

Zmiany głosu i mowy u pacjentów po wszczępieniu systemu implantu ślimakowego. Analiza wybranych danych literaturowych

Changes in the voice and speech in patients after cochlear implantation. Analysis of selected literature

Karol Myszel^{1,5ABCDEF}, Piotr Henryk Skarżyński^{2,3,4,5CDF}

Wkład autorów:

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

¹ Specjalistyczna Praktyka Lekarska Voxmed Karol Myszel, Konin

² Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Warszawa/Kajetany

³ Warszawski Uniwersytet Medyczny, II Wydział Lekarski, Zakład Niewydolności Serca i Rehabilitacji Kardiologicznej, Warszawa

⁴ Instytut Narządów Zmysłów, Kajetany

⁵ Centrum Słuchu i Mowy Medincus, Kajetany

Streszczenie

Wstęp: Głuchota lub głęboki niedosłuch niezależnie od tego, czy pojawia się w okresie prelingwalnym czy postlingwalnym, wywiera negatywny wpływ na społeczne funkcjonowanie pacjenta oraz znacznie pogarsza jakość jego życia. Zastosowanie implantów ślimakowych w leczeniu głuchoty jest metodą pozwalającą na poprawę słuchu do poziomu umożliwiającego swobodną codzienną komunikację oraz uzyskanie istotnej poprawy jakości głosu i mowy.

Cel: Celem niniejszej pracy była analiza wybranych danych literaturowych opisujących wyniki badań prowadzonych w różnych ośrodkach na świecie wśród osób głuchych, u których zastosowano system implantu ślimakowego, w kontekście wpływu wszczępienia implantu na jakość głosu i mowy.

Wnioski: Zastosowanie implantu ślimakowego istotnie poprawia jakość głosu i mowy. Analiza danych pochodzących z wielu ośrodków wskazuje, że po wszczępieniu implantu poprawie ulegają obiektywne i subiektywne parametry głosu oraz jakość mowy. Wartości tych parametrów po implantacji wykazują istotne statystycznie różnice w stosunku do tych samych parametrów przed wszczępieniem implantu.

Słowa kluczowe: głuchota prelingwalna, głuchota postlingwalna, implant ślimakowy, akustyczna ocena głosu, rehabilitacja foniatryczna

Abstract

Introduction: Deafness or deep hypoacusis occurring both in prelingual and postlingual patients, negatively influence a patient's social functions and significantly decreases the quality of life. Cochlear implantation in the treatment of deafness is a method allowing hearing improvement up to the level of an easy everyday communication and achieving a significant improvement of the voice and speech quality.

Purpose: The purpose of this article is the analysis of selected literature data describing the results of studies conducted in many centers worldwide on deaf patients after cochlear implantation, particularly in the aspect of implant influence on the quality of voice and speech.

Results: Cochlear implantation significantly improves the voice and speech quality. A multi-center data analysis shows an important improvement of objective and subjective voice parameters as well as the quality of speech. The values of the parameters after cochlear implantation show statistically significant changes versus the same parameters before cochlear implantation.

Key words: prelingual deafness, postlingual deafness, cochlear implant, acoustic voice analysis, phoniatric rehabilitation

Adres autora: Karol Myszel, VOXMED Karol Myszel, ul. Wodna 39 lok. 3A, 62-500 Konin,
e-mail: karol@myszel.pl

Skrót	Rozwinięcie w języku oryginalnym	Odpowiednik w języku polskim
MDVP	Multi-Dimension Voice Profile	wieloparametryczna akustyczna analiza głosu
Fo	Fundamental Frequency	częstotliwość podstawowa
vFo	Fundamental Frequency Variation	wskaźnik zmiany częstotliwości podstawowej
vAm	Peak Amplitude Variation	wskaźnik zmiany amplitudy
VTI	Voice Turbulence Index	wskaźnik turbulencji głosu
SPI	Soft Phonation Index	współczynnik dyskretnej fonacji
Jitt	Jitter Percent	procentowy wskaźnik względnej zmienności częstotliwości podstawowej
Shim	Shimmer Percent	procentowy wskaźnik względnej zmiany amplitudy
NHR	Noise-to-Harmonic Ratio	stosunek szumu do sygnału
RAP	Relative Average Perturbation	iloraz średniej zmiany częstotliwości podstawowej
PPQ	Pitch Period Perturbation Quotient	iloraz zmiany okresu częstotliwości podstawowej
SPPQ	Smoothed Pitch Perturbation Quotient	wygładzony iloraz zmian częstotliwości podstawowej
ShdB	Shimmer in decibels	wskaźnik względnej modulacji amplitudy w decybelach
APQ	Amplitude Petrurbation Quotient	procentowy wskaźnik względnej zmiany amplitudy
sAPQ	Smoothed Amplitude Perturbation Quotient	wygładzony iloraz względnej zmiany amplitudy
DUV	Degree of Voiceless	stopień bezgłosu (wyrażony w procentach)
NUV	Number of Voiceless	liczba bezgłosów (wyrażona ilością segmentów bezgłosowych)
FTRI	Fo Tremor Intensity Index	wskaźnik intensywności modulacji (drżenia) częstotliwości podstawowej
ATRI	Amplitude Tremor Intensity Index	współczynnik intensywności modulacji amplitudy

Wstęp

Głuchota całkowita, częściowa lub głęboki niedosłuch to coraz bardziej powszechne problemy współczesnej cywilizacji. W przypadku dzieci zaburzenia te znacznie pogarszają możliwości rozwojowe, poznawcze i szanse edukacyjne [1], w przypadku dorosłych powodują często wykluczenie społeczne, wycofanie z pełnionych ról zawodowych i społecznych [2]. W dużej części przypadków są one przyczyną obniżonego poczucia własnej

wartości, co wpływa negatywnie na ogólny dobrostan pacjenta [3]. Zjawiskiem towarzyszącym głuchocie są także zaburzenia dotyczące komunikacji językowej [1,4–11]. Stosowane dzisiaj metody leczenia, w tym z wykorzystaniem implantów ślimakowych, znacznie poprawiają percepcję słuchową pacjentów, a tym samym zwiększają ich szanse na poprawę zdolności komunikacyjnych i jakości życia [4–6,10–20].

System implantu ślimakowego jest nowoczesną formą protezy słuchowej umożliwiającą pacjentom z głuchotą lub częściową głuchotą, spełniającym kryteria kwalifikacji do wszczęcia implantu, przywrócenie wrażeń słuchowych [12]. Istotą działania implantu ślimakowego jest konwersja energii mechanicznej fali akustycznej na bodźce elektryczne stymulujące zakończenia nerwu słuchowego. Dzięki temu bodźce docierają do kory słuchowej, stwarzając subiektywne wrażenie dźwięku. Implanty ślimakowe są dzisiaj powszechnie stosowane na całym świecie. W Polsce program leczenia głuchoty za pomocą implantów ślimakowych zainicjował prof. H. Skarżyński w 1992 roku, a w wyniku dalszych prac badawczych zespołu Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu w Warszawie, kierowanego przez prof. H. Skarżyńskiego, i współpracy z czołowymi ośrodkami na całym świecie w latach 1992–1997 powstał Polski Program Implantów Ślimakowych [21].

Słuch jest zmysłem niezbędnym do kontroli tworzenia własnego głosu (sprzężenie słuchowo-głosowe). Zaburzenia słuchu upośledzają zatem zdolności komunikacyjne pacjenta nie tylko przez fakt upośledzonego odbierania dźwięków z otoczenia (w tym słyszenia i rozumienia ludzkiej mowy), lecz także poprzez współistniejące zaburzenia głosu i mowy. Dlatego też wielu naukowców na całym świecie prowadzi badania mające na celu ocenę wpływu zastosowania implantu ślimakowego na parametry głosu poprzez poprawę kontroli fonacji przez pacjenta [4–6,14,15,17].

Zaburzenia głosu występujące u osób niedosłyszących, powstające wskutek zaburzonej kontroli słuchowej głosu, nazywane są dysfonią audiogenną. Celem zastosowania implantu ślimakowego jest zatem zarówno możliwość odbierania dźwięków, jak i poprawa możliwości komunikowania się pacjenta z otoczeniem, także w aspekcie jakości jego głosu i mowy [21]. Może to mieć istotny wpływ także na psychologiczne aspekty funkcjonowania pacjenta, w tym na poczucie własnej wartości, zdolności socjalizowania się i funkcjonowania w otoczeniu. Poprawa funkcji komunikacyjnych usprawnia funkcjonowanie społeczne nie tylko samych pacjentów, których problem dotyczy, lecz także ma istotny wpływ na życie ich rodziny. Zabieg wszczęcia implantu ślimakowego i późniejsza rehabilitacja znacznie poprawiają poziom jakości życia rodzin, jakość stosunków interpersonalnych, umożliwiają pełniejsze uczestnictwo pacjentów w życiu kulturalnym i społecznym, przyspieszają rozwój mowy czynnej, zwiększają możliwości uczestniczenia w zajęciach związanych z większą aktywnością fizyczną, umożliwiają pełnienie ról towarzyskich [13].

Najczęstszymi zaburzeniami dotyczącymi głosu i mowy współistniejącymi z głuchotą prelingwalną, czyli powstałą

przed rozwojem mowy, w stosunku do osób z prawidłowym słuchem są:

- a. zmiany w zakresie częstotliwości podstawowej Fo [7,22,23],
- b. zaburzenia parametrów częstotliwościowych i amplitudowych głosu [17,24],
- c. nieprawidłowa realizacja samogłosek [9,22,25],
- d. nosowanie [26,27],
- e. nieprawidłowe ustawianie języka [28],
- f. zaburzenia czynności krtani [24].

W przypadku głuchoty postlingwalnej, czyli powstałej po okresie rozwoju mowy, najczęstszymi zaburzeniami są:

- a. zmiany dotyczące częstotliwości podstawowej głosu Fo [8,29],
- b. nosowanie [29],
- c. zaburzenia artykulacji [8,29],
- d. nieprawidłowe ustawianie języka [30],
- e. zaburzenia parametrów częstotliwościowych i amplitudowych głosu [17,24].

Cel pracy

Celem niniejszej pracy jest analiza wybranych danych literaturowych opisujących zmiany parametrów głosu i mowy u pacjentów po wszczępieniu systemu implantu ślimakowego w stosunku do elementów charakteryzujących głos i mowę przed wszczępiem.

Materiał i metoda

Materiał stanowią publikacje wyszukane przy użyciu słów kluczowych: implant ślimakowy, zmiany głosu, głuchota prelingwalna, głuchota postlingwalna, parametry akustyczne głosu. Używano polskich i angielskich słów kluczowych. Publikacje [1–32] zostały wyszukane przy użyciu baz danych, między innymi: PubMed, Web of Science, Scopus, system Biblioteki Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego Polon. W analizowanych danych odnaleziono 32 artykuły (9 polskojęzycznych i 23 anglojęzyczne). Po analizie wyszukanych publikacji w dyskusji omówione zostały tylko te, które zawierały komponenty tematu niniejszego manuskryptu. Odrzucono prace, które zawierały na przykład badania prowadzone na niewielkiej grupie pacjentów.

Dyskusja

Campisi i wsp. [17] przeprowadzili analizę głosu u 21 dzieci po wszczępieniu systemu implantu ślimakowego (15 z głuchotą prelingwalną i 6 z głuchotą postlingwalną). Za pomocą systemu Computerized Speech Laboratory (Kay Elemetrics) analizowali głosy przed implantacją, bezpośrednio po aktywacji systemu implantu ślimakowego oraz 2 i 6 miesięcy po wszczępieniu. Do badania zakwalifikowano tylko te dzieci, u których wcześniej wykluczono zaburzenia dotyczące budowy i funkcji krtani oraz nieumiejętność wykonania niezbędnej do badań akustycznych głosu, przedłużonej fonacji samogłoski „a”. Analiza parametrów akustycznych głosu wykonana za pomocą MDVP (ang. *Multi Dimensional Voice Program*) przed wszczępieniem systemu implantu ślimakowego wykazała głównie zaburzenia polegające na zwiększeniu

wskaźnika zmiany częstotliwości podstawowej vFo oraz wzrost wskaźnika zmiany amplitudy vAm (cechy charakteryzujące głos niestabilny). Średnia wartość wskaźnika zmiany częstotliwości podstawowej Fo w grupie badanej przed wszczępieniem implantu wynosiła 2,81% (norma 1,75% +/- 0,08%), podczas gdy średnia wartość wskaźnika zmiany amplitudy wynosiła 23,58% (norma 15,1 +/- 0,77%). Zbadano też średnie wartości częstotliwości podstawowej Fo a także wskaźniki krótkookresowej zmiany częstotliwości (jitter) i amplitudy (shimmer). W badaniach uzyskanych po wszczępieniu implantu ślimakowego dzięki analizie MDVP wykazano, że wskaźnik zmiany częstotliwości podstawowej vFo wykazywał tendencję do normalizacji ($p = 0,007$), szczególnie w okresie 2 i 6 miesięcy od aktywacji implantu, choć w stopniu mniejszym niż poprawa wskaźnika zmiany amplitudy ($p = 0,08$). Wskaźnik zmiany amplitudy vAm uległ istotnemu statystycznie obniżeniu (większa stabilność głosu). W przypadku tych dwóch parametrów nie uzyskano istotnych różnic pomiędzy grupą dzieci z głuchotą prelingwalną w stosunku do dzieci z głuchotą postlingwalną – w obu podgrupach wyniki były podobne.

Evans i Deliyski [24] przebadali grupę pacjentów z głuchotą prelingwalną przed wszczępieniem i 6 miesięcy po wszczępieniu systemu implantu ślimakowego. Przed implantacją stwierdzano u pacjentów odchylenia w zakresie obiektywnych i subiektywnych cech głosu i mowy. W zakresie parametrów obiektywnych stwierdzano zaburzenia dotyczące: a) częstotliwości podstawowej Fo, b) wskaźnika krótkookresowej zmiany częstotliwości jitter, c) wskaźnika krótkookresowej zmiany amplitudy shimmer, d) stosunku szumu do składowych harmonicznym NHR, e) wskaźnika turbulencji głosu VTI, f) wskaźnika miękkiej fonacji SPI, g) wskaźnika zmienności amplitudy vAm , h) wskaźnika zmienności częstotliwości podstawowej vFo oraz i) realizacji samogłosek. W zakresie parametrów subiektywnych ocenie poddano: a) wysokość głosu, b) zmienność wysokości głosu, c) zmienność głośności, d) zmienność tempa mowy oraz e) zmienność intonacji. Do badań użyto analizy akustycznej głosu. W badaniu wykorzystano aparaturę Computerized Speech Lab (CSL) Model 4400 (KayPENTAX) z opcją MSP (ang. *Motor Speech Profile*) oraz MDVP oraz Nasometer II Model 6400 (KayPENTAX). Analizie poddano próbki głosu uzyskane podczas wydłużonej fonacji głoski „a”, w trakcie czytania oraz podczas mowy spontanicznej. Uzyskane wyniki badań wykazały tendencję do obniżenia się częstotliwości podstawowej głosu Fo u wszystkich badanych osób. Zmiana tego parametru była jednak różnie nasiloną, zależnie od tego, czy osoba badana posługiwała się wcześniej językiem migowym, czy też używała jakiegokolwiek formy komunikacji werbalnej przed wszczępieniem systemu implantu ślimakowego. U osób posługujących się językiem migowym odnotowano spadek Fo głównie podczas wydłużonej fonacji samogłosek, natomiast u osób posługujących się jakąkolwiek formą komunikacji werbalnej przed implantacją. Obniżenie Fo obserwowano głównie podczas mowy spontanicznej po zastosowaniu implantu ślimakowego [24]. Głos pacjentów po wszczępieniu implantów ślimakowych stawał się bardziej stabilny, obniżeniu uległy parametry jitter, shimmer oraz VTI. U wszystkich badanych osób odnotowano także zmiany w zakresie nosowania.

Zanotowano tendencję do zmniejszania się stopnia nosowania. Te obserwacje są zbliżone z wynikami uzyskanymi przez Fletcher i wsp. [26].

Hocevar-Boltezar, Vatovec, Gros i Zargi [31] przeprowadzili podobne badania na grupie 31 dzieci w wieku 2,5–13 lat z głuchotą prelingwalną, badając akustyczne parametry głosu systemem MDVP (Kay Elemetrics Corp., USA) podczas wydłużonej fonacji głoski „a” przed wszczęciem implantu ślimakowego oraz w okresie 6, 12 i 24 miesięcy po operacji. Analizowali głównie parametry takie jak: a) częstotliwość podstawowa Fo, b) jitter, c) shimmer oraz d) wskaźnik hałasu do składowych harmonicznym NHR. Dodatkowo powyższe parametry poddano porównaniu w odniesieniu do dwóch grup: a) dzieci zaimplantowanych przez 4 rokiem życia i b) dzieci zaimplantowanych po 4 roku życia. Uzyskano następujące wyniki: a) nie zaobserwowano istotnych statystycznie zmian w zakresie częstotliwości podstawowej Fo, b) odnotowano istotną poprawę w parametrze jitter ($p = 0,006$) już w okresie 6 miesięcy od wszczęcia implantu, c) zaobserwowano poprawę parametru shimmer ($p = 0,013$) także już 6 miesięcy po operacji, d) stwierdzono wyraźną poprawę parametru NHR w okresie 24 miesięcy od operacji ($p = 0,013$). Ponadto u dzieci, którym wszczęto implant przed 4 rokiem życia, stwierdzono: a) znaczącą poprawę w zakresie parametru jitter ($p = 0,003$) i shimmer ($p = 0,004$) już w 6 miesięcy po implantacji oraz poprawę parametru NHR ($p = 0,021$) w 12 miesięcy po implantacji. W grupie dzieci implantowanych po 4 roku życia stwierdzono jedynie istotną zmianę częstotliwości podstawowej Fo ($p = 0,045$) w 12 miesięcy po operacji oraz parametru shimmer ($p = 0,017$) w 24 miesiące po implantacji. Na podstawie uzyskanych wyników badacze sformułowali następujące wnioski: a) wszczęcie implantu ślimakowego poprawia zdolność pacjenta do kontroli wysokości oraz natężenia głosu, b) analiza parametrów jitter oraz shimmer może być dobrym narzędziem do wczesnej oceny poprawy kontroli fonacji, nawet u małych dzieci, c) dzieci zaimplantowane przed 4 rokiem życia rozwijają zdolność do kontroli własnego głosu szybciej i w większym zakresie, niż dzieci zaopatrzone w implant ślimakowy po 4 roku życia. Podobne wnioski na podstawie swoich badań sformułowali także Holler oraz Campisi i wsp. w swoich badaniach [32].

W badaniach przeprowadzonych przez Kishon-Rabin i wsp. [19] oceniano wpływ wszczęcia wielokanałowego implantu ślimakowego na głos pacjentów z głuchotą postlingwalną. Parametry akustyczne głosu mierzono w okresie 1, 6 i 24 miesięcy po wszczęciu. Odnotowano przede wszystkim wyraźne obniżenie częstotliwości podstawowej Fo. Zauważono także, że szybkość, z jaką głos ulegał poprawie, zależała w tej grupie pacjentów od czasu po implantacji, wieku, w którym wystąpiła głuchota postlingwalna, czasu, jaki upłynął między momentem wystąpienia głuchoty a wszczęciem implantu, oraz indywidualnych predyspozycji i percepcji pacjentów.

Szkiełkowska, Maniecka-Aleksandrowicz, Dolecki [10] przebadali grupę dzieci po wszczęciu systemu implantu ślimakowego poddanych wybranym metodom rehabilitacji głosu. Grupa badana obejmowała 40 dzieci z głuchotą prelingwalną podzielonych na dwie podgrupy wiekowe

3–6 r.ż. oraz 7–12 r.ż. Przed wszczęciem implantu ślimakowego głos dzieci poddano analizie akustycznej z wykorzystaniem systemu SONO-LAB firmy Young Digital Poland oraz systemu analizy głosu CSL-KAY model 4300B. Po półrocznej rehabilitacji następującej po wszczęciu systemu implantu ślimakowego obserwowano zmiany w zakresie obiektywnych akustycznych parametrów głosu, co wyraźnie korelowało z subiektywną poprawą jakości głosu u dzieci. W ramach rehabilitacji stosowano między innymi: a) ćwiczenia relaksacyjne i oddechowe, b) trening słuchowy, c) ćwiczenia poprawiające motorykę podniebienia, d) ćwiczenia eliminacji twardego ataku, e) ćwiczenia natężenia, f) ćwiczenia zmierzające do wydłużenia czasu fonacji, g) ćwiczenia metodą akcentów Kotby'ego, h) ćwiczenia manipulacyjne na krtani. Dobór stosowanych ćwiczeń u poszczególnych pacjentów zależał od możliwości osobniczych, wieku oraz stopnia rozwoju mowy dziecka. Do głównych obserwowanych cech głosu dzieci przed wszczęciem implantu należały: a) matowość i bezzwyciężność głosu z odcieniem nosowym, b) chuchające nastawienie głosu, c) małe natężenie oraz d) zwężony zakres głosu. Te cechy znajdowały odzwierciedlenie w obiektywnych akustycznych parametrach głosu. Obserwowano nieprawidłowości w zakresie parametrów określających częstotliwość, amplitudę, określających tremor głosu oraz opisujących nieregularności głosu. Sześć miesięcy po wszczęciu implantu oraz stosowaniu rehabilitacji zaobserwowano istotne zmiany głosu. Odnotowano wyraźne wydłużenie czasu fonacji, zwiększenie natężenia głosu, poszerzenie zakresu głosu. Głos po tym okresie tworzony był w sposób party o twardym nastawieniu. Co więcej, zaobserwowano wyraźną korelację pomiędzy subiektywnymi cechami głosu oraz poprawą jego obiektywnych akustycznych parametrów. Poprawie uległy takie parametry, jak: a) Jitt, RAP, PPQ, SPPQ, VFo, czyli parametry opisujące częstotliwość, b) ShdB, Shim, APQ, SAPQ, vAm, czyli parametry opisujące amplitudę, c) DUV, NUV, czyli parametry opisujące nieregularności w głosie, d) FTRI, ATRI, czyli parametry opisujące tremor głosu.

Kosztyła-Hojna, Rogowski i wsp. [18] oceniali jakość głosu i mowy u osób z głuchotą w dwóch grupach: osób z głuchotą prelingwalną oraz postlingwalną przed zastosowaniem implantu ślimakowego oraz po jego wszczęciu. W grupie badanych pacjentów znalazło się 14 osób. Każdy z nich został poddany badaniu stroboskopowemu krtani, ocenie jakości głosu i mowy. U wszystkich pacjentów stwierdzono cechy dysfonii z niewielką przewagą dysfonii hiperfunkcjonalnej w grupie pacjentów prelingwalnych, oraz dysfonii hipofunkcjonalnej w grupie postlingwalnej. W badaniach wykonanych po wszczęciu implantu ślimakowego stwierdzono poprawę jakości głosu i mowy. Głos uległ poprawie głównie w zakresie parametrów akustycznych określających zmienność amplitudy (shimmer) oraz częstotliwości (jitter). W obu grupach odnotowano także znaczną poprawę jakości życia pacjentów, którą oceniano za pomocą ankiet.

W innym badaniu Kosztyła-Hojna i wsp. [11] objęli badaniem grupę 21 osób dorosłych z głuchotą prelingwalną i postlingwalną. Przed wszczęciem implantu u pacjentów prelingwalnych stwierdzili zaburzenia motoryki narządów artykulacyjnych, rejestrując zaburzoną artykulację

samogłosek i spółgłosek. Po implantacji odnotowali natomiast znaczną poprawę artykulacji. U pacjentów postlingwalnych po implantacji stwierdzili z kolei prawidłowość składni i fleksji, poszerzenie zasobu słownictwa czynnego oraz istotną poprawę elementów prozodycznych mowy. Przywrócenie badanym pacjentom zdolności słuchowych oraz kontroli słuchowej głosu spowodowało wyraźną poprawę w zakresie zarówno głosu, jak i mowy.

Wnioski

W niniejszej pracy przytoczono jedynie wybrane badania, jednakże ich wyniki wykazują bardzo dużą zbieżność z wynikami badań prowadzonych przez innych autorów wymienionych w bibliografii [1–32]. Analiza wszystkich tych doniesień literaturowych z różnych ośrodków na całym świecie skłania do wyciągnięcia następujących wniosków:

1. Zastosowanie systemu implantu ślimakowego u osób z głuchotą prelingwalną i postlingwalną umożliwia przywrócenie kontroli słuchowej głosu i poprawia parametry akustyczne głosu i jakość mowy w stosunku do okresu sprzed zastosowania implantu.
2. W obiektywnej akustycznej ocenie głosu po wszczępieniu implantu zauważa się głównie poprawę parametrów opisujących częstotliwość, amplitudę, nieregularności

w głosie oraz tremor (drżenie głosu), a wśród nich szczególnie: obniżenie częstotliwości podstawowej F_0 , zmniejszenie stopnia zmienności częstotliwości głosu vF_0 , poprawę w zakresie parametrów jitter, shimmer, poprawę wskaźnika NHR, zmniejszenie wskaźnika turbulencji głosu (VTI) oraz zmniejszenie stopnia nosowania.

3. Wszczępienie implantu ślimakowego poprawia jakość mowy, jakość artykulacji oraz przyczynia się do poszerzenia zakresu słownictwa czynnego i poprawy elementów prozodycznych mowy.
4. W przypadku dzieci głuchych lepsze i szybsze efekty w zakresie poprawy jakości głosu oraz zdolności rozwoju mowy uzyskuje się, stosując wszczep ślimakowy przed 4 rokiem życia dziecka.
5. Znacznie szybsze i lepsze efekty w zakresie poprawy jakości głosu i mowy uzyskuje się po zastosowaniu kompleksowej rehabilitacji foniatrycznej w okresie po wszczępieniu implantu ślimakowego.
6. Analiza wskaźnika krótkookresowych zmian częstotliwości (jitter) oraz wskaźnika krótkookresowych zmian amplitudy (shimmer) może stanowić wiarygodne narzędzie do wczesnej oceny poprawy kontroli fonacji, także u dzieci.
7. Zastosowanie systemu implantu ślimakowego znacznie poprawia jakość życia pacjentów poprzez poprawę możliwości słuchowych oraz jakości głosu i mowy.

Piśmiennictwo:

1. Szkielkowska A, Skarżyński H, Piotrowska A, Lorens A, Szuchnik J. Postępowanie u dzieci ze wszczepami ślimakowymi. *Otorynolaryngologia*, 2008; 7(3): 121–28.
2. Frieske KW. Marginalność i procesy marginalizacji. Warszawa: Instytut Pracy i Spraw Socjalnych, 1999.
3. Wójcik M. Wybrane aspekty społecznego funkcjonowania młodzieży niesłyszącej i słabo słyszącej. Kraków: Oficyna Wydawnicza IMPULS, 2008.
4. Monini S, Banci G, Barbara M, Argiro MT, Filipo R. Clarion cochlear implant: short-term effects on voice parameters. *Am J Otol*, 1997; 18(6): 719–25.
5. Manning WH, Moore JN, Dunham MJ, Lu FL, Domico E. Vowel production in a prelinguistic child following cochlear implantation. *J Am Acad Audiol*, 1992; 3(1): 16–21.
6. Seifert E, Oswald M, Bruns U, Vischer M, Kompis M, Haessler R. Changes of voice and articulation in children with cochlear implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2002; 66(2): 115–23.
7. Stathopoulos ET, Duchan JF, Sonnenmeier RM, Bruce NV. Intonation and Pausing in Deaf Speech. *Folia Phoniatri Logop*, 1986; 38(1): 1–12.
8. Lane H, Webster JW. Speech deterioration in postlingually deafened adults. *J Acoust Soc Am*, 1991; 89(2): 859–66.
9. Monsen RB. Voice quality and speech intelligibility among deaf children. *Am Ann Deaf*, 1983; 128(1): 12–19.
10. Szkielkowska A, Maniecka-Aleksandrowicz B, Dolecki J. Rehabilitacja głosu dzieci z implantami ślimakowymi. *Audiofonologia*, 1999; 15: 132–39.
11. Koszyła-Hojna B, Moskal D, Kasperuk J, Falkowski D, Rutkowski R. Ocena mowy i zaburzeń językowych u chorych z implantem ślimakowym – doniesienie wstępne. *Pol Merkuriusz Lek*, 2010; 27(171): 187–93.
12. House WF. Cochlear implants. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1976; 85(Suppl 27): 1–93.
13. Mocarska D, Kędzia A, Wójcik R, Golusińska B. Wpływ wszczępienia implantu ślimakowego a jakość życia dziecka i jego rodziny. *Now Lek*, 2013; 82(3): 208–14.
14. Perrin E, Berger-Vachon C, Topouzkhanian A, Truy E, Morgan A. Evaluation of cochlear implanted children's voices. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 1999; 47(2): 181–86.
15. Szyfter W, Pruszewicz A, Woznica B, Swidzinski P, Szymiec E, Karlik M. The acoustic analysis of voice in patients with multi-channel cochlear implant. *Rev Laryngol - Otol - Rhinol*, 1996; 117(3): 225–27.
16. Higgins M, McCleary EA, Shulte L. Altered phonatory physiology with short-term deactivation of children's cochlear implants. *Ear Hear*, 1999; 20(5): 426–38.
17. Campisi P, Low A, Papsin B, Mount R, Cohen-Kerem R, Harrison R. Acoustic analysis of the voice in pediatric cochlear implant recipients: a longitudinal study. *The Laryngoscope*, 2005; 115(6): 1046–50.
18. Koszyła-Hojna B, Rogowski M, Kasperuk M, Rutkowski R, Ryćko P. Analiza jakości głosu i mowy u pacjentów z implantem ślimakowym – doniesienie wstępne. *Pol Merkuriusz Lek*, 2009; 27(160): 305–10.
19. Kishon-Rabin L, Taitelbaum R, Tobin Y, Hildesheimer M. The effect of partially restored hearing on speech production of postlingually deafened adults with multichannel cochlear implants. *J Acoust Soc Am*, 1999; 106(5): 2843–57.
20. Urban I, Skarżyński PH. Zastosowanie nowych technik w diagnostyce, terapii i rehabilitacji osób z wadą słuchu. *Logop Silesiana*, 2015; 4: 113–39.
21. Skarżyński H. Idea implantu ślimakowego. *Otolaryngol Pol*, 1994; 48(Supl 15): 9–12.

22. Boone DR. Modification of the voices of deaf children. Alexander Graham Bell Association for the Deaf, 1966.
23. Pruszewicz A, Demenko G, Wika T. Variability analysis of Fo parameter in the voice of individuals with hearing disturbances. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 1993; 113(3): 450–54.
24. Evans MK, Deliyski DD. Acoustic voice analysis of prelingually deaf adults before and after cochlear implantation. *J Voice*, 2007; 21(6): 669–82.
25. Angelocci A, Kopp G, Holbrook A. The vowel formants of deaf and normal-hearing eleven-to-fourteen years old boys. *J Speech Hear Disord*, 1964; 29: 156–70.
26. Fletcher SG, Mahfuzh F, Hendarmin H. Nasalance in the speech of children with normal hearing and children with hearing loss. *Am J Speech Lang Pathol*, 1999; 8(3): 241–48.
27. Lock RB, Seaver EJ. Nasality and velopharyngeal function in five hearing impaired adults. *J Commun Disord*, 1984; 17(1): 47–64.
28. Tye-Murray N. The establishment of open articulatory postures by deaf and hearing talkers. *J Speech Hear Res*, 1991; 34(3): 453–59.
29. Leder SB, Spitzer JB. A perceptual evaluation of the speech of adventitiously deaf adult males. *Ear Hear*, 1990; 11(3): 169–75.
30. Zimmermann G, Rettaliata P. Articulatory patterns of an adventitiously deaf speaker: implications for the role of auditory information in speech production. *J Speech Hear Res*, 1981; 24(2): 169–78.
31. Hocevar-Boltezar I, Vatovec J, Gros A, Zargi M. The influence of cochlear implantation on some voice parameters. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2005; 69(12): 1635–40.
32. Holler T, Campisi P, Allegro J, Chadha NK, Harrison RV, Papsin B i wsp. Abnormal voicing in children using cochlear implants. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 2010; 136(1): 17–21.