure-tone audiometry carried out before and after the procedure and free field audiometry with and without the device 12 months after implantation.

**Results:** The results obtained in the analyzed measurements of the described cases are with small deviations within the typical variability range obtained for the control group.

**Conclusion:** In the analyzed cases, the surgical procedure modified due to the anatomical conditions and local conditions did not significantly influence the level of obtained benefits in comparison to the control group.

**Key words:** hearing implant • bone conduction • Bonebridge • conductive hearing loss • mixed hearing loss • partial deafness treatment

## Wstęp

System aktywnego implantu na przewodnictwo kostne Bonebridge (MedEL, Innsbruck, Austria) znajduje zastosowanie w przypadku pacjentów z przewodzeniowym lub mieszanym ubytkiem słuchu, o progach przewodnictwa kostnego nieprzekraczających 45 dB HL w zakresie częstotliwości 500–3000 Hz, jak również w jednostronnej głuchocie (ang. *single-sided deafness*, SSD) [1,2]. Składa się z zewnętrznego procesora dźwięku oraz części wszczepialnej zaopatrzonej w elektromagnetyczny przetwornik drgający BC-FMT (ang. *Bone Conduction – Floating Mass Transducer*), którego rozmiary istotnie wpływają na możliwości implantacji (rycina 1). W odróżnieniu od stosowanych powszechnie od końca lat 70. XX w. systemów zakotwiczonych w kości skroniowej, wymagających stałej penetracji skóry, system Bonebridge pozwala na zachowanie ciągłości powłok skórnych i tym samym jest wysoko oceniany przez pacjentów pod względem komfortu użytkowania i estetyki [3].

Typowo implant lokalizowany jest w wyrostku sutkowym w kącie zatokowo-oponowym, pomiędzy tylną ścianą przewodu słuchowego, zatoką esowatą oraz oponami środkowego dołu czaszki. W sytuacji, gdy typowe pozycjonowanie jest utrudnione lub niemożliwe z przyczyn anatomicznych lub z uwagi na przebyte wcześniej operacje w tym

obszarze, niezbędna jest modyfikacja procedury chirurgicznej polegająca na zastosowaniu podkładek dystansujących, tzw. BC-lifts, odbudowie tylnej ściany przewodu słuchowego zewnętrznego lub zmianie położenia przetwornika za rzut zatoki esowatej. Pozycjonowanie przetwornika do tyłu w kierunku kości ciemieniowej wiąże się jednak z koniecznością ucisku opon dołu tylnego czaszki, czego konsekwencje długoczasowe opisywane są w literaturze nielicznie. Zastosowanie podkładek dystansujących BC-lifts, dzięki uniesieniu przetwornika o 1–4 mm, pozwala na zwiększenie liczby potencjalnych kandydatów do wszczepienia. Dotyczy to osób, u których pozycjonowanie bezpośrednio nie jest możliwe ze względu na niewystarczającą grubość kości. Planując takie ustawienie przetwornika, należy jednak brać pod uwagę grubość skóry i tkanki podskórnej. Podczas użytkowania systemu potencjalnie może dochodzić do ścięczenia skóry i ewentualnej ekstruzji.

Literatura wskazuje na znaczne, wielowymiarowe korzyści po zastosowaniu systemu Bonebridge, w większości przy położeniu typowym [3–9].

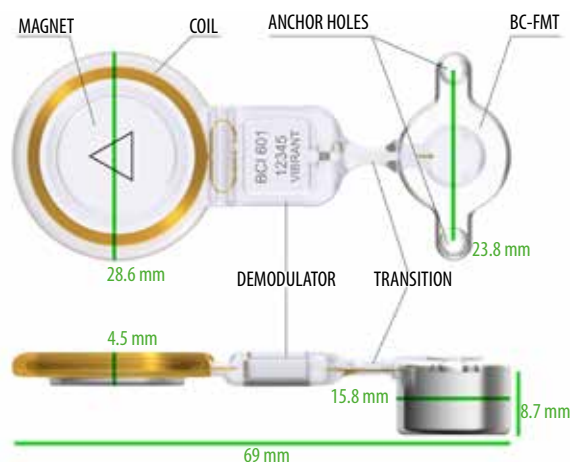
Celem pracy jest ocena porównawcza wyników w zakresie czułości słyszenia i dyskryminacji mowy w polu swobodnym w ciszy uzyskanych w przypadku pacjentów, u których procedura chirurgiczna została zmodyfikowana ze względu na warunki anatomiczne, do wyników uzyskanych w grupie kontrolnej, w której zabieg przeprowadzono w sposób typowy, umieszczając przetwornik bezpośrednio w kącie zatokowo-oponowym.

## Materiał

Retrospektywną analizę danych pozyskanych w rutynowej praktyce klinicznej przeprowadzono za zgodą lokalnej komisji bioetycznej KB/07/2016.

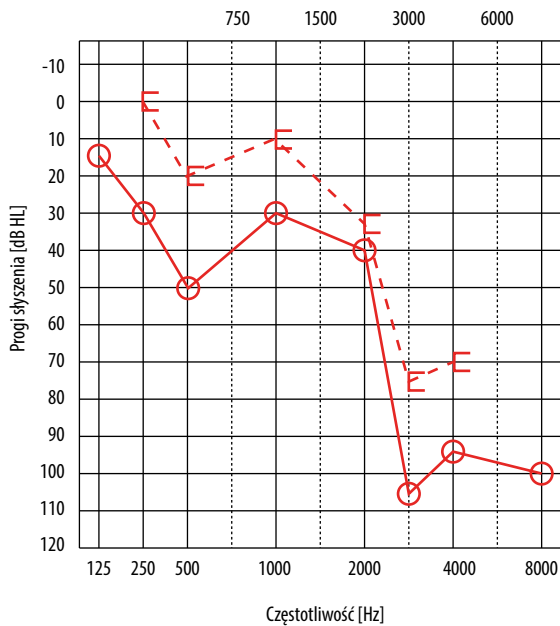
## Grupa badana – opis przypadków

**Przypadek I** – 56-letni mężczyzna z wywiadem przewlekłego zapalenia ucha środkowego z wyciekami od wielu lat, z postępującym, obustronnym niedosłuchem. W wyniku audiometrii tonalnej – obustronny niedosłuch typu mieszanego, stopnia umiarkowanego wg skali BIAP (fr. *Bureau International d'Audiophonologie*) [10] (rycina 2). W 6 roku życia pacjent przeszedł operację radykalną ucha lewego, w wieku nastoletnim dwie operacje tympanoplastyczne ucha prawego z powodu przewlekłego perlakowego

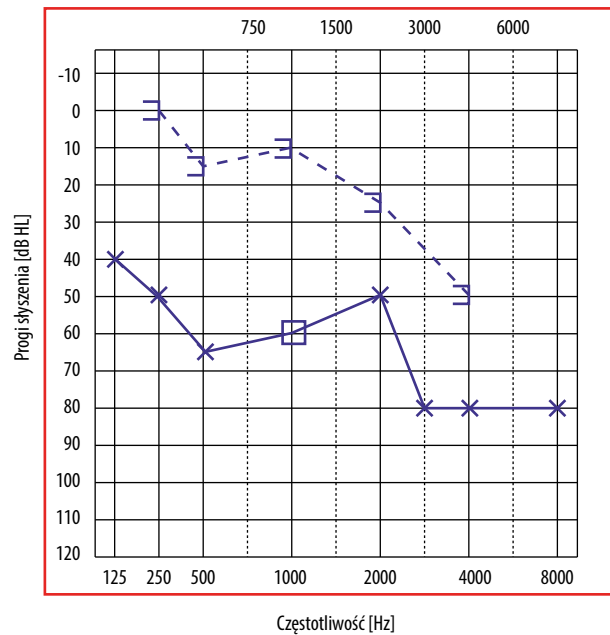


**Rycina 1.** Część wewnętrzna systemu Bonebridge (źródło: [www.medel.com](http://www.medel.com))

**Figure 1.** The internal part of the Bonebridge system (source: [www.medel.com](http://www.medel.com))



**Rycina 2.** Audiometria tonalna przed implantacją – przypadek I  
**Figure 2.** Pure tone audiometry before implantation – case I



**Rycina 3.** Zdjęcie śródoperacyjne. Wgląd w suchą jamę po operacji radykalnej (*material własny*)  
**Figure 3.** Intraoperative picture. Dry post-radical cavity (*own material*)

zapalenia ucha środkowego. Po zabiegach występowały okresowe wycieki z uszu, nasilające się podczas stosowania zauszných aparatów słuchowych. Na podstawie stanu miejscowego oraz wykonanych badań do implantacji systemu na przewodnictwo kostne wybrano ucho lewe. Z uwagi na stan po operacji radykalnej podjęto decyzję o wszczepieniu implantu Bonebridge i jednoczesowej odbudowie tylnej ściany przewodu słuchowego zewnętrznego.

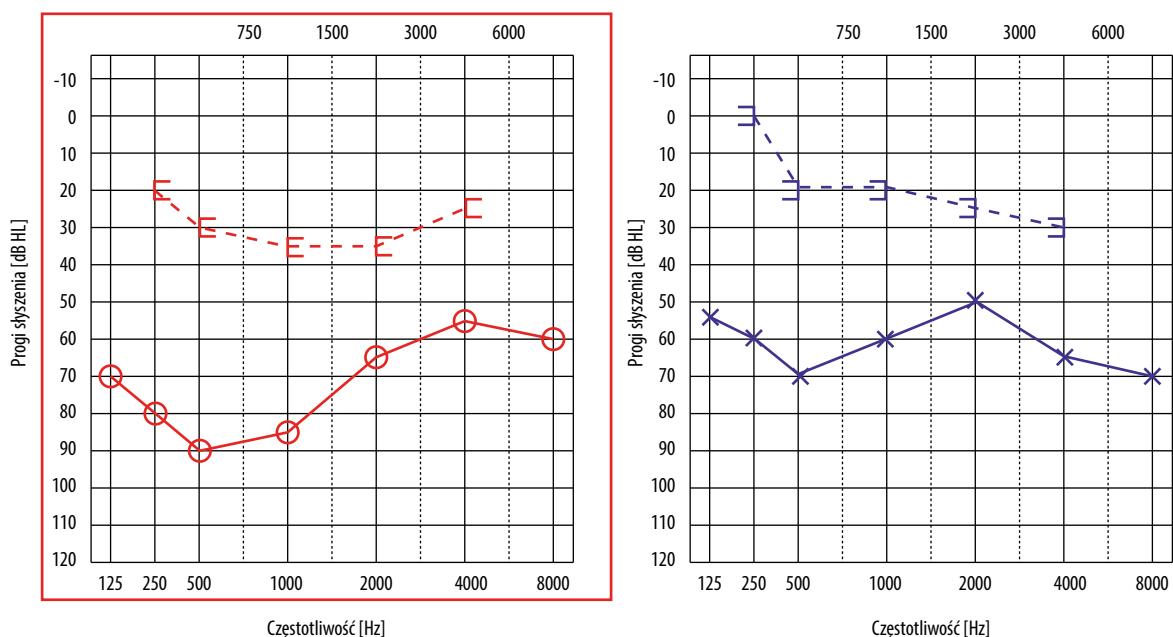
Zabieg przeprowadzono etapowo, modyfikując klasyczny algorytm wszczepienia implantu typu Bonebridge. W celu odbudowania ściany przewodu słuchowego zewnętrznego pobrano wióry kostne z łuski kości skroniowej, a z okolicy zausznej – fragmenty okostnej (w przypadku większych ubytków autorzy stosują szkło bioaktywne). Materiał ten połączony klejem tkankowym pozwolił na wytworzenie łoża pod przetwornik, ograniczając go od jamy po operacji zmodyfikowanej. Z uwagi na uwarunkowania anatomiczne pod górny biegun implantu w miejscu śruby zastosowano podkładkę dystansującą o grubości 2 mm.



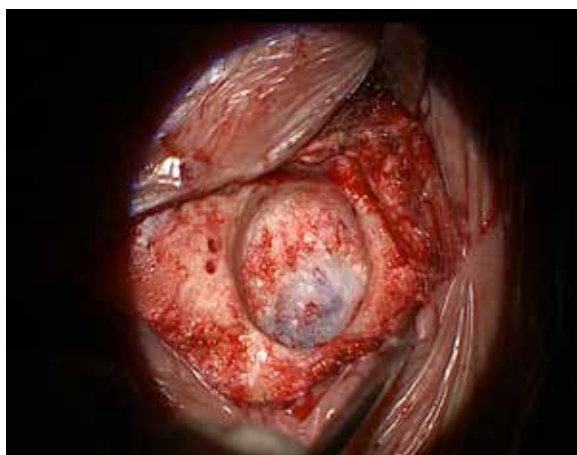
**Rycina 4.** Zdjęcie śródoperacyjne. Pobranie wiórów kostnych z łuski kości skroniowej, wytworzenie zagłębienia dla implantu (*material własny*)  
**Figure 4.** Intraoperative picture. Removal of bony chips from the temporal squama, creating a bed for the implant (*own material*)



**Rycina 5.** Zdjęcie śródoperacyjne. Mocowanie przetwornika BC-FMT wraz z podkładką dystansującą (*material własny*)  
**Figure 5.** Intraoperative picture. Fixing the transducer together with the BCI lift (*own material*)

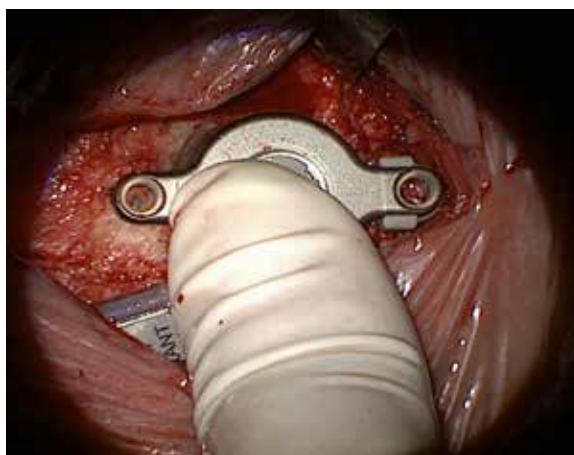


**Rycina 6.** Audiometria tonalna przed implantacją – przypadek II  
**Figure 6.** Pure tone audiometry before implantation – case II



**Rycina 7.** Zdjęcie śródoperacyjne. W tylny-dolnym kwadrancie wytworzonej łoży kostnej widoczna błękitna ściana przodującej zatoki esowatej (*materiał własny*)

**Figure 7.** Intraoperative picture. In the posterior-lower quadrant of the created bone bed, the light blue wall of the anterior sigmoid sinus is visible (*own material*)



**Rycina 8.** Zdjęcie śródoperacyjne. Przyłożony i dopasowany do wytworzonej łoży kostnej przetwornik wraz z podkładką dystansującą (*materiał własny*)

**Figure 8.** Intraoperative picture. Applying and fitting the transducer together with the BCI lift to the bone bed (*own material*)

**Przypadek II** – 58-letnia kobieta z wywiadem obustronnie przewlekłego perlakowego zapalenia ucha środkowego z nawracającymi wyciekami od ponad 30 lat. W wyniku audiometrii tonalnej – obustronny niedosłuch typu mieszanego stopnia znacznego w uchu prawym i umiarkowanego w uchu lewym (rycina 6). Pacjentka w przeszłości przeszła zabieg myringoossikuloplastyki prawostronnej oraz operację radykalną zmodyfikowaną ucha lewego. W następnych dwukrotnymi rewizjami ucha lewego. W związku z brakiem możliwości dalszego leczenia chirurgicznego, na podstawie stanu miejscowego oraz wykonanych badań podjęto decyzję o implantacji systemu na przewodnictwo kostne. Analiza badania tomografii komputerowej kości skroniowych pod kątem możliwości

implantacji przetwornika BC-FMT w obrębie wyrostków sutkowatych wykazała brak możliwości jego wszczepienia po stronie lewej oraz graniczne – z zastosowaniem 3 mm podkładek dystansujących – po stronie prawej. Pacjentkę zakwalifikowano do zabiegu wszczepienia implantu Bonebridge po stronie prawej.

W trakcie zabiegu podczas tworzenia łoża pod przetwornik stwierdzono przodującą zatokę esowatą. Wykonany otwór stykał się ze ścianą kostną zatoki. Aby możliwe pozostało pozycjonowanie w kącie zatokowo- oponowym, przetwornik umieszczono w wykonanej łoży, stosując podkładkę dystansującą 3 mm pod dolnym biegunem, oddalając go tym samym od ściany kostnej zatoki esowatej. W tym



**Tabela 1.** Dane demograficzne i audiologiczne grupy kontrolnej  
**Table 1.** Demographic and audiological data of the control group

Nr	Płeć	Wiek w chwili implantacji	Strona implantowana	Typ niedosłuchu w uchu implantowanym	Etiologia
1	K	55	P	mieszany	obustronny przewlekły stan zapalny ucha środkowego
2	K	41	L	mieszany	wada wrodzona ucha zewnętrznego i środkowego – strona lewa
3	K	45	P	mieszany	wada wrodzona ucha zewnętrznego i środkowego – strona prawa
4	M	18	P	mieszany	wada wrodzona ucha zewnętrznego i środkowego – strona prawa
5	M	56	P	mieszany	przewlekły stan zapalny ucha środkowego prawego
6	M	18	P	mieszany	wada wrodzona ucha zewnętrznego i środkowego – strona prawa
7	K	36	P	przewodzeniowy	mikrocja z atrezją
8	K	40	L	przewodzeniowy	pozapalna obliteracja przewodów słuchowych
9	K	41	L	mieszany	przewlekły stan zapalny ucha środkowego lewego

K – kobieta, M – mężczyzna, P – prawa, L – lewa

przypadku konieczna też była zmiana śrub mocujących na dłuższe.

W pierwszym z opisywanych przypadków typowa procedura chirurgiczna została zmodyfikowana o wykonanie jednoczesowej odbudowy ściany przewodu słuchowego zewnętrznego materiałem autogennym oraz zastosowanie podkładki dystansującej.

W drugim konieczność zastosowania podkładki dystansującej związana była z przodującą zatoką esowatą.

### Grupa kontrolna

Grupę kontrolną stanowi 9 dorosłych osób z niedosłuchem przewodzeniowym ( $n = 2$ ) i mieszanym ( $n = 7$ ) za-implantowanych jednostronnie przy użyciu systemu Bonebridge. Średni wiek w grupie wynosi 38,89 lat, SD = 13,6. Szczegółowe dane demograficzne zamieszczono w tabeli 1. We wszystkich przypadkach implant pozycjonowany był w kącie zatokowo-oponowym bez potrzeby stosowania podkładek dystansujących oraz modyfikowania typowej procedury chirurgicznej.

### Metoda

W ramach oceny przeprowadzonej interwencji wykonano następujące badania:

- badanie audiometrii tonalnej w zakresie częstotliwości 125–8000 Hz dla przewodnictwa powietrznego oraz 250–4000 Hz dla przewodnictwa kostnego przed zabiegiem oraz 3 miesiące po zabiegu,

- badanie audiometrii progowej w polu swobodnym w zakresie częstotliwości 500–4000 Hz,

- badanie audiometrii słownej w polu swobodnym dla poziomu natężenia sygnału 50, 60 i 70 dB SPL w ciszy, przy użyciu list złożonych z wyrazów jednosylabowych wchodzących w skład polskich testów słownych wg Demenko i Pruszewicza.

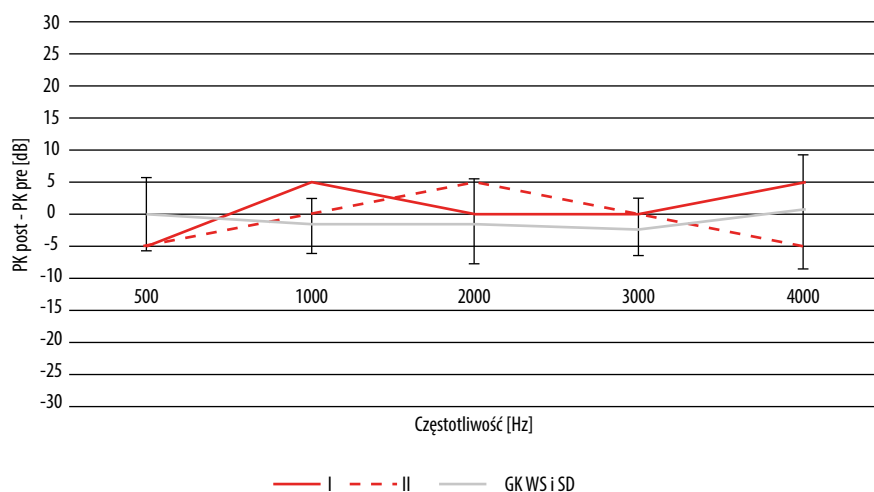
Wymienione testy w polu swobodnym przeprowadzono w dwóch warunkach odsłuchowych – bez urządzenia oraz w systemie Bonebridge w okresie 12 miesięcy po przeprowadzonej implantacji.

Analizie poddano zmiany progów słyszenia na drodze kostnej w audiometrii tonalnej, wyznaczając różnice w wartościach uzyskanych po operacji i przed operacją. Na podstawie audiometrii progowej w polu swobodnym wyznaczono wartości wzmocnienia funkcjonalnego, czyli różnicy w wartościach progów słyszenia uzyskanych bez urządzenia oraz w urządzeniu dla poszczególnych częstotliwości.

Na podstawie uzyskanych wyników analizowano, czy wartości pozyskane dla opisywanych przypadków mieszczą się w klasycznym typowym przedziale zmienności uzyskanym w grupie kontrolnej.

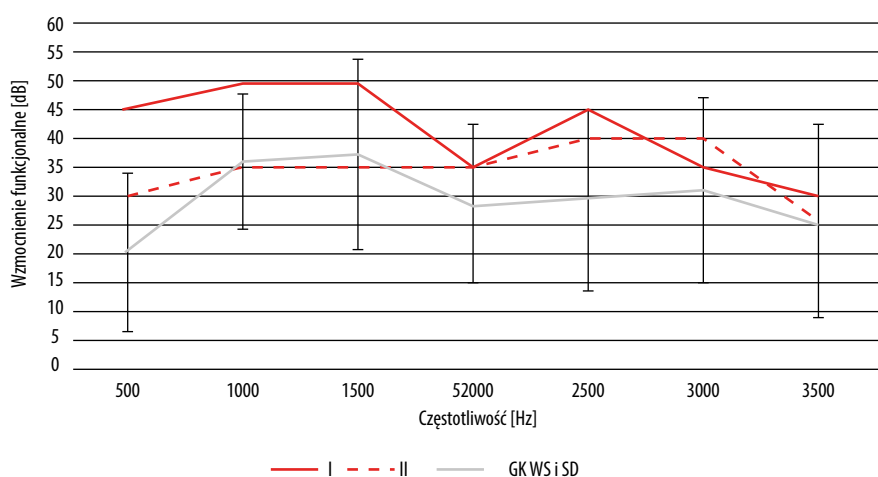
### Wyniki

Różnice w progach przewodnictwa kostnego uzyskane w badaniu audiometrii tonalnej wykonanej przed zabiegiem i po nim dla analizowanych przypadków mieszczą



**Rycina 9.** Różnice w progach słyszenia dla przewodnictwa kostnego uzyskanych w badaniu audiometrii tonalnej przed implantacją i po zabiegu, GK – grupa kontrolna, WS – wartość średnia, SD – odchylenie standardowe

**Figure 9.** Differences in bone conduction hearing thresholds obtained from pure-tone audiometry before and after implantation, GK – control group, WS – mean value, SD – standard deviation



**Rycina 10.** Wzmocnienie funkcjonalne, GK – grupa kontrolna, WS – wartość średnia, SD – odchylenie standardowe

**Figure 10.** Functional gain, GK – control group, WS – mean value, SD – standard deviation

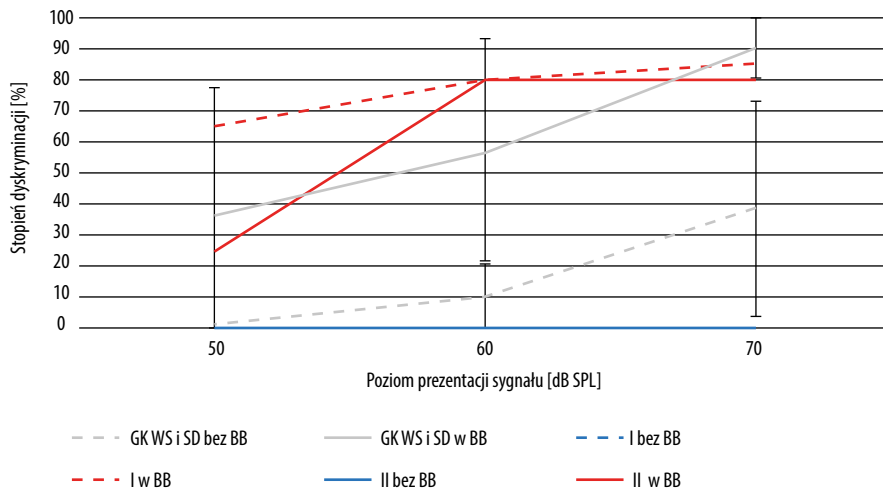
się w typowym przedziale zmienności dla grupy kontrolnej. Dla przypadku II dla częstotliwości 1 kHz wartość różnicy nieznacznie wykracza poza obszar wartości typowych (rycina 9).

Obliczone wzmocnienie funkcjonalne dla przypadku I w całym zakresie częstotliwości mieści się w obszarze wartości typowych uzyskanych w grupie kontrolnej. Wynik dla przypadku II i częstotliwości 500 i 750 Hz odbiega od typowych w kierunku wyższych wartości wzmocnienia (rycina 10), wskazując na większe korzyści w zakresie niskich częstotliwości.

Uzyskany stopień dyskryminacji mowy dla obu analizowanych przypadków w urządzeniu mieści się w typowym przedziale zmienności uzyskanym dla grupy kontrolnej dla wszystkich poziomów natężenia prezentowanego sygnału mowy. Wyniki badań audiometrii słownej w polu swobodnym w ciszy potwierdzają zysk w rozumieniu mowy. Różnica w stopniu dyskryminacji mowy uzyskanym w protezie i bez protezy wykazała maksymalny zysk sięgający 85 p.p. w przypadku I oraz 80 p.p. w przypadku II (rycina 11).

## Dyskusja

Niewątpliwą zaletą systemu Bonebridge, wybranego dla opisywanych pacjentów, jest pozostawienie ciągłości powłok skórnych, co pozwala na uniknięcie większości komplikacji raportowanych podczas stosowania przezskórnych systemów na przewodnictwo kostne [11]. Konstrukcja urządzenia pozwala na efektywną transmisję zarówno sygnału, jak i energii drogą indukcyjną z cewki procesora do cewki odbiorczej implantu, a następnie aktywnego, elektromagnetycznego przetwornika transmitującego drgania do struktur kostnych w obrębie wyrostka sutkowatego. Pozwala to na uniknięcie tłumienia drgań przez skórę i tkanki miękkie, jak ma to miejsce w przypadku urządzeń niewymagających interwencji chirurgicznej oraz pasywnych systemów wykorzystujących magnetyczną transmisję drgań [12]. Ponad 5-letnie doświadczenia w klinicznym zastosowaniu systemu Bonebridge potwierdzają raportowane licznie w literaturze korzyści słuchowe, wskazując głównie na znaczną poprawę czułości słyszenia, istotny wzrost stopnia dyskryminacji mowy w urządzeniu, zarówno w ciszy, jak i w szumie, oraz poprawę jakości życia [3–9]. W prezentowanych



**Rycina 11.** Stopień dyskryminacji mowy uzyskany w badaniu audiometrii słownej w polu swobodnym bez urządzenia oraz w urządzeniu, GK – grupa kontrolna, WS – wartość średnia, SD – odchylenie standardowe

**Figure 11.** Word recognition score obtained in the speech audiometry in free-field before and after implantation, GK – control group, WS – mean value, SD – standard deviation

podczas międzynarodowych konferencji pracach raportuje się również stabilność wyników w czasie. W prezentacji Sprinza i wsp. podkreślono, że zarówno w obszarze czułości słyszenia, jak i dyskryminacji mowy w systemie Bonebridge analiza wyników uzyskanych po 12–18-miesięcznym czasie obserwacji w porównaniu z wynikami stwierdzonymi po 3 miesiącach wskazuje na brak istotnych statystycznie różnic [13]. Podobnie w pracy Baumgartnera [14] – porównanie korzyści po 6 oraz 13–24 miesiącach korzystania z systemu nie wykazuje istotnych statystycznie różnic. Głównie jednak opisywane są przypadki umiejscowienia przetwornika drgającego w obrębie kości skroniowej przedzatkowo.

W praktyce klinicznej spotykane są sytuacje, w których tego rodzaju pozycjonowanie, z uwagi na wielkość cylindrycznego przetwornika drgającego oraz warunki anatomiczne, jest znacząco utrudnione, a czasami nawet niemożliwe. Należą do nich przypadki pacjentów po interwencjach chirurgicznych w obrębie ucha, z rozległymi ubytkami kostnymi, szczególnie w stanach po operacjach radykalnych. Umiejscowienie przetwornika w kącie zatokowo-oponowym jest wówczas utrudnione z uwagi na rozległą jamę pooperacyjną i tym samym odsłonięcie przetwornika. Modyfikacją procedury chirurgicznej w takich wypadkach może być pozycjonowanie za zatoką esowatą, które z kolei stwarza ryzyko ucisku zarówno opon dołu tylnego czaszki, jak i zatoki esowatej [9]. W celu uniknięcia tego rodzaju ryzyka modyfikacja przeprowadzona w opisywanym przypadku I polegała na – poprzedzającym wszczepieniu implantu – odtworzeniu tylnej ściany przewodu słuchowego zewnętrznego z zastosowaniem materiału autogenne, co pozwoliło na izolację przetwornika BC-FMT od jamy po operacji radykalnej i oddzielenie go od środowiska zewnętrznego. Zmniejszenie jamy pooperacyjnej ułatwi również w przyszłości jej oczyszczanie, zmniejszając ryzyko zakażenia. W drugim przypadku modyfikacją typowej procedury chirurgicznej było zastosowanie podkładki dystansującej, pozwalającej na uniesienie przetwornika drgającego z uwagi na przodującą zatokę esowatą. W takich wypadkach, zważywszy na lokalizację opony twardej mózgowia i ściany kostnej zatoki

esowatej, niezbędne jest zachowanie szczególnej ostrożności podczas preparowania łoży kostnej pod implant [2,4]. W opisywanych przypadkach zastosowanie podkładek dystansujących stworzyło możliwości bezpiecznego pozycjonowania implantu w kącie zatokowo-oponowym, a w przebiegu pooperacyjnym nie odnotowano powikłań.

W związku z koniecznością modyfikacji typowej procedury chirurgicznej w niniejszej pracy podjęto próbę odpowiedzi na pytanie, czy brak typowych warunków śródoperacyjnych stanowi czynnik predysponujący do pogorszenia korzyści słuchowych po zastosowaniu implantu Bonebridge. W tym celu przeanalizowano wyniki badań dwóch pacjentów i opisano korzyści słuchowe obejmujące ocenę progów słyszenia na drodze kostnej przed zabiegiem i po nim oraz czułości słyszenia i dyskryminacji mowy bez urządzenia i w urządzeniu. Dla porównania wyznaczono zakres typowy wymienionych wartości dla grupy kontrolnej, którą stanowili pacjenci, u których przebieg procedury był typowy. Uzyskane dla analizowanych przypadków wyniki, mieszczące się z niewielkimi odstępstwami w typowym rozkładzie zmienności dla grupy kontrolnej, potwierdzają, że mimo trudności napotkanych podczas operacji oraz konieczności modyfikacji jej typowego przebiegu możliwe jest uzyskanie korzyści nieodbiegających w większości od raportowanych przez innych autorów. Pozwalają tym samym na stwierdzenie, iż naturalne, zmienione warunki anatomiczne w postaci przodującej zatoki esowatej, jak również nabyte na skutek przebytych operacji w obrębie wyrostka nie ograniczyły korzyści słuchowych po wszczepieniu urządzenia.

## Wnioski

W analizowanych przypadkach zmodyfikowanie procedury chirurgicznej z uwagi na warunki anatomiczne i stan miejscowy nie wpłynęło istotnie na stopień uzyskanych korzyści w stosunku do grupy kontrolnej. Dzięki wprowadzeniu modyfikacji, w tym użyciu podkładek dystansujących, system Bonebridge może znaleźć zastosowanie w szerszej grupie pacjentów.

## Piśmiennictwo:

---

1. Skarżyński H, Szkielkowska A, Olszewski Ł, Mrówka M, Porowski M, Fabijańska A, Skarżyński PH. Program stosowania implantów ucha środkowego i implantów zakotwiczonych w kości skroniowej na przewodnictwo kostne w leczeniu zaburzeń słuchu. *Now Audiofonol*, 2015; 4(1): 9–23.
2. Sprinzl GM, Wolf-Magele A. The Bonebridge Bone Conduction Hearing Implant: indication criteria, surgery and a systematic review of the literature. *Clin Otolaryngol.*, 2016; 41(2): 131–43.
3. Ihler F, Volbers L, Blum J, Matthias C, Canis M. Preliminary functional results and quality of life after implantation of a new bone conduction hearing device in patients with conductive and mixed hearing loss. *Otol Neurotol.*, 2014; 35(2): 211–15.
4. Sprinzl G., Lenarz T., Ernst A., et al. (2013). First European multicenter results with a new transcutaneous bone conduction hearing implant system: short-term safety and efficacy. *Otol Neurotol*, 34, 1076–83.
5. Rahne T, Seiwert I, Gotze G, Heider C, Radetzki F, Herzog M, Plontke SK. Functional results after Bonebridge implantation in adults and children with conductive and mixed hearing loss. *Eur Arch Otorhinolaryngol.*, 2015 Nov; 272(11): 3263–69.
6. Laske RD, Roosli Ch, Pfiffner F, Veraguth D, Huber AM. Functional results and subjective benefit of a transcutaneous bone conduction device in patients with single - sided deafness. *Otology & Neurotology*, 2015; 36(7): 1151–56.
7. Schmerber S, Deguine O, Marx M. Safety and effectiveness of the Bonebridge transcutaneous active direct-drive bone-conduction hearing implant at 1-year device use. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2016; 274(4): 1835–51.
8. Weiss R, Leinung M, Baumann U, Weißgerber T, Rader T, Stöver T. Improvement of speech perception in quiet and in noise without decreasing localization abilities with the bone conduction device Bonebridge. *Eur Arch Otorhinolaryngol.*, 2017; 274(5): 2107–15.
9. Huber A, Sim J, Xie Y, Chatzimichalis M, Ullrich O, Rösli C. The Bonebridge: Preclinical evaluation of a new transcutaneously-activated bone anchored hearing device. *Hear Res.*, 2013; 301: 93–99.
10. BIAP – Bureau International d’Audiophonologie, <https://www.biap.org/en/component/content/article/65-recommendations/ct-2-classification/5-biap-recommendation-021-bis>
11. Fontaine N, Hemar P, Schultz P, Charpiot A, Debry C. Baha implant: implantation technique and complications. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.*, 2014; 131(1): 69–74.
12. Kurz A, Flynn M, Caversaccio M, Kompis M. Speech understanding with a new implant technology: A comparative study with a new nonskin penetrating Baha system. *Biomed Res Int.* 2014; 2014: 416205.
13. Sprinzl G, Lenarz T, Ernst A i wsp. The Bonebridge new transcutaneous Bone Conduction Hearing Implant: Safety and effectiveness data at 12 to 18 months device use. 2<sup>nd</sup> Meeting of the European Academy of Otorhinolaryngology and Head and Neck Surgery, Nicea, Francja, 2013.
14. Baumgartner W, Ernst A, Etschmaier K i wsp. Long-term safety and effectiveness of the Bonebridge Bone Conduction Implant System in adults. 13<sup>th</sup> International Conference on Cochlear Implants and Other Implantable Auditory Technologies, Monachium, Niemcy, 2014.