

## Ocena korzyści słuchowych po zastosowaniu implantu na przewodnictwo kostne Oticon Ponto

### An evaluation of the hearing benefits following the use of the Oticon Ponto bone conduction implant

Piotr H. Skarżyński<sup>1,2AE</sup>, Beata Dziendziel<sup>3A-F</sup>, Elżbieta Włodarczyk<sup>3CE</sup>, Henryk Skarżyński<sup>4AG</sup>

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

<sup>1</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Zakład Teleaudiologii i Badań Przesiewowych, Warszawa/Kajetany

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

<sup>3</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Klinika Rehabilitacji, Warszawa/Kajetany

<sup>4</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Klinika Oto-Ryńko-Laryngochirurgii, Warszawa/Kajetany

#### Streszczenie

**Wprowadzenie:** System Oticon Ponto (Oticon Medical AB, Askim, Szwecja) wprowadzono na rynek w 2009 roku. Od tego czasu skuteczność systemu Ponto była opisywana w literaturze przedmiotu w odniesieniu do wyników audiologicznych, oceny śród- i pooperacyjnych zdarzeń niepożądanych, a także stosowanych różnych technik chirurgicznych. Niewiele wiadomo na temat skuteczności systemu Ponto w kompensacji mieszanego niedosłuchu ze znacznie podwyższonymi progami przewodnictwa kostnego. Celem pracy jest ocena korzyści słuchowych po zastosowaniu implantu Oticon Ponto w grupie pacjentów z mieszanym ubytkiem słuchu.

**Materiał i metoda:** Na podstawie przyjętych kryteriów do retrospektywnej oceny włączono wyniki dorosłych pacjentów (8 kobiet i 8 mężczyzn), poddanych operacji wszczepienia systemu Ponto w Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchu (IFPS) w latach 2015–2020. Korzyści słuchowe oceniono na podstawie wyników audiologicznych: audiometrii tonalnej, audiometrii progowej i słownej w polu swobodnym oraz baterii narzędzi samoopisowych.

**Wyniki:** W obserwacji rocznej wyniki audiologiczne wykazały znaczną poprawę słyszenia. Średnie progi słyszenia w polu swobodnym w Ponto uległy istotnemu obniżeniu w porównaniu do stanu sprzed operacji (przed operacją vs 12 miesięcy:  $t = 15,57$ ;  $p < 0,001$ ). Średni wynik dyskryminacji mowy w warunkach ciszy dla natężenia 65 dB SPL wzrósł o 74%. Wyniki kwestionariuszy samoopisowych wykazały zmniejszenie problemów związanych z niedosłuchem oraz poprawę jakości życia po implantacji.

**Wnioski:** System Oticon Ponto wydaje się zapewniać efektywną kompensację niedosłuchu typu mieszanego ze znacznie podwyższonymi progami przewodnictwa kostnego u większości operowanych pacjentów.

**Słowa kluczowe:** Oticon Ponto • implant słuchowy na przewodnictwo kostne • niedosłuch mieszany

#### Abstract

**Introduction:** The Oticon Ponto System (Oticon Medical AB, Askim, Sweden) was introduced to the market in 2009. Since then, the effectiveness of the Ponto System has been reported in the literature about audiological outcomes, assessment of intra- and postoperative adverse events, and the various surgical techniques used. However, little is known about the effectiveness of the Ponto system in a group of patients with severe-to-profound and mixed hearing loss. The aim of this study is to evaluate the hearing benefits following the use of an Oticon Ponto implant in a group of patients with mixed hearing loss.

**Autor korespondencyjny:** Beata Dziendziel, Klinika Rehabilitacji, Światowe Centrum Słuchu, Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, ul. Mokra 17, Kajetany, 05-830 Nadarzyn; email: b.dziendziel@ifps.org.pl

**Material and methods:** Based on the adopted criteria, the results of adult patients (8 females and 8 males) who had undergone Ponto system implantation surgery at the Institute of Physiology and Pathology of Hearing between 2015 and 2020 were included in the retrospective analysis. Hearing benefits were assessed based on audiological outcomes: pure-tone audiometry, threshold, speech audiometry in the free field, and a battery of self-report instruments.

**Results:** At one year follow-up, audiological outcomes showed a significant improvement in hearing. The mean free-field hearing thresholds in Ponto decreased significantly compared to preoperative conditions (preoperative vs 12 months:  $t = 15.57$ ;  $p < 0.001$ ). The mean speech discrimination results under quiet conditions for 65 dB SPL increased by 74%. The results of the self-report questionnaires showed a reduction in hearing loss problems and an improvement in quality of life after implantation.

**Conclusion:** The Oticon Ponto system seems to provide effective compensation for severe-to-profound and mixed hearing loss in the majority of operated patients.

**Key words:** Oticon Ponto • bone-anchored hearing implant • mixed hearing loss

## Wprowadzenie

Implanty słuchowe zakotwiczone w kości skroniowej (ang. *bone-anchored hearing implant*, BAHI) są powszechnie stosowane w rehabilitacji słuchu u pacjentów z przewodzeniowym lub mieszanym ubytkiem słuchu, a także u pacjentów z jednostronną głuchotą. Obecnie na rynku dostępne są dwa rozwiązania przesz skórne: system BAHA Connect (Cochlear Bone Anchored Solutions AG, Mölnlycke, Szwecja) oraz system Ponto (Oticon Medical AB, Askim, Szwecja). Rozwiązania te omijają ucho środkowe, przenosząc vibracje generowane przez zewnętrzny procesor dźwięku do ucha wewnętrznego za pomocą penetrującego skórę abutmentu i śruby wszczepionej w kość wyrostka sutkowa tego [1]. Według różnych źródeł wskaźnik powodzenia implantacji (ang. *survival rate*) dla BAHI jest stosunkowo wysoki i waha się pomiędzy 74% a 98% [2–4]. Jakkolwiek istnieje ryzyko powikłań pooperacyjnych, m.in. stany zapalne skóry wokół abutmentu, ból, drętwienie skóry [2,5].

Aby uniknąć powyższych komplikacji, w Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchu (IFPS) wybór implantu na przewodnictwo kostne niepenetrującego skóry (ang. *transcutaneous*) zawsze jest rozważany w pierwszej kolejności [6–8], chociaż czasami wymagane jest przeprowadzenie operacji dwuetapowej u pacjentów po operacjach radykalnych ucha środkowego [9,10]. Istnieje jednak grupa pacjentów z niedosłuchem typu mieszanego będąca poza zakresem wskazań audiologicznych do rozwiązań pozwalających zachować ciągłość tkanek i skóry. Z uwagi na przewlekłe stany zapalne ucha środkowego, liczne operacje otochirurgiczne lub wrodzone wady rozwojowe ucha zewnętrznego klasyczne aparaty słuchowe na przewodnictwo powietrzne najczęściej nie mogą być stosowane w tej grupie chorych. Niewszczepialne rozwiązania wykorzystujące kostne przewodzenie dźwięków mają ograniczone zastosowanie również u pacjentów ze znacznie podwyższonymi progami przewodnictwa kostnego [11]. W takiej sytuacji jedyną dostępną szansą na kompensację niedosłuchu są rozwiązania penetrujące skórę (ang. *percutaneous*). Znaczącą zaletą tych rozwiązań jest bezpośrednia transmisja sygnału (z zewnętrznego procesora do implantu poprzez abutment), co pozwala na uniknięcie tłumienia sygnału i w rezultacie zakres wskazań audiologicznych dla progów przewodnictwa kostnego jest szeroki, nawet do 65 dB.

System Ponto jest stosunkowo nowym rozwiązaniem (w porównaniu do Cochlear BAHA) i został wprowadzony na rynek w 2009 r. [12]. Od tego czasu skuteczność systemu Ponto opisywano w literaturze przedmiotu

w odniesieniu do wyników audiologicznych i samoopisowych, występowania powikłań śród- i pooperacyjnych, efektywności stosowania różnych modeli implantu i/lub procesorów dźwięku oraz stosowanych przez specjalistów różnych technik chirurgicznych [2,13–18]. Jakkolwiek Lagerkvist i wsp. [19] w najnowszym systematycznym przeglądzie literatury zwracają uwagę, że wciąż niewiele wiadomo na temat efektywności kompensacji niedosłuchu u pacjentów z niedosłuchem typu mieszanego ze znacznie podwyższonymi progami przewodnictwa kostnego (powyżej 45 dB HL). Niniejsze badanie ma zatem na celu ocenę efektywności systemu Ponto w tej grupie pacjentów. Zważywszy, że niedosłuch ma konsekwencje psychospołeczne i może powodować ciągłe napięcie emocjonalne, którego nie można zbadać na podstawie wyników badań audiometrycznych, drugim celem pracy była ocena zmiany słyszenia i jakości życia z perspektywy pacjenta.

## Materiał i metoda

### Uczestnicy badania

Analizie poddano medyczną bazę danych zawierającą informacje o pacjentach, którzy w okresie od lipca 2015 r. do września 2020 r. poddani zostali operacji wszczepienia implantu na przewodnictwo kostne Oticon Ponto w IFPS. Kryteria włączające do badania zakładały:

- wiek w momencie implantacji  $\geq 18$  lat;
- przedoperacyjny niedosłuch w uchu kwalifikowanym do operacji wskazujący na uszkodzenie słuchu w stopniu od znacznego do głębokiego, wyznaczony zgodnie z wytycznymi Bureau International d'Audiophonologie (BIAP) [20];
- przedoperacyjne średnie progi przewodnictwa kostnego (dla częstotliwości: 0,5, 1, 2 i 4 kHz) wynoszące  $\geq 45$  dB HL;
- minimum 12-miesięczna obserwacja pooperacyjna.

Na podstawie pełnej dokumentacji medycznej dokonano analizy leczenia oraz dostępnych wyników audiologicznych każdego pacjenta włączanego do badania. Badanie zostało przeprowadzone zgodnie z normami i standardami etycznymi ujętymi w deklaracji helsińskiej oraz zostało pozytywnie zaopiniowane przez Komisję Bioetyczną przy Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchów w Warszawie.

### Ocena audiometryczna

Progi słyszenia dla przewodnictwa powietrznego (ang. *air-conduction*, AC) oraz przewodnictwa kostnego (ang.

bone-conduction, BC) oceniono u wszystkich pacjentów trzykrotnie: przed operacją, 1 miesiąc i 12 miesięcy po implantacji. Średnie progi słyszenia (ang. *pure tone average*, PTA<sub>4</sub>) dla AC i BC wyznaczono dla częstotliwości: 0,5, 1, 2, i 4 kHz.

Po 6 oraz 12 miesiącach użytkowania systemu Ponto oceniono funkcjonalne wzmocnienie (ang. *functional gain*, FG) oraz stopień dyskryminacji mowy. Wszystkie testy przeprowadzono w polu swobodnym w warunkach bez i ze wspomaganiami (tj. z włączonym procesorem dźwięku). Podczas badania ucho nieimplantowane było maskowane pasywnie (przez podwójne blokowanie: stoperem oraz słuchawką ochronną typu Peltor) lub aktywnie (szumem). Głośnik został umieszczony w odległości 1 m przed pacjentem (azymut 0°).

Średnie progi słyszenia w polu swobodnym wyznaczono dla częstotliwości: 0,5, 1, 2 i 4 kHz. FG obliczono jako różnicę pomiędzy wynikami testów w warunkach bez i ze wspomaganiami. Stopień dyskryminacji mowy oceniono za pomocą polskiego testu słownego (Demenko i Pruszwicz, zob. aneks) w warunkach bez i ze wspomaganiami dla natężenia prezentowanego sygnału mowy 65 dB SPL.

### Kwestionariusze samoopisowe

Do oceny subiektywnych korzyści z implantacji zastosowano baterię kwestionariuszy samoopisowych (zob. aneks): *Clinical Global Impression Scale* (CGI-S) [21], *Glasgow Benefit Inventory* (GBI) [22] oraz *Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit* (APHAB) [23].

CGI-S to krótkie narzędzie stosowane do oceny zmiany stanu pacjenta po przeprowadzonym leczeniu. Pytania odnoszą się do oceny zmiany słyszenia oraz jakości życia (ang. *quality of life*, QoL) po implantacji w porównaniu do stanu sprzed operacji. Wykorzystano 7-stopniową skalę odpowiedzi: 1 – bardzo duża poprawa, 2 – znaczna poprawa, 3 – minimalna poprawa, 4 – brak zmiany, 5 – minimalne pogorszenie, 6 – znaczne pogorszenie, 7 – bardzo duże pogorszenie.

Kwestionariusz GBI jest narzędziem do pomiaru subiektywnych korzyści pacjenta w następstwie interwencji otorynolaryngologicznej. Kwestionariusz składa się z 18 pozycji, a odpowiedzi są oceniane według 5-stopniowej skali Likerta (od „zdecydowanie tak” do „zdecydowanie nie”). Suma punktów możliwych do uzyskania waha się od –100 do +100. Im wyższy wynik, tym większe korzyści z interwencji medycznej. Wynik zerowy świadczy o subiektywnym braku korzyści z zastosowanego leczenia, a wynik ujemny – o wpływie niekorzystnym.

Kwestionariusz APHAB jest narzędziem samoopisowym, w którym badany zgłasza trudności z komunikacją, percepcją mowy i dźwięków otoczenia. Zawiera cztery podskale: komunikacja w sprzyjających warunkach (ang. *ease of communication*, EC), komunikacja w szumie otoczenia (ang. *background noise*, BN), komunikacja w obecności pogłosu (ang. *reverberation*, RV) oraz akceptacja nieprzyjemnych dźwięków (ang. *aversiveness*, AV). Na całkowity wynik kwestionariusza APHAB składają się podskale: EC, BN i RV, które odzwierciedlają stopień trudności z komunikacją

i słyszeniem w różnych codziennych warunkach akustycznych. Zmianę w percepcji słyszenia obliczono, odejmując wynik pooperacyjny od wyniku przedoperacyjnego.

### Procedura chirurgiczna

Wszystkie procedury implantacji systemu Ponto wykonano w znieczuleniu ogólnym. U wszystkich pacjentów zastosowano implant o średnicy 4,5 mm i 4 mm długości.

W przypadku pierwszych 5 pacjentów, operowanych w 2015 r., wykonano technikę chirurgiczną cięcia liniowego z redukcją tkanek miękkich wokół implantu (ścieńczenie skóry), które zostało dokładnie opisane przez zespół de Wolf [24]. W tej grupie pacjentów zastosowano abutment długości 6 mm. U kolejnych 9 pacjentów zastosowano nową, minimalnie inwazyjną technikę chirurgiczną znaną jako *minimally invasive Ponto surgery* (MIPS) (Oticon Medical, Somerset, NJ), opisaną wcześniej w literaturze przedmiotu [18,16,25]. W tej grupie pacjentów zastosowano dłuższy abutment – 9 mm. U kolejnych 2 pacjentów wykonano technikę cięcia liniowego, ale bez ścieńczenia tkanek miękkich (technika ta opisana została przez Hultcrantz i wsp. [26]) z zastosowaniem abutmentu o długości 9 mm. Decyzja o wykonaniu cięcia liniowego u tych pacjentów spowodowana była znacznym krwawieniem podczas próby wykonania pierwszego etapu MIPS. Istniało zatem ryzyko, że zastosowanie koagulacji może spowodować problemy z prawidłowym gojeniem się rany pooperacyjnej. Opatrunek został usunięty po 10 dniach od operacji. U pacjentów zastosowano zewnętrzny procesor dźwięku typu Ponto Pro Power, Ponto 3 Power lub Ponto 3 SuperPower. Procedurę aktywacji procesora u 11 pacjentów wykonano w przeciągu 6–8 tygodni od operacji, a u 3 pacjentów – 10 tygodni. U 2 pacjentów, z uwagi na powikłania pooperacyjne, procedurę aktywacji zrealizowano po około 10 tygodniach od reoperacji.

### Analiza statystyczna

Do sprawdzenia założenia o normalności rozkładu zastosowano test Shapiro–Wilka. Jeśli założenie o normalności zostało spełnione, zastosowano test *t*-Studenta do porównania wyników przed- i pooperacyjnych. Do oceny pooperacyjnych wyników GBI zastosowano test *t*-Studenta dla jednej próby. Przyjęto istotność statystyczną na poziomie  $p < 0,05$ . Do analiz statystycznych zastosowano oprogramowanie IBM SPSS Statistics 24.0 software (IBM Corp, 2016, Armonk, New York, USA).

### Wyniki

#### Pacjenci

Spśród 38 pacjentów, poddanych operacji wszczępienia systemu, Ponto 16 z nich spełniło kryteria włączenia do badania. Informacje o pacjentach przedstawiono w tabeli 1. Wiek uczestników badania w momencie operacji wahał się pomiędzy 21 a 74 rokiem życia; średnia wniosła  $M = 50,9$  lat, a odchylenie standardowe –  $SD = 16,6$ . Obustronny niedosłuch zdiagnozowano u 15 z 16 pacjentów. Etiologia niedosłuchu obejmowała: przewlekłe zapalenie ucha środkowego, perlaka oraz wady wrodzone ucha środkowego lub zewnętrznego.

**Tabela 1.** Charakterystyka pacjentów  
**Table 1.** Patient's characteristic

Pacjent	Wiek* w momencie operacji	Płeć	Ucho	Niedostuch	Etiologia	Technika chirurgiczna	Abutment [mm]	Wcześniejsze operacje (ucho implantowane)
1	41	K	lewe	obustronny	wrodzona wada rozwojowa ucha, przewlekłe zapalenie ucha środkowego, perlak	cięcie liniowe z redukcją tkanek	6	radykalna mastoidektomia, rewizja po radykalnej mastoidektomii
2	64	K	lewe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego, perlak	cięcie liniowe z redukcją tkanek	6	myringoossikuloplastyka, radykalna mastoidektomia, 3× rewizja po radykalnej mastoidektomii
3	65	M	prawe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego, perlak	cięcie liniowe z redukcją tkanek	6	radykalna mastoidektomia, rewizja po radykalnej mastoidektomii
4	63	K	prawe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego	cięcie liniowe z redukcją tkanek	6	2× myringosikuloplastyka
5	64	M	lewe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego	cięcie liniowe z redukcją tkanek	6	2× myringoossikuloplastyka, antromastoidektomia
6	68	M	lewe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego, perlak	MIPS	9	2× myringoossikuloplastyka, radykalna mastoidektomia, rewizja po radykalnej mastoidektomii
7	39	K	lewe	obustronny	wrodzona wada ucha (wada twarzoczaszki)	MIPS	9	brak
8	59	K	lewe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego	MIPS	9	antromastoidektomia, 2× tympanoplastyka
9	30	M	prawe	jednostronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego, perlak	cięcie liniowe bez redukcji tkanek	9	radykalna mastoidektomia, rewizja po radykalnej mastoidektomii
10	60	M	lewe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego	MIPS	9	2× myringoossikuloplastyka
11	74	K	lewe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego, perlak	cięcie liniowe bez redukcji tkanek	9	3× myringoossikuloplastyka, radykalna mastoidektomia, rewizja po radykalnej mastoidektomii
12	54	M	prawe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego, perlak	MIPS	9	myringoossikuloplastyka, radykalna mastoidektomia, 3× rewizja po radykalnej mastoidektomii
13	21	M	prawe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego	MIPS	9	2× myringosikuloplastyka
14	47	K	prawe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego, zespół Turnera	MIPS	9	2× myringosikuloplastyka
15	22	M	lewe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego	MIPS	9	4× myringosikuloplastyka
16	44	K	prawe	obustronny	przewlekłe zapalenie ucha środkowego	MIPS	9	2× myringosikuloplastyka

Opis: K – kobieta, M – mężczyzna, MIPS – *minimally invasive Ponto surgery*, \* wiek w latach

### Wyniki chirurgiczne oraz zdarzenia niepożądane

U jednego pacjenta (numer 4) wystąpiło śródoperacyjnie krwawienie z żyły wypustowej, które zatamowano przy użyciu wosku. U 2 pacjentów (numer 3 i 6) stwierdzono nieznacznie gąbczastą tkankę kostną. Nieprawidłowość tę obserwuje się w szczególności u pacjentów, u których wcześniej wykonywano operację w obrębie ucha środkowego, np. metodą CWU (ang. *canal wall up*) lub CWD (ang. *canal wall down*), z powodu przewlekłego

perlakowego zapalenia ucha środkowego. U tych pacjentów procesor dźwięku aktywowano po 10 tygodniach od operacji.

Podczas usunięcia opatrunku prawidłowe gojenie się rany wokół abutmentu stwierdzono u 10 z 16 pacjentów. U czterech pacjentów (numer: 4, 6, 8 i 15) zaobserwowano niewielkie powikłania pod postacią zaczerwienienia oraz wilgotnych naskórków, ale bez cech tworzenia się ziarniny. U tych pacjentów zastosowano leczenie miejscowe rany



**Tabela 2.** Średnie progi dla przewodnictwa powietrznego i kostnego przed operacją oraz 1 i 12 miesięcy po operacji  
**Table 2.** Pure-tone average for air and bone conduction before implantation and 1 and 12 months afterwards

Obserwacja	Średnie progi słyszenia					
	przewodnictwo powietrzne			przewodnictwo kostne		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Me</i>
Przed operacją	83,91	8,16	83,13	47,58	3,78	46,25
Po operacji (1 miesiąc)	86,02	8,27	87,50	48,13	3,95	47,50
Po operacji (12 miesięcy)	86,72	8,46	88,75	48,13	4,21	46,25

Opis: *M* – średnia, *SD* – odchylenie standardowe, *Me* – mediana

oraz wyznaczono dodatkowe wizyty kontrolne; objawy ustąpiły w przeciągu 6 tygodni. Jakkolwiek u jednego pacjenta (numer 8) przez cały okres obserwacji pooperacyjnej utrzymywało się nieznaczne drętwienie skóry wokół abutmentu oraz okresowy ból.

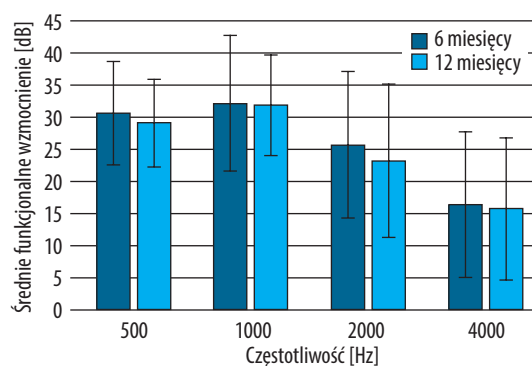
Znaczne powikłania pooperacyjne odnotowano u dwóch pacjentów (numer 7 i 11). Z uwagi na utrzymujący się stan zapalny skóry wokół abutmentu oraz brak odpowiedzi na leczenie, konieczna była reoperacja. U pacjenta numer 7 reoperację wykonano po 5 tygodniach od implantacji – usunięto tkankę zapalną i ziarninową. Podczas dodatkowo wyznaczonych wizyt pooperacyjnych stwierdzono prawidłowy przebieg gojenia, a procedurę aktywacji wykonano 10 tygodni później. W przypadku pacjentki numer 11 reoperację wykonano po 6 tygodniach od pierwszej implantacji – usunięto abutment (pozostawiono implant w kości skroniowej) oraz tkanki martwicze. Po 3 miesiącach połączono abutment z implantem; zabieg przeprowadzono w znieczuleniu miejscowym. Po upływie 4 tygodni ponownie wykonano reoperację w celu usunięcia nadmiaru bliznowatej tkanki skórnej. Procesor dźwięku aktywowano 10 tygodni później. Pacjentka zgłaszała okresowe swędzenie i ból skóry w miejscu abutmentu, które to objawy utrzymywały się do roku od reoperacji.

W 12-miesięcznej obserwacji pooperacyjnej u 3 pacjentów (numer 5, 9 i 16), u których wcześniej nie stwierdzono powikłań pooperacyjnych, odnotowano niewielkie zaczerwienienie wymagające zastosowania leczenia miejscowego. Wszyscy pacjenci nadal korzystają z systemu Ponto, a średni czas obserwacji pooperacyjnej wynosi 2,7 lat (min 1,1; max 4,9).

## Wyniki audiometryczne

Wartości  $PTA_4$  dla progów AC i BC przed operacją oraz 1 miesiąc i 12 miesięcy po operacji przedstawiono w tabeli 2. Przedoperacyjnie  $PTA_4$  dla progów AC wyniosło pomiędzy 75 a 98,75 dB HL (mediana –  $Me = 83,1$  dB HL) i pozostały stabilne w przypadku wszystkich pacjentów (tzn. średnie przesunięcie progów słyszenia wynosiło  $\pm 10$  dB HL) zarówno w obserwacji miesięcznej (pre vs 1 miesiąc:  $t = 2,18$ ;  $p = 0,045$ ) i 12-miesięcznej (pre vs 12 miesięcy:  $t = 2,45$ ;  $p = 0,027$ ).

Podobnie  $PTA_4$  dla progów BC wyniosło pomiędzy 45 a 56,25 dB HL ( $Me = 46,25$  dB) i pozostało stabilne w krótkiej obserwacji (pre vs 1 miesiąc:  $t = 0,70$ ;  $p = 0,493$ ) oraz



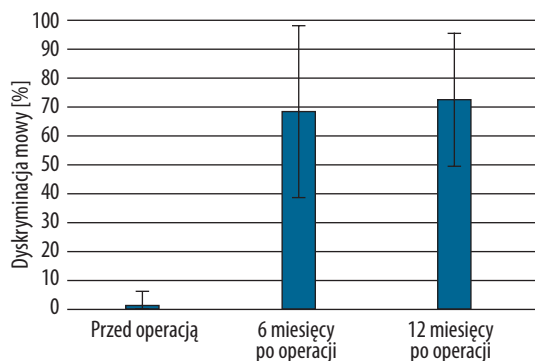
**Rycina 1.** Średnie funkcjonalne wzmocnienie w implancie Oticon Ponto dla wszystkich badanych częstotliwości po 6 i 12 miesiącach po operacji; słupki błędów reprezentują odchylenia standardowe  
**Figure 1.** Average functional gain of Oticon Ponto implants for all tested frequencies at 6 and 12 months postoperatively; the error bars represent standard deviations

dłuższej obserwacji pooperacyjnej (pre vs 12 miesięcy:  $t = 1,15$ ;  $p = 0,270$ ).

Średnie progi słyszenia w polu swobodnym zmniejszyły się z 79,2 dB HL ( $SD = 8,09$  dB HL;  $Me = 78,75$  dB HL) do 53,1 dB HL ( $SD = 5,02$  dB HL;  $Me = 52,5$  dB HL) po 6 miesiącach oraz do 54,5 dB HL ( $SD = 4,72$  dB HL;  $Me = 53,75$  dB HL) po 12 miesiącach. Dla obu okresów obserwacji pooperacyjnej średnie progi słyszenia były istotnie niższe niż przed operacją (pre vs 6 miesięcy:  $t = 15,11$ ;  $p < 0,001$  oraz pre vs 12 miesięcy:  $t = 15,57$ ;  $p < 0,001$ ).

Średnie wyniki FG w procesorze dźwięku na wszystkich badanych częstotliwościach po 6 i 12 miesiącach od operacji przedstawiono na rycinie 1. Średnie FG po 6 miesiącach wyniosło 26,2 dB i uległo nieznacznemu obniżeniu do 24,8 dB w dłuższej obserwacji pooperacyjnej (6 miesięcy vs 12 miesięcy:  $t = 2,38$ ;  $p = 0,031$ ).

Średnie wyniki dyskryminacji mowy przedstawiono na rycinie 2. Stopień dyskryminacji mowy wzrósł znacząco z 1% przed operacją do 70% po 6 miesiącach oraz do 75% po 12 miesiącach od operacji. Dla obu okresów obserwacji pooperacyjnej średni stopień dyskryminacji mowy był istotnie wyższy niż przed operacją (pre vs 6 miesięcy:  $t = 11,44$ ;  $p < 0,001$  oraz pre vs 12 miesięcy:  $t = 13,80$ ;  $p < 0,001$ ).



**Rycina 2.** Wyniki dyskryminacji mowy dla natężenia 65 dB SPL przed i po 6 i 12 miesiącach po operacji; słupki błędów reprezentują odchylenia standardowe

**Figure 2.** Speech discrimination results at 65 dB SPL preoperatively, and at 6 and 12 months postoperatively; the error bars represent standard deviations

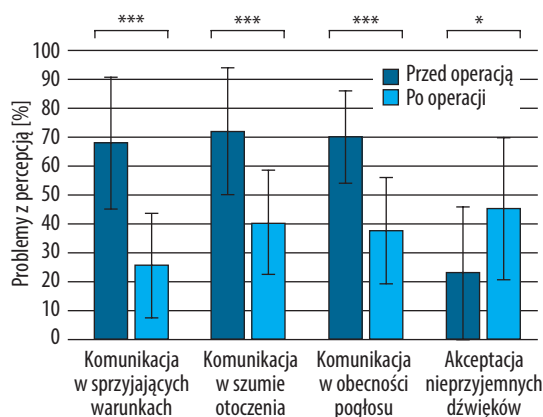
### Wyniki kwestionariuszy samoopisowych

Analizę wyników przeprowadzono u 15 z 16 pacjentów (jeden z badanych nie wypełnił kwestionariuszy). Według kwestionariusza CGI-S 14 z 15 pacjentów zgłaszało, że subiektywne słyszenie po implantacji uległo znacznej lub bardzo dużej poprawie. Minimalną poprawę słyszenia wskazał jeden pacjent. QoL dla 13 z 15 pacjentów uległa znacznej lub bardzo dużej poprawie. W przypadku pozostałych 2 pacjentów QoL uległa minimalnej poprawie. Średni całkowity wynik GBI wyniósł 38,7 punktów ( $SD = 18,8$ ;  $Me = 36,1$ ) i był istotnie wyższy od 0 ( $t = 7,98$ ;  $p < 0,001$ ). Analizując całkowity wynik GBI indywidualnie dla każdego pacjenta, zaobserwowano, że wszyscy pacjenci osiągnęli poprawę QoL po implantacji. Analiza średnich wyników APHAB uzyskanych przed implantacją i 12 miesięcy po implantacji wykazała, że po operacji stopień trudności w codziennej komunikacji zmniejszył się w pierwszych trzech podskalach (rycina 3). Wynik globalny zmniejszył się z 70,2% ( $SD = 17,6\%$ ;  $Me = 72,4\%$ ) przed operacją do 34,5% ( $SD = 16,2\%$ ;  $Me = 27,0\%$ ) po operacji i był istotny statystycznie ( $t = 8,63$ ;  $p < 0,001$ ).

### Dyskusja

Pacjenci z niedosłuchem mieszanym w stopniu od znacznego do głębokiego ze znacznie podwyższonymi progami przewodnictwa kostnego (powyżej 45 dB HL) stanowią szczególnie wyzwanie dla specjalistów. Ze względu na znacznie podwyższone progi przewodnictwa kostnego nie zawsze można zapewnić tym pacjentom efektywną poprawę słyszenia. Z tego względu ważne jest dokładne poznanie korzyści i ograniczeń systemu implantu słuchowego oraz oczekiwań pacjentów przed podjęciem decyzji o kwalifikacji do operacji.

Wyniki niniejszego badania wykazały, że w większości przypadków system Oticon Ponto zapewnił znaczące korzyści słuchowe w odniesieniu do wyników audiologicznych oraz subiektywnych w porównaniu do stanu sprzed operacji. Wyniki audiometryczne nie wykazały negatywnego wpływu implantacji na progi AC i BC.



**Rycina 3.** Średnie wyniki w poszczególnych podskalach kwestionariusza APHAB przed operacją oraz po 12 miesiącach od operacji; słupki błędów reprezentują odchylenia standardowe; \*\*\* $p < 0,001$ ; \* $p < 0,05$

**Figure 3.** Average APHAB subscale scores preoperatively and at 12 months postoperatively. Error bars represent standard deviations; \*\*\* $p < 0.001$ ; \* $p < 0.05$

Średnia wartość FG po 6 miesiącach wyniosła 26,2 dB HL i wynik ten jest nieznacznie niższy w porównaniu do wyników badań, w których średnia wartość FG wynosiła 29–33 dB [1,27–31]. Jednak należy zwrócić uwagę, że wyniki tych badań analizowano w grupach niehomogenych pod względem średnich progów AC i BC. Wynik stopnia dyskryminacji mowy w polu swobodnym wskazuje na znaczącą poprawę dyskryminacji mowy w implancie. W rocznej obserwacji pooperacyjnej 75% użytkowników systemu Ponto osiągnęło dyskryminację mowy na poziomie  $\geq 70\%$  w ciszy dla natężenia sygnału mowy 65 dB SPL. Dla porównania przed operacją najwyższy wynik dyskryminacji mowy osiągnięty przez pacjenta w warunkach bez wspomagania wynosił zaledwie 20%.

Zakładając, że znaczny ubytek słuchu bardzo utrudnia codzienne funkcjonowanie chorego, ważnym celem implantacji systemu Oticon Ponto była poprawa QoL pacjenta. Wyniki kwestionariusza APHAB potwierdziły znaczne zmniejszenie problemów związanych z niedosłuchem po operacji, szczególnie w warunkach ciszy. Potwierdziły to również wyniki CGI-S, gdzie ponad 90% pacjentów zgłosiło znaczną lub bardzo dużą poprawę słuchu po operacji. W przypadku wyników GBI ogólna QoL uległa poprawie po implantacji słuchowej. Wcześniejsze badania wykorzystujące kwestionariusz GBI wykazały, że implantacja systemu Oticon Ponto ma pozytywny wpływ (tj. punktacja  $> 0$ ) na QoL u ponad 92% operowanych pacjentów [1,30,32–34]. Średni całkowity wynik GBI w tych badaniach wahał się od 32 do 39, co jest zgodne z naszymi wynikami. Możemy zatem wnioskować, że u pacjentów z mieszanym niedosłuchem w stopniu znacznym do głębokiego i znacznie podwyższonymi progami przewodnictwa kostnego, QoL po operacji uległa znacznej poprawie. Tylko u dwóch pacjentów (numer 8 i 9) wyniki GBI i CGI-S wykazały jedynie minimalny wpływ interwencji medycznej na ich QoL. W przypadku pacjenta numer 8 niski poziom satysfakcji przypuszczalnie mógł wynikać z uzyskania niewielkiej poprawy rozumienia mowy (wynik 40% dla natężenia 65

dB SPL w rocznej obserwacji) oraz utrzymujących się dolegliwości w postaci stałego drętwienia i okresowego bólu skóry wokół abutmentu przez cały okres obserwacji pooperacyjnej. U pacjenta numer 9 niedosłuch występował tylko w jednym uchu, więc przypuszczalnie jego QoL przed operacją nie była znacznie obniżona w porównaniu do pacjentów zmagających się z niedosłuchem obustronnym. Ponadto, jak wynika z naszych obserwacji klinicznych, w przypadku znacznego asymetrycznego ubytku słuchu, jeśli słuch w uchu nieimplantowanym zapewnia większe korzyści słuchowe, pacjent może być nieusatysfakcjonowany ze wzmocnienia słuchu, jakie zapewnia implant.

Pomimo wielu innowacji konstrukcyjnych i chirurgicznych w dziedzinie implantów przezskórnych powikłania skórne są nadal opisywane [15]. Według Lagerkvist i wsp. [19] u 1 na 7 pacjentów występuje reakcja skórna wymagająca leczenia miejscowego, a u 0,4% pacjentów konieczne jest usunięcie abutmentu na czas leczenia zmian skórnych. W badanej grupie pacjentów w miesięcznej obserwacji pooperacyjnej zdarzenia niepożądane wystąpiły u 6 z 16 pacjentów, z czego 2 wymagało reoperacji. W dłuższej obserwacji pooperacyjnej nieznaczne powikłania skórne wystąpiły u 4 pacjentów, u których nigdy wcześniej nie występowały podobne objawy. Nie udało się zidentyfikować przyczyn zaobserwowanych powikłań w badanej grupie pacjentów. Jednak nasze obserwacje dotyczą wyłącznie grupy 16 pacjentów spełniających kryteria włączenia do badania (co stanowiło na czas przygotowania niniejszej

pracy mniej niż 50% wszystkich operowanych pacjentów w naszym ośrodku). Przyczyny powikłań pooperacyjnych nie wydają się związane z zastosowaniem różnych technik chirurgicznych.

Niniejsze badanie ma ograniczenia właściwe badaniom retrospektywnym. Ponadto krótki czas obserwacji uniemożliwił długoterminową ocenę wskaźnika *survival rate*. Zaletą badania jest ocena efektywności systemu Ponto w odniesieniu do wyników audiologicznych i subiektywnych w homogennej grupie pacjentów z mieszanym niedosłuchem w stopniu znacznym i głębokim, ze średnimi progami BC  $\geq 45$  dB. Uzyskane wyniki zachęcają do opracowania bardziej szczegółowego programu leczenia w naszym ośrodku pacjentów z mieszanym niedosłuchem w stopniu znacznym do głębokiego za pomocą systemu Oticon Ponto.

## Wnioski

System Oticon Ponto wydaje się skuteczną metodą kompensacji słyszenia i zapewnia subiektywną poprawę w codziennym funkcjonowaniu słuchowym pacjenta. Ograniczeniem tej metody jest wystąpienie ryzyka skórnych powikłań pooperacyjnych. Ponadto, zważywszy na znacznie podwyższone progi przewodnictwa kostnego i ryzyko ich dalszego pogorszenia, konieczna jest długoterminowa obserwacja umożliwiająca ocenę wskaźnika *survival rate* oraz długotrwałych korzyści słuchowych.

## Piśmiennictwo

- Caruso A, Giannuzzi AL, Sozzi V, Sanna M. Bone anchored hearing implants without skin thinning: the Gruppo Otológico surgical and audiological experience. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol*, 2017; 274(2): 695–700; <https://doi.org/10.1007/s00405-016-4305-x>.
- Calon TGA, Tongeren J van, Heuft AME, Brunings JW, Bollen D, Hof JR i wsp. Percutaneous bone-anchored hearing system implant survival after 550 primary implant surgeries. *Clin Otolaryngol*, 2018; 43(2): 735–9; <https://doi.org/10.1111/coa.13036>.
- Dun CAJ, Faber HT, Wolf MJF de, Mylanus EAM, Cremers CWRJ, Hol MKS. Assessment of more than 1,000 implanted percutaneous bone conduction devices: skin reactions and implant survival. *Otol Neurotol*, 2012; 33(2): 192–8; <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e318241c0bf>.
- Larsson A, Tjellström A, Stalfors J. Implant losses for the bone-anchored hearing devices are more frequent in some patients. *Otol Neurotol*, 2015; 36(2): 336–40; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000446>.
- Kiringoda R, Lustig LR. A meta-analysis of the complications associated with osseointegrated hearing aids. *Otol Neurotol*, 2013; 34(5): 790–4; <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e318291c651>.
- Ratuszniak A, Skarzynski PH, Gos E, Skarzynski H. The Bonebridge implant in older children and adolescents with mixed or conductive hearing loss: audiological outcomes. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2019; 118: 97–102; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2018.12.026>.
- Skarżyński PH, Ratuszniak A, Król B, Kozieł M, Osińska K, Cywka KB i wsp. The Bonebridge in adults with mixed and conductive hearing loss: audiological and quality of life outcomes. *Audiol Neurotol*, 2019; 24(2): 90–9; <https://doi.org/10.1159/000499363>.
- Mylanus EAM, Hua H, Wigren S, Arndt S, Skarzynski PH, Telian SA i wsp. Multicenter clinical investigation of a new active osseointegrated steady-state implant system. *Otol Neurotol*, 2020; 41(9): 1249–57; <https://doi.org/10.1159/000499363>.
- Król B, Porowski M, Cywka KB, Skarżyńska MB, Skarżyński PH. Mastoid obliteration with S53P4 bioactive glass can make Bonebridge implantation feasible: a case report. *Am J Case Rep*, 2020; 21: e925914; <https://doi.org/10.12659/AJCR.925914>.
- Król B, Cywka KB, Skarżyńska MB, Skarżyński PH. Implantation of the Bonebridge BCI 602 after mastoid obliteration with S53P4 bioactive glass: a safe method of treating difficult anatomical conditions: preliminary results. *Life Basel Switz*, 2021; 11(5): 374; <https://doi.org/10.3390/life11050374>.
- Skarzynski PH, Ratuszniak A, Osinska K, Kozieł M, Król B, Cywka KB i wsp. A comparative study of a novel adhesive bone conduction device and conventional treatment options for conductive hearing loss. *Otol Neurotol*, 2019; 40(7): 858–64; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002323>.
- Westerkull P. The Ponto bone-anchored hearing system. *Adv Otorhinolaryngol*, 2011; 71: 32–40; <https://doi.org/10.1159/000323578>.
- Reznitsky M, Wielandt K, Foghsgaard S. Wide diameter bone-anchored hearing system implants: a comparison of long-term follow-up data between tissue reduction and tissue preservation techniques. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol*, 2019; 276(2): 349–56; <https://doi.org/10.1007/s00405-018-5228-5>.

14. Kruyt IJ, Kok H, Bosman A, Nelissen RC, Mylanus EAM, Hol MKS. Three-year clinical and audiological outcomes of percutaneous implants for bone conduction devices: comparison between tissue preservation technique and tissue reduction technique. *Otol Neurotol*, 2019; 40(3): 335–43; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002105>.
15. Bezdjian A, Smith RA, Thomeer HGXM, Willie BM, Daniel SJ. A systematic review on factors associated with percutaneous bone anchored hearing implants loss. *Otol Neurotol*, 2018; 39(10): e897–906; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002041>.
16. Kim HHS, Kari E, Copeland BJ, Moore GF, Shaia WT, Cosetti MK i wsp. Standardization of the punch technique for the implantation of bone anchored auditory devices: evaluation of the MIPS surgical set. *Otol Neurotol*, 2019; 40(6): e631–5; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002291>.
17. Besten CA den, Monksfield P, Bosman A, Skarzynski PH, Green K, Runge C i wsp. Audiological and clinical outcomes of a transcutaneous bone conduction hearing implant: six-month results from a multicentre study. *Clin Otolaryngol*, 2019; 44(2): 144–57; <https://doi.org/10.1111/coa.13248>.
18. Wilson DF, Kim HH. A minimally invasive technique for the implantation of bone-anchored hearing devices. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2013; 149(3): 473–7; <https://doi.org/10.1177/0194599813492946>.
19. Lagerkvist H, Carvalho K, Holmberg M, Petersson U, Cremers C, Hultcrantz M. Ten years of experience with the Ponto bone-anchored hearing system: a systematic literature review. *Clin Otolaryngol*, 2020; 45(5): 667–80; <https://doi.org/10.1111/coa.13556>.
20. International Bureau for Audiophonology; TC 02 Classification. <https://www.biap.org/en/recommendations/recommendations/tc-02-classification>, [dostęp: 06.02.2022]
21. Busner J, Targum SD. The clinical global impressions scale: applying a research tool in clinical practice. *Psychiatry (Edgmont)*, 2007; 4(7): 28–37.
22. Robinson K, Gatehouse S, Browning GG. Measuring patient benefit from otorhinolaryngological surgery and therapy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1996; 105(6): 415–22; <https://doi.org/10.1177/000348949610500601>.
23. Cox RM, Alexander GC. The abbreviated profile of hearing aid benefit. *Ear Hear*, 1995; 16(2): 176–86; <https://doi.org/10.1097/00003446-199504000-00005>.
24. Wolf MJF de, Hol MKS, Huygen PLM, Mylanus EAM, Cremers CWRJ. Clinical outcome of the simplified surgical technique for BAHÁ implantation. *Otol Neurotol*, 2008; 29(8): 1100–8; <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31818599b8>.
25. Gordon SA, Coelho DH. Minimally invasive surgery for osseointegrated auditory implants: a comparison of linear versus punch techniques. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2015; 152(6): 1089–93; <https://doi.org/10.1177/0194599815571532>.
26. Hultcrantz M. Outcome of the bone-anchored hearing aid procedure without skin thinning: a prospective clinical trial. *Otol Neurotol*, 2011; 32(7): 1134–9; <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31822a1c47>.
27. Bosman AJ, Snik AFM, Hol MKS, Mylanus EAM. Evaluation of a new powerful bone-anchored hearing system: a comparison study. *J Am Acad Audiol*, 2013; 24(6): 505–13; <https://doi.org/10.3766/jaaa.24.6.6>.
28. Busch S, Giere T, Lenarz T, Maier H. Comparison of audiological results and patient satisfaction for two osseointegrated bone conduction devices: results of a prospective study. *Otol Neurotol*, 2015; 36(5): 842–8; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000727>.
29. Celikgun B, Kalcioğlu MT. Assessment of discrimination ability in ipsilateral and contralateral ears with a unilateral bone-anchored hearing system. *Ear Nose Throat J*, 2017; 96(8): 297–310; <https://doi.org/10.1177/014556131709600816>.
30. Rigato C, Reinfeldt S, Håkansson B, Jansson K-JF, Hol MKS, Eeg-Olofsson M. Audiometric comparison between the first patients with the transcutaneous bone conduction implant and matched percutaneous bone anchored hearing device users. *Otol Neurotol*, 2016; 37(9): 1381–7; <https://doi.org/10.1097/MAO.00000000000001183>.
31. Wang Y, Fan X, Wang P, Fan Y, Chen X. Hearing improvement with softband and implanted bone-anchored hearing devices and modified implantation surgery in patients with bilateral microtia-atresia. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2018; 104: 120–5; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2017.11.010>.
32. Besten CA den, Bosman AJ, Nelissen RC, Mylanus EAM, Hol MKS. Controlled clinical trial on bone-anchored hearing implants and a surgical technique with soft-tissue preservation. *Otol Neurotol*, 2016; 37(5): 504–12; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000994>.
33. Nelissen RC, Besten CA den, Mylanus EAM, Hol MKS. Stability, survival, and tolerability of a 45-mm-wide bone-anchored hearing implant: 6-month data from a randomized controlled clinical trial. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2016; 273: 105–11; <https://doi.org/10.1007/s00405-015-3593-x>.
34. Nelissen RC, Mylanus EAM, Kunst HPM, Pennings RJE, Snik AFM, Hol MKS. A new bone-anchored hearing implant: short-term retrospective data on implant survival and subjective benefit. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol*, 2013; 270(12): 3019–25; <https://doi.org/10.1007/s00405-013-2346-y>.

## Aneks

W procesie leczenia niedosłuchu tendencją do prezentowania wyłącznie wyników audiometrycznych powoli się zmienia. Coraz więcej autorów docenia szersze spojrzenie na dolegliwości zgłaszane przez pacjentów, w tym ocenę ich stopnia nasilenia [1]. Wiąże się to również z rosnącą świadomością pacjentów i wymaganiami odnośnie proponowanej terapii, gdzie subiektywna ocena pacjenta stała się istotnym aspektem oceny wyników leczenia. Taka ocena jest możliwa dzięki zastosowaniu narzędzi samoopisowych. W naszym badaniu zastosowano baterię narzędzi samoopisowych. Należy jednak wskazać pewne ich ograniczenia.

## Kwestionariusz APHAB

Jest narzędziem samoopisowym, w którym badany zgłasza trudności z komunikacją i percepcją dźwięków otoczenia [2]. Choć narzędzie to nie doczekało się polskiej walidacji [3], to zostało odpowiednio przystosowane do potrzeb języka polskiego [4]. APHAB jest powszechnie stosowanym narzędziem do oceny korzyści słuchowych z zastosowanych urządzeń poprawiających słyszenie, również wśród polskich pacjentów [5,6]. Kwestionariusz ten uzyskał rekomendację amerykańskiego laboratorium aparatów słuchowych (Hearing Aid Research Lab, HARL), które udostępniła jego tłumaczenie w różnych językach [7].



## Kwestionariusz CGI-S

Jest to krótkie narzędzie pomiarowe składające się z jednego pytania, które umożliwia klinicyście szybką ocenę zmiany w funkcjonowaniu pacjenta na skutek przeprowadzonej interwencji/leczenia [8]. W związku z tym narzędzie to nie wymaga procesu walidacji, a co za tym idzie spełnienia – kryteriów jakościowych. W niniejszym badaniu każdy uczestnik badania został zapytany o ocenę słyszenia w porównaniu do stanu sprzed operacji oraz ocenę ogólnej jakości życia w porównaniu do stanu sprzed operacji. Odpowiedzi były udzielane z wykorzystaniem 7-stopniowej skali.

## Kwestionariusz GBI

Jest narzędziem do pomiaru subiektywnych korzyści pacjenta w następstwie interwencji otorynolaryngologicznej [9].

## Piśmiennictwo

- Sacristán JA. Patient-centered medicine and patient-oriented research: improving health outcomes for individual patients. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2013; 13: 6; <https://doi.org/10.1186/1472-6947-13-6>.
- Cox RM, Alexander GC. The abbreviated profile of hearing aid benefit. *Ear Hear*, 1995; 16(2): 176–86; <https://doi.org/10.1097/00003446-199504000-00005>.
- Hojan-Jezińska D. Badania nad efektywnością procedur dopasowania sygnału akustycznego w aparatach słuchowych. Poznań: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Medycznego im. Karola Marcinkowskiego; 2010.
- Sworek K, Furmann A, Hojan E, Hojan-Jezińska D. The Polish version of the APHAB method for young people. *Fortschritte der Akustik*, 2002; 28: 60–1.
- Ratuszniak A, Skarżyński PH, Gos E, Skarżyński H. The Bonebridge implant in older children and adolescents with mixed or conductive hearing loss: audiological outcomes. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2019; 118: 97–102; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2018.12.026>.
- Król B, Cywka KB, Skarżyńska MB, Skarżyński PH. Implantation of the Bonebridge BCI 602 after mastoid obliteration with S53P4 bioactive glass: a safe method of treating difficult anatomical conditions: preliminary results. *Life (Basel)*, 2021; 11(5); <https://doi.org/10.3390/life11050374>.
- Hearing Aid Research Lab (HARL), Abbreviated Profile of Hearing Aid Benefit (APHAB), <https://harlmemphis.org/abbreviated-profile-of-hearing-aid-benefit-aphab>, [dostęp: 23.06.2023].
- Busner J, Targum SD. The clinical global impressions scale: applying a research tool in clinical practice. *Psychiatry (Edgmont)*, 2007; 4(7): 28–37.
- Robinson K, Gatehouse S, Browning GG. Measuring patient benefit from otorhinolaryngological surgery and therapy. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1996; 105(6): 415–22.
- Caruso A, Giannuzzi AL, Sozzi V, Sanna M. Bone anchored hearing implants without skin thinning: the Gruppo Otologico surgical and audiological experience. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol*, 2017; 274(2): 695–700; <https://doi.org/10.1007/s00405-016-4305-x>.
- Rigato C, Reinfeldt S, Håkansson B, Jansson K-JF, Hol MKS, Eeg-Olofsson M. Audiometric comparison between the first patients with the transcutaneous bone conduction implant and matched percutaneous bone anchored hearing device users. *Otol Neurotol*, 2016; 37(9): 1381–7; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001183>.
- Besten CA den, Bosman AJ, Nelissen RC, Mylanus EAM, Hol MKS. Controlled clinical trial on bone-anchored hearing implants and a surgical technique with soft-tissue preservation. *Otol Neurotol*, 2016; 37(5): 504–12; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000994>.
- Nelissen RC, Besten CA den, Mylanus EAM, Hol MKS. Stability, survival, and tolerability of a 45-mm-wide bone-anchored hearing implant: 6-month data from a randomized controlled clinical trial. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2016; 273: 105–11; <https://doi.org/10.1007/s00405-015-3593-x>.
- Nelissen RC, Mylanus EAM, Kunst HPM, Pennings RJE, Snik AFM, Hol MKS. A new bone-anchored hearing implant: short-term retrospective data on implant survival and subjective benefit. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol*, 2013; 270(12): 3019–25; <https://doi.org/10.1007/s00405-013-2346-y>.
- Demenko G, Pruszewicz A. Dokumentacja techniczna. Polski test liczbowy i słowny do badania słuchu oraz testy do treningu słuchowego. *Future Voice System*. Poznań; 2011.