

## Wpływ implantacji ślimakowej na narząd przedsionkowy – artykuł przeglądowy

## The influence of cochlear implantation on vestibular organ – review article

Magdalena Sosna<sup>1,2,3ABDEFG</sup>, Grażyna Tacikowska<sup>2,3E</sup>, Henryk Skarżyński<sup>1,2E</sup>,  
Piotr H. Skarżyński<sup>1,2,4,5E</sup>

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

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

<sup>3</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Zakład Otoneurologii, Warszawa/Kajetany

<sup>4</sup> Instytut Narządów Zmysłów, Kajetany

<sup>5</sup> Warszawski Uniwersytet Medyczny, II Wydział Lekarski, Zakład Niewydolności Serca i Rehabilitacji Kardiologicznej, Warszawa

### Wkład autorów:

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

### Streszczenie

**Cel pracy:** W miarę poszerzania wskazań do implantacji ślimakowej (częściowa głuchota, jednostronna głuchota, implantacje u osób starszych, obustronne implantacje ślimakowe) ochrona funkcji i struktury błędnika stała się sprawą niezwykle ważną. Praca przedstawia przegląd dostępnej literatury anglojęzycznej, dotyczącej możliwego wpływu implantacji ślimakowej na narząd przedsionkowy u osób dorosłych. Omawia również możliwe przyczyny przetrwałych zawrotów głowy i zaburzeń równowagi, z jakimi może spotkać się klinicysta u pacjentów po implantacji ślimakowej.

**Materiał i metody:** Przegląd piśmiennictwa anglojęzycznego od 1990 do 2018 r., dotyczącego wpływu implantacji ślimakowej u osób dorosłych na narząd przedsionkowy i układ równowagi.

**Wyniki:** Zaburzenia przedsionkowe nie należą do rzadkich powikłań operacji wszczepienia implantu ślimakowego. Zdecydowana większość z nich występuje tylko w okresie pooperacyjnym, jest wynikiem krótkotrwałego zaburzenia homeostazy ucha wewnętrznego, ustępuje samoistnie i nie wymaga większych interwencji. Niekiedy utrzymujące się objawy błędnikowe są wskazaniem do rewizji operacyjnych lub też innych działań terapeutycznych, takich jak manewry uwalniające, rehabilitacja przedsionkowa, które to interwencje wykazują dużą skuteczność i na ogół eliminują uciążliwe objawy.

**Wnioski:** Każdy pacjent przed podjęciem decyzji i podpisaniem zgody na operację powinien zostać skrupulatnie poinformowany o jej możliwym wpływie na narząd równowagi. Szczególnej uwagi wymagają osoby starsze, pacjenci ze współistniejącymi chorobami błędnika oraz kandydaci do obustronnej implantacji ślimakowej.

**Słowa kluczowe:** implant ślimakowy • częściowa głuchota • łagodne napadowe położeniowe zawroty głowy • dostęp przez okienko okrągłe • kochleostomia • odroczone wodniak błędnika

### Abstract

**Aim:** Nowadays, as we broaden the indications for cochlear implantation (partial deafness, unilateral deafness, cochlear implantation in elderly, bilateral cochlear implantation), the protection of the vestibular function and structure has become the crucial issue. The article presents the review of the literature, concerning the influence of cochlear implantation on vestibular function. It describes also probable reasons for persistent dizziness and balance disorders, which every clinician consulting the patients after cochlear implantation may face with.

**Materials and methods:** The review of English literature (between 1990-2018) about the impact of cochlear implantation on vestibular function in adult recipients.

**Adres autora:** Magdalena Sosna, Światowe Centrum Słuchu, ul. Mokra 17, Kajetany, 05-830 Nadarzyn,  
e-mail: m.sosna@ifps.org.pl

**Results:** Vestibular disorders are not rare complications of cochlear implantation procedure. They are mostly transient and in early postoperative period, being the consequence of short disturbances in inner ear fluid homeostasis and do not demand any further treatment. Sometimes they require additional therapeutic steps like vestibular rehabilitation or repositioning maneuvers, which are effective and eliminate persistent symptoms.

**Conclusions:** Every patient should be informed about possible vestibular complications before signing an informed preoperative consent. Special care should be taken while concerning the cochlear implantation among: elderly patients, those with preexisting vestibular disorders and candidates for bilateral cochlear implantation.

**Key words:** cochlear implant • partial deafness • BPPV (benign paroxysmal positional vertigo) • RWA (round window approach) • cochleostomy • DEH (delayed endolymphatic hydrops)

## Wstęp

W ciągu ostatnich lat wskazania do implantacji ślimakowej znacznie poszerzyły się. Obecnie kandydatami do tej procedury są osoby z częściową głuchotą [1–3], jednostronną głuchotą [4,5] czy osoby po 65. roku życia [6,7]. Również obustronna implantacja ślimakowa, umożliwiająca lepszą lokalizację dźwięku i rozumienie mowy w hałasie, staje się coraz popularniejsza [8]. Należy pamiętać, że każde z tych wskazań może mieć ograniczenia w finansowaniu ze środków publicznych. Dlatego płatnicy w różnych systemach opieki zdrowotnej mogą stosować ograniczenia do poszczególnych wskazań. Celem poniższego opracowania jest przeanalizowanie dostępnej literatury, w której autorzy opisują wpływ wszczepienia implantu ślimakowego na narząd równowagi u osób dorosłych.

## Material i metody

Publikacji wyszukiwano za pomocą baz literaturowych (PubMed, Web of Science, Scopus) oraz haseł kluczowych: influence of cochlear implantation on vestibular function, vestibular function/ vestibular disorders/ vestibular impairment/ vestibular dysfunction/ dizziness/ vertigo/ balance after cochlear implantation. W wyniku wyszukiwania uzyskano 110 pozycji. Z listy wykluczono prace pogładowe, prace z liczbą przypadków mniejszą niż 10 pacjentów, bez odpowiednich zgód komisji bioetycznych, zawierające bardzo powierzchowne informacje o temacie pracy oraz te bez informacji o zastosowanych technikach chirurgicznych. Do ostatecznego przeglądu włączono 45 publikacji.

## Wyniki

Wpływ implantacji ślimakowej na narząd przedsionkowy jest zagadnieniem niezwykle złożonym. Można go rozpatrywać w kontekście procedury potencjalnie traumatyzującej błędnik. Nie brakuje też doniesień wskazujących na poprawę równowagi po zabiegu, w których postuluje się możliwą kostymulację włókien nerwu przedsionkowego [9] czy też usprawnienie procesu kompensacji ośrodkowej (lepsza orientacja w przestrzeni dzięki przywróceniu zmysłu słuchu, poprawa jakości życia, większa aktywność fizyczna) [10,11].

W diagnostyce otoneurologicznej kompleksowa ocena błędnika wymaga wykonania co najmniej kilku badań. Co więcej, nawet po wykonaniu całej baterii testów otoneurologicznych nie można mówić o pełnej korelacji między oceną instrumentalną narządu równowagi a zgłaszanymi przez pacjentów objawami. Wiele patologii błędnika jest objawowych, mimo braku istotnych nieprawidłowości lub różnic w stosunku do badania przedoperacyjnego

w badaniach instrumentalnych (cVEMP, oVEMP, vHIT, próba kaloryczna), np. łagodne położeniowe napadowe zawroty głowy, dekompensacja wcześniej istniejącego uszkodzenia narządu przedsionkowego. Inne z kolei mogą powodować objawy przemijające (np. skompensowane uszkodzenie obwodowego narządu przedsionkowego), ale pozostawiać – mimo braku permanentnych objawów – trwałe nieprawidłowości w badaniach instrumentalnych.

Trudności w usystematyzowaniu zagadnienia przysparza fakt, iż wielu pacjentów ma częściowo lub całkowicie uszkodzony obwodowy narząd równowagi jeszcze przed przeprowadzeniem procedury wszczepienia implantu ślimakowego [12].

Objawy przedsionkowe (błędnikowe), rozumiane jako jedno lub kilka z wymienionych odczuć: iluzja ruchu wirowego, wirowanie w głowie, uczucie ściągania, bujania, zapadania, przechylania, popychania, niepewności, oscillopsia, zaburzenia ostrości obrazu w czasie ruchów głową, obejmujące zarówno objawy napadowe o różnym czasie trwania (sekundy, minuty, godziny, dni), jak i permanentne, są jedną z najczęściej zgłaszanych dolegliwości kooperacyjnych u pacjentów implantowanych. Zaproponowano wiele kryteriów czasowych, odnoszących się do momentu pojawienia się dolegliwości przedsionkowych, licząc od czasu wszczepienia implantu ślimakowego i czasu ich trwania.

Itó i wsp. [13] podzielili pacjentów z implantami na tych z objawami typu wczesnego (pojawiające się w ciągu dwóch tygodni od implantacji, samoistnie ustępujące), przedłużającymi się (początek w ciągu dwóch tygodni od implantacji, przetrwałe) oraz o opóźnionym początku (pojawiające się najwcześniej dwa tygodnie po operacji). Większość pacjentów należała do pierwszej grupy, najmniej do trzeciej.

Z kolei Zawawi i wsp. [14] uszeregowali zgłaszane dolegliwości jako wczesne (w ciągu pierwszego tygodnia), opóźnione (po pierwszym tygodniu, w ciągu pierwszego roku po implantacji) lub o późnym początku (więcej niż rok po implantacji). Większość pacjentów, u których wystąpiły objawy, należała do grupy drugiej (45,4%).

Fina i wsp. [15] podzielili objawy na wczesne (w ciągu 24 godzin po zabiegu) i o opóźnionym początku (więcej niż 24 godziny po zabiegu), zaznaczając większy procentowy udział pacjentów z objawami błędnikowymi w drugiej grupie.

Kubo i wsp. [16] wyodrębnili zawroty głowy: występujące od razu po implantacji, zanikające w ciągu pierwszego miesiąca; permanentne zawroty głowy oraz napadowe zawroty głowy pojawiające się ponad miesiąc po operacji.

Również według tej klasyfikacji większość pacjentów rozwinęła objawy, przeważająca część w okresie pooperacyjnym, i były one przejściowe.

Podsumowując, według większości doniesień najwięcej objawów błędnikowych pojawia się w ciągu pierwszych tygodni po operacji [13,17–19]. Z kolei długoterminowe i uporczywe zaburzenia równowagi i zawroty głowy po jednostronnej implantacji obserwowane są bardzo rzadko [13,16]. Częstość objawów błędnikowych po implantacji ślimakowej z zastosowaniem dojścia przez kochleostomię została przedstawiona w tabeli 1 oraz tabeli 2.

Wraz z postępem implantologii, stosowaniem dostępu przez okienko okrągłe (ang. *round window approach*, RWA) [26] oraz miękkich elektrod [26,27] zaburzenia błędnikowe występują u coraz mniejszej liczby osób implantowanych. Wyniki mogą się różnić między ośrodkami, bo na to zjawisko wpływają też inne czynniki. Dodatkowo w poszczególnych doniesieniach przyjmowane są

różne kryteria oceny wyników badań otoneurologicznych. Niektórzy autorzy określają jako istotne uszkodzenia obwodowego narządu przedsionkowego już samo obniżenie amplitudy odpowiedzi VEMP bądź podwyższenie jej progu po implantacji ślimakowej. Inni z kolei odnoszą się jedynie do obecności lub utraty odpowiedzi VEMP. W niektórych publikacjach, przy porównywaniu wyniku prób kalorycznych, ocenia się wystąpienie UW (jednostronnego osłabienia), w innych za istotne uznaje się samo obniżenie SPV (prędkość fazy wolnej oczopląsu).

Schody bębienka są naturalnym anatomicznym przedłużeniem okienka okrągłego, stąd też dostęp ten minimalizuje ryzyko wprowadzenia elektrody do przedsionka. Zastąpienie nawiercania (frezą 0,8 mm) kapsuły kostnej mikropunkcją okienka okrągłego za pomocą igły chirurgicznej, zminimalizowanie wycieku perylimfy, stosowanie elektrody znacznie mniej traumatyzującej ucho wewnętrzne (ang. *electrode insertion trauma*, EIT), różna głębokość insercji elektrody, okołoperacyjne podawanie

**Tabela 1.** Częstość objawów przedsionkowych po implantacji ślimakowej (dostęp przez kochleostomię) [13,15–23]  
**Table 1.** Frequency of vestibular symptoms after cochlear implantation (access through cochleostomy) [13, 15-23]

Badanie	Liczba pacjentów z objawami przedsionkowymi po wszczępieniu implantu ślimakowego	Podział objawów przedsionkowych po implantacji ślimakowej ze względu na ich początek i ewentualny czas trwania (podano moment pojawienia się objawów, licząc od momentu operacji)	Okres uwzględniany przy zbieraniu wywiadu (od wszczępienia implantu ślimakowego)
Enticott i wsp. 2006	32,00% (47/146) <sup>1</sup>	-----	39 tygodni
Filipo i wsp. 2006	67,00% (14/21), prospektywnie 35,00% (25/72), retrospektywnie	-----	2 lata 9 lat
Fina i wsp. 2003	39,0% (29/75)	13,79% (4/29) < 24 h 86,20% (25/29) > 24 h	12 miesięcy
Ito i wsp. 1998	47,00% (26/55)	58,00% (15/26) < 2 tygodnie, samoistnie ustępujące 34,00% (9/26) < 2 tygodnie, przetrwały 8,00% (2/26) > 2 tygodnie	-----
Kubo i wsp. 2001	49,00% (46/94)	63,04% (29/46) – wczesne, zanikające w ciągu miesiąca 4,34% (2/46) – permanentne, trwające dłużej niż 6 miesięcy 32,60% (15/46) – o opóźnionym początku, pojawiające się najwcześniej po miesiącu	-----
Todt i wsp. 2008	23,00% (7/30) <sup>2,4</sup> 12,50% (4/32) <sup>3,4</sup>	-----	6–8 tygodni
Krause i wsp. 2009	45,00% (21/47)	52,38% (11/21) – pierwsza doba 28,57% (6/21) – dzień–tydzień 9,52% (2/21) – 1–4 tygodni 4,76% (1/21) – 1–4 miesięcy 4,76% (1/21) – > 6 miesięcy	6 miesięcy
Krause i wsp. 2010	41,00% (13/32)	92,30% (12/13) – < 4 tygodnie 7,69% (1/13) – > 4 tygodnie	2 miesiące
Rah i wsp. 2016	13,60% (12/57)	-----	12 miesięcy

<sup>1</sup> uwzględniano jedynie objawy trwające co najmniej 7 dni

<sup>2</sup> kochleostomia wykonana do przodu od okienka okrągłego

<sup>3</sup> dostęp przez okienko okrągłe uzupełniony zniesieniem wargi okienka i poszerzeniem niszy okienka ku dołowi

<sup>4</sup> wystąpienie objawów przedsionkowych definiowano jako zwiększenie punktacji w DHI po implantacji ślimakowej (*Dizziness Handicap Inventory*)

**Tabela 2.** Częstość uszkodzenia błędnika mierzona różnymi metodami instrumentalnymi (dostęp przez kochleostomię) [9,17–19,22–25]**Table 2.** Frequency of damage to the labyrinth measured by various instrumental methods (access through cochleostomy) [9,17-19,22-25]

	Utrata odpowiedzi cVEMP	Utrata odpowiedzi oVEMP	Redukcja odpowiedzi w próbie kalorycznej	Redukcja gain w trzech kanałach półkolistych w vHIT	Moment wykonania badania (od wszczepienia implantu ślimakowego)
Krause i wsp. 2009	-----	-----	32,00% (12/38) <sup>1</sup>	-----	4 tygodnie
Krause i wsp. 2010	43,00% (6/14) 43,00% (6/14) <sup>3</sup>	-----	50,00% (8/16) <sup>1</sup>	-----	2 miesiące
Migliaccio i wsp. 2005	-----	-----	-----	9,00% (1/11)	4–6 tygodni
Todt i wsp. 2008	50,00% (8/16) <sup>5</sup> 13,00% (3/23) <sup>6</sup>	-----	42,90% (9/30) <sup>1,5</sup> 9,40% (3/32) <sup>1,6</sup>	-----	-----
Buchmann i wsp. 2004	-----	-----	29,00% (8/28) <sup>2</sup>	-----	4 miesiące
Rah i wsp. 2016	-----	-----	9,00% (6/57) <sup>2</sup>	-----	12 miesięcy
Melvin i wsp. 2009	31,25% (5/16) <sup>4</sup>	-----	6,25% (1/16) <sup>2</sup>	3,60% (1/28)	1–2 miesiące

<sup>1</sup> zmiana z prawidłowej odpowiedzi kalorycznej na osłabienie jednostronne (UW) lub zmiana z osłabienia jednostronnego (UW) na areflexie

<sup>2</sup> redukcja SPV

<sup>3</sup> redukcja amplitudy VEMP o więcej niż 50%

<sup>4</sup> utrata odpowiedzi lub podwyższenie progu odpowiedzi VEMP o  $\geq 10$  dBnHL

<sup>5</sup> kochleostomia wykonana do przodu od okienka okrągłego

<sup>6</sup> dostęp przez okienko okrągłe uzupełniony zniesieniem wargi okienka i poszerzeniem niszy okienka ku dołowi

cVEMP – szyjne przedsionkowe miogenne potencjały wywołane

oVEMP – oczne przedsionkowe miogenne potencjały wywołane

vHIT – video Head Impulse Test

vHIT gain – współczynnik określający stosunek prędkości ruchu

głową/prędkości ruchu gałek ocznych w badaniu vHIT

UW – jednostronne osłabienie w próbie kalorycznej

SPV – prędkość wolnej fazy oczopląsu w próbie kalorycznej

**Tabela 3.** Częstość objawów przedsionkowych u pacjentów po implantacji ślimakowej (dostęp przez okienko okrągłe) [19,28–33].**Table 3.** Frequency of vestibular symptoms in patients after cochlear implantation (access through the round window) [19, 28-33]

Badanie	Liczba pacjentów z objawami przedsionkowymi po wszczepieniu implantu ślimakowego	Okres uwzględniany przy zbieraniu wywiadu (od wszczepienia implantu ślimakowego)
Chen i wsp. 2016	11,76% (4/34)	4 tygodnie
Nordfalk i wsp. 2015	7,70% (3/39) <sup>1</sup>	6–8 tygodni
Meli i wsp. 2016	16,00% (4/25) <sup>2</sup>	2 miesiące
Robard i wsp. 2015	48,00% (12/25)	5 miesięcy
Louza i wsp. 2015	37,00% (15/41)	4–6 tygodni
Rah i wsp. 2016	0,00% (0/9)	12 miesięcy
Frodlund i wsp. 2016	15,21% (7/46) <sup>3</sup>	1 miesiąc – 1 rok

<sup>1</sup> uwzględniano jedynie objawy przedsionkowe trwające dłużej niż 24 h albo zwiększenie punktacji w DHI (*Dizziness Handicap Inventory*) o więcej niż 20 w stosunku do wyniku przedoperacyjnego

<sup>2</sup> w tym 6 pacjentów po jednoczasowym obustronnym wszczepieniu implantów ślimakowych

<sup>3</sup> uwzględniano jedynie objawy obecne w okresie od miesiąca do roku po implantacji ślimakowej, wymagające dodatkowych konsultacji otoneurologicznych

dożylnie glikokortykosteroidów to kolejne czynniki wiążące się z potencjalnie większą protekcją błędnika u osób implantowanych.

Częstość objawów błędnikowych po implantacji ślimakowej, w której zastosowano dojsięcie przez okienko okrągłe, została przedstawiona w tabeli 3 oraz tabeli 4.

W niewielu publikacjach autorzy odnoszą się do wpływu implantacji ślimakowej w leczeniu częściowej głuchoty (PDT). Nordfalk i wsp. [29] stwierdzili brak istotnej statystycznie korelacji między grupą pacjentów z wszczepioną elektrodą Flex soft a Flex28, jednak ze względu na niewielką liczbę pacjentów z elektrodą Flex24 nie mogli oni wyciągnąć wniosków odnośnie pooperacyjnej czynności błędnika u osób

**Tabela 4.** Częstość uszkodzenia błędnika mierzona różnymi metodami instrumentalnymi (dostęp przez okienko okrągłe) [19,28–32,34].  
**Table 4.** Frequency of labyrinth damage measured by various instrumental methods (access through the round window) [19, 28-32, 34]

Badanie	Utrata odpowiedzi cVEMP	Utrata odpowiedzi oVEMP/SVV	Redukcja odpowiedzi w próbie kalorycznej	Moment badania (od wszczęcia implantu ślimakowego)
Chen i wsp. 2016	41,67% (10/24)	36,84% (7/19)	93,10% (27/29) <sup>1</sup>	4 tygodnie
Nordfalk i wsp. 2015	46,15% (12/26)	25,92% (7/27) <sup>2</sup>	36,36% (8/22) <sup>3</sup>	6–8 tygodni
Meli i wsp. 2016	76,47% (13/17)	----	12,00% (3/25) <sup>4</sup>	2 miesiące
Robard i wsp. 2015	54,54% (12/22) <sup>5</sup>	-----	72,40% (21/29) <sup>6</sup>	5 miesiące
Louza i wsp. 2015	62,00% (18/29)	-----	27,00% (8/30) <sup>7</sup>	4–6 tygodni
Tsakada i wsp. 2013	0,00% (0/11) 9,00% (1/11) <sup>8</sup>	-----	0,00% (0/11)	minimum 4 tygodnie
Rah i wsp. 2016	-----	-----	0,00% (0/9)	12 miesięcy

<sup>1</sup> redukcja SPV

<sup>2</sup> patologiczne SVV (przechylenie większe niż 3°)

<sup>3</sup> > 25% zmiany w UW

<sup>4</sup> pojawienie się UW w uchu implantowanym

<sup>5</sup> utrata lub zmniejszenie amplitudy odpowiedzi VEMP

<sup>6</sup> pojawienie się UW lub zwiększenie już istniejącego deficytu

<sup>7</sup> utrata odpowiedzi albo redukcja SCV

<sup>8</sup> zmniejszenie amplitudy odpowiedzi VEMP

cVEMP – szyjne przedsionkowe miogenne potencjały wywołane

oVEMP – oczne przedsionkowe miogenne potencjały wywołane

vHIT – video Head Impulse Test

UW – jednostronne osłabienie w próbie kalorycznej

SVV – subiektywne postrzeganie pionu

SPV – prędkość wolnej fazy oczopląsu w próbie kalorycznej

z głębokością insercji elektrody < 405°. Z kolei Louza i wsp. [32], badając pooperacyjną funkcję błędnika po implantacji ślimakowej (głębokość insercji elektrody 276°–707°), nie zauważyli związku między głębokością insercji elektrody a pooperacyjnymi testami otoneurologicznymi.

W doniesieniach dotyczących oceny układu równowagi u pacjentów po jednostronnej implantacji ślimakowej (testy SOT – organizacji somatosensorycznej, mCTSIB – zmodyfikowany kliniczny test organizacji somatosensorycznej i równowagi, test chodu, test chodu tandem, RWA – rytmiczne przeniesienie ciężaru) podkreśla się taką samą [35] albo lepszą [10,11] funkcję układu równowagi po zabiegu.

Większym zagrożeniem wydaje się możliwość obustronnego uszkodzenia błędników i towarzyszących temu zaburzeń równowagi pod postacią oscillopsii w wyniku obustronnej implantacji ślimakowej czy też implantacji ucha z jedynym lub lepiej funkcjonującym błędnikiem. W niewielu publikacjach odnoszących się do tego tematu donoszono o braku istotnej statystycznie różnicy w wynikach pooperacyjnej ankiety DHI (*Dizziness Handicap Inventory*) i częstości objawów błędnikowych między grupą z wszczepionym implantem do ucha z lepiej funkcjonującym błędnikiem a resztą pacjentów [36,37]. Z kolei w publikacji odnoszącej się do obustronnej implantacji ślimakowej wskazuje się istotne statystycznie zwiększenie punktacji w DHI (nasilenie objawów błędnikowych) po drugiej implantacji, bez istotnego statystycznie zwiększenia punktacji po jednostronnej implantacji. W badaniu nie poruszano jednak tematu częstotliwości uszkodzenia błędnika i ewentualnej korelacji ze zgłaszanymi objawami błędnikowymi [38].

Fina i wsp. [15] w swoim badaniu określili czynniki predysponujące do wystąpienia zaburzeń błędnikowych. Są to:

- występowanie przedoperacyjnych zaburzeń przedsionkowych, zwłaszcza choroby Meniere’a,

- wiek pacjenta > 59 r.ż.,
- wystąpienie początków utraty słuchu > 26 r.ż.,
- nieprawidłowości w przedoperacyjnie wykonanej CPD (komputerowa dynamiczna posturografia).

Jako główne przyczyny upośledzenia funkcji obwodowego narządu równowagi u pacjentów po wszczęciu implantu ślimakowego wymienia się:

- labiryntitis (surowicze zapalenie ucha wewnętrznego) wywołane obecnością ciała obcego – elektrody, kontaminacji drobkami kostnymi [15,16],
- śródoperacyjny wpływ perylimfy [15,16],
- przetoka perylimfatyczna [39,40],
- uszkodzenie struktur ucha wewnętrznego w czasie wprowadzania elektrody (ściany bocznej ślimaka, blaszki spiralnej, błony podstawnej, wrzecionka) [41],
- nieprawidłowe wprowadzenie elektrody do przedsionka,
- tworzenie się zrostów, obliteracja, zarastanie ślimaka [41],
- kostymulacja elektryczna elementów narządu przedsionkowego, również ektopowo położonych włókien przedsionkowych [9],
- pooperacyjny wodniak endolimfatyczny związany z zaburzeniem homeostazy płynów po insercji elektrody [15],
- łagodne położeniowe zawroty głowy (ang. *benign paroxysmal positional vertigo*, BPPV) [42,43].

Poniżej przedstawiono opis najczęstszych przyczyn przetrwałych zaburzeń błędnikowych zarówno tych o wczesnym, jak i o opóźnionym początku, z którymi można spotkać się w praktyce klinicznej u pacjentów po implantacji ślimakowej.

### BPPV (łagodne położeniowe zawroty głowy)

Częstość występowania tego powikłania u pacjentów z implantami jest dwukrotnie większa niż populacyjna (64–100 na 100 000/rok) [43]. Istnieją trzy teorie tłumaczące uwolnienie otolitów z następczym przesunięciem

i podrażnieniem narządu osłepkowego u użytkowników implantów:

- wibracje przenoszone w czasie frezowania kości podczas wykonywania tympanotomii tylnej lub ewentualnej kochleostomii [43],
- kawałki frezowanej kości dostające się do ślimaka w czasie kochleostomii (drobinki te mogą przedostawać się przez mikrouszkodzenia błony podstawnej do endolimfy *scala media*, a stamtąd do kanałów półkolistych, przedostawanie się drobinek może być ułatwione przez wprowadzanie elektrody, która sama w sobie może powodować mikropęknięcia błony podstawnej) [42,43]
- stymulacja elektryczna w czasie aktywacji systemu implantu (jako najczęstszy czynnik wywołujący podaje się pierwszą sesję aktywacji) [44].

W doniesieniach literaturowych nie dopatrzono się żadnych czynników predysponujących do wystąpienia BPPV po wszczępieniu implantu w kontekście funkcji przedsionka zbadanej przedoperacyjnie, przyczyny niedosłuchu, płci czy też wieku w trakcie implantacji [42,43,45]. Z przeglądu literatury oraz doświadczeń zespołu otoneurologicznego Instytutu Fizjologii Patologii Słuchu wynika, że zdecydowana większość (ponad 90%) BPPV dotyczy *canalolithiasis* kanału półkolistego tylnego strony operowanej. Rzadziej zdarza się BPPV kanału półkolistego bocznego czy też strony przeciwnej do operowanej [19]. Pacjenci dobrze reagują na manewry repozycyjne (Epleya, Semonta, Gufoniego, Lemperta), a objawy zazwyczaj należą do krótkotrwałych.

### Wypadnięcie funkcji błędnika po stronie operowanej

Uszkodzenie błędnika może następować bezpośrednio w okresie pooperacyjnym lub też być konsekwencją stopniowo postępującej przebudowy oraz zmian dystrybucji przepływu endolimfy w uchu wewnętrznym. W zdecydowanej większości występuje jednak w okresie pooperacyjnym. Ucho wewnętrzne składa się ze starszej filogenetycznie części (*pars inferior*) obejmującej ślimak i woreczek oraz młodszej (*pars superior*) zawierającą w sobie łagiewkę i kanały półkoliste. Obydwie części oddzielone są od siebie przez zastawkę tzw. *membrana limitans*. Anatomiczna budowa ucha wewnętrznego implikuje ryzyko, na które najbardziej narażone są poszczególne części obwodowego narządu przedsionkowego w trakcie operacji, a więc w kolejności malejącej: woreczek, łagiewka i kanały półkoliste.

Badania na kościach skroniowych ujawniły, że wprowadzenie elektrody może powodować uszkodzenie kostnej blaszki spiralnej, błony podstawnej i receptorów przedsionkowych [41]. Inne zmiany histopatologiczne, mogące być następstwem implantacji, a pojawiające się z biegiem czasu to: deformacja błędnika błoniastego woreczka, zarastanie ucha wewnętrznego (fibroza), czasami z kalcyfikacją lub ossyfikacją, powstawanie mikronerwiaków, wtórny wodniak błędnika. Jednocześnie zwracano uwagę, iż błędnik u osób z elektrodą wprowadzoną do scala tympani nie wykazywał powyższych zmian [41]. Z kolei Handzel i wsp. [46] opisywali: wodniaka endolimfatycznego, zapadnięcie błędnika błoniastego woreczka, obliterację

*ductus reuniens*, przewodu ślimakowego, uszkodzenie bocznej ściany ślimaka w znacznej części kości skroniowych z wszczępieniem implantem ślimakowym badanych *post mortem*. Żaden z autorów nie miał jednak możliwości skorelowania obserwowanych zmian z ewentualnymi objawami błędnikowymi.

Do wypadnięcia funkcji błędnika mogą przyczynić się także takie czynniki jak: nieprawidłowe wprowadzenie elektrody, zakażenie okołoperacyjne, wyciek perylimfy (zwłaszcza u pacjentów z malformacjami ucha wewnętrznego; ang. *large vestibuli aqueductus syndrome*, LVAS).

U zdecydowanej większości pacjentów po wypadnięciu czynności błędnika następuje proces ośrodkowej kompensacji. U osób starszych [47], osób z chorobami ośrodkowego układu nerwowego, z wcześniej istniejącą dysfunkcją błędnika, kompensacja może być mniej efektywna i często bywa konieczna rehabilitacja przedsionkowa.

### Odroczony wodniak błędnika

Odroczony wodniak błędnika (ang. *endolymphatic delayed hydrops*, EDH) może, w sposób niezależny od implantacji ślimakowej, rozwinąć się w uchu z głębokim niedosłuchem i być przyczyną objawów błędnikowych zgłaszanych nawet kilkadziesiąt lat po zdiagnozowaniu niedosłuchu czy też operacji wszczępienia implantu ślimakowego. Występuje w formie ipsilateralnej, kontralateralnej oraz bilateralnej [48,49]. Typ ipsilateralny charakteryzuje się głębokim niedosłuchem czuciowo-nerwowym jednostronnym o wczesnym początku, z następczymi objawami błędnikowymi kilka do kilkadziesiąt lat po pojawieniu się niedosłuchu. Szum uszny i uczucie pełności w uchu mogą współistnieć z tymi objawami. W typie kontralateralnym pacjent prezentuje fluktuacyjny i postępujący niedosłuch czuciowo-nerwowy, któremu towarzyszą epizody vertigo w uchu przeciwnym niż to, które zostało dotknięte głębokim niedosłuchem we wczesnym okresie życia. W przypadku typu bilateralnego pacjenci mają objawy błędnikowe poprzedzone obustronnym głębokim niedosłuchem obecnym od lat. Nie ma jednoznacznego stanowiska co do etiologii wodniaka. Wysuwane są postulaty o wirusowym podłożu choroby [48] czy też reakcji autoimmunologicznej. Ze względu na podobieństwo patomechanizmu i objawów do choroby Meniere'a zaleca się podobne leczenie: intratympanalną glikosteroidoterapię, leki moczopędne, leczenie destrukcyjne gentamycyną, neurektomię przedsionkową, operacje worka endolimfatycznego.

### Przetoka perylimfatyczna

W literaturze pojawiają się pojedyncze doniesienia opisujące zawroty głowy u pacjentów implantowanych, inicjowane nagłą zmianą ciśnienia w uchu środkowym z następczą obecnością powietrza w uchu wewnętrznym (*pneumolabyrinth*) w obrazie tomografii komputerowej [39,40]. Istnienie przetoki perylimfatycznej jest opisywane zwłaszcza u pacjentów po kochleostomii, jest ono niezwykle rzadkie, a objawy mogą pojawiać się nawet wiele miesięcy po zabiegu. Stwierdzenie *pneumolabyrinth* i zawrotów głowy może być wskazaniem do rewizji operacyjnej z uszczelnieniem otworu po kochleostomii. W przypadku ustępujących

zawrotów głowy można również obserwować pacjenta z zaleceniem unikania próby Valsalvy.

### Zawroty głowy wywołane głośnymi dźwiękami

Zawroty głowy mogą być wywołane głośnymi dźwiękami (ang. *sound-induced vertigo*, SIV). Rozprzestrzenianie się prądu elektrycznego wzdłuż elektrody implantu może powodować interakcje ze składowymi obwodowego narządu przedsionkowego, zwłaszcza z polami zmysłowymi woreczka i ektopowo położonymi zakończeniami nerwu przedsionkowego [50].

Pacjenci z równoczesną stymulacją układu przedsionkowego mogą zgłaszać zawroty głowy i zaburzenia równowagi, które są czasowo zsynchronizowane z użytkowaniem implantu ślimakowego, a spotęgowane przez przebywanie w hałaśliwym środowisku [51]. Podkreślenia wymaga jednak fakt, iż zjawisko to – zwłaszcza przy stosowaniu współczesnych typów implantów ślimakowych – jest niezwykle rzadko obserwowane w praktyce klinicznej. Hoffman i wsp. [52] raportowali zawroty głowy związane z użytkowaniem implantu jedynie u 0,36% użytkowników implantu. Należy rozważyć taką możliwość u pacjentów zgłaszających objawy błędnikowe po aktywacji implantu ślimakowego, zmianie programu implantu ślimakowego oraz z ewidentnym związkiem czasowym z użytkowaniem implantu.

Kostymulacja włókien nerwu przedsionkowego jest obecnie znacznie częściej rozpatrywana w kontekście usprawnienia funkcjonowania narządu przedsionkowego

i możliwego korzystnego wpływu na równowagę u pacjentów po wszczęciu implantu ślimakowego. Parkes i wsp. [53] udowodnili, iż poprzez stymulację elektryczną elektrody implantu można wywołać cVEMP i oVEMP u pacjentów, u których taka odpowiedź nie jest obecna po podaniu bodźca na przewodnictwo powietrzne, dając tym samym fizjologiczny dowód na istnienie stymulacji włókien nerwu przedsionkowego wskutek działania implantu ślimakowego. Również Coordes i wsp. [51] wykazali, że można wywołać VEMP przy podaniu dźwięku do procesora mowy, przy jednoczesnej okluzji przewodu słuchowego zewnętrznego (w grupie badanej u 4/17, czyli u 15%).

### Wnioski

Zaburzenia przedsionkowe nie należą do rzadkich powikłań operacji wszczęcia implantu ślimakowego. Zdecydowana większość z nich występuje tylko w okresie pooperacyjnym, jest wynikiem krótkotrwałego zaburzenia homeostazy ucha wewnętrznego, ustępuje samoistnie i nie wymaga większych interwencji. Niekiedy utrzymujące się objawy błędnikowe są wskazaniem do rewizji operacyjnych lub też podjęcia innych kroków terapeutycznych, jak chociażby manewry uwalniające, rehabilitacja przedsionkowa, które to interwencje wykazują dużą skuteczność i na ogół eliminują uciążliwe objawy. W niezwykle rzadkich przypadkach objawy przedsionkowe są źródłem ciężkich, upośledzających codzienne funkcjonowanie objawów i nie poddają się leczeniu. Każdy pacjent, zanim podejmie decyzję o zabiegu operacyjnym i podpisze na niego zgodę, powinien zostać dokładnie poinformowany o jego możliwym wpływie na narząd równowagi.

### Piśmiennictwo:

1. Skarzynski H, Lorens A, Dziendziel B, Skarzynski PH. Expanding pediatric cochlear implant candidacy: A case study of electro-natural stimulation (ENS) in partial deafness treatment. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2015; 79(11): 1896–900.
2. Skarzynski H, Lorens A, Piotrowska A, Skarzynski PH. Hearing preservation in partial deafness treatment. *Med Sci Monit*, 2010; 16(11): 555–62.
3. Podskarbi-Fayette R, Pilka A, Skarzynski H. Electric stimulation complements functional residual hearing in partial deafness. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2010; 130(8): 888–96.
4. Skarzynski H, Lorens A, Kruszynska M, Obrycka A, Pastuszak D, Skarzynski PH. The hearing benefit of cochlear implantation for individuals with unilateral hearing loss, but no tinnitus. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2017: 1–10.
5. Finke M, Bönitz H, Lyxell B, Illg A. Cochlear implant effectiveness in postlingual single-sided deaf individuals: what's the point? *Int J Audiol*, 2017; 56(6): 417–23.
6. Skarzynski PH, Olszewski L, Lorens A, Włodarczyk AW, Skarzynski H. Cochlear implantation in the elderly. *Audiol Neurootol*, 2014; 19 Suppl 1: 33–35.
7. Ghiselli S, Nedic S, Montino S, Astolfi L, Bovo R. Cochlear implantation in post-lingually deafened adults and elderly patients: analysis of audiometric and speech perception outcomes during the first year of use. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2016; 36(6): 513–19.
8. Moeller MP, Stille LJ, Hughes ML, Lusk RP. Perceived improvements and challenges following sequential bilateral cochlear implantation in children and adults. *Cochlear Implants Int*, 2018; 19(2): 72–87.
9. Buchman CA, Joy J, Hodges A, Telischi FF, Balkany TJ. Vestibular effects of cochlear implantation. *The Laryngoscope*, 2004; 114(103): 1–22.
10. Parietti-Winkler C, Lion A, Montaut-Verient B, Grosjean R, Gauthard GC. Effects of unilateral cochlear implantation on balance control and sensory organization in adult patients with profound hearing loss. *BioMed Res Int*, 2015; 2015: 621845.
11. Abramides PA, Bittar RSM, Tsuji RK, Bento RF. Caloric test as a predictor tool of postural control in CI users. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2015; 135(7): 685–91.
12. Krause E, Louza JPR, Hempel J-M, Wechtenbruch J, Rader T, Gürkov R. Prevalence and characteristics of preoperative balance disorders in cochlear implant candidates. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 2008; 117(10): 764–68.
13. Ito J. Influence of the multichannel cochlear implant on vestibular function. *Otolaryngol-Head Neck Surg*, 1998; 118(6): 900–902.
14. Zawawi F, Alobaid F, Leroux T, Zeitouni AG. Patients reported outcome post-cochlear implantation: how severe is their dizziness? *J Otolaryngol-Head Neck Surg*, 2014; 43: 49.
15. Fina M, Skinner M, Goebel JA, Piccirillo JF, Neely JG, Black O. Vestibular dysfunction after cochlear implantation. *Otol Neurotol*, 2003; 24(2): 234–42.
16. Kubo T, Yamamoto K, Iwaki T, Doi K, Tamura M. Different forms of dizziness occurring after cochlear implant. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2001; 258(1): 9–12.
17. Krause E, Louza JPR, Wechtenbruch J, Hempel J-M, Rader T, Gürkov R. Incidence and quality of vertigo symptoms after cochlear implantation. *J Laryngol Otol*, 2009; 123(3): 278–82.

18. Krause E, Louza JPR, Wechtenbruch J, Gürkov R. Influence of cochlear implantation on peripheral vestibular receptor function. *Otolaryngol-Head Neck Surg*, 2010; 142(6): 809–13.
19. Rah YC, Park JH, Park JH, Choi BY, Koo J-W. Dizziness and vestibular function before and after cochlear implantation. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2016; 273(11): 3615–21.
20. Enticott JC, Tari S, Koh SM, Dowell RC, O'Leary SJ. Cochlear implant and vestibular function. *Otol Neurotol*, 2006; 27(6): 824.
21. Filipo R, Patrizi M, Gamma RL, D'Elia C, Rosa GL, Barbara M. Vestibular impairment and cochlear implantation. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2006; 126(12): 1266–74.
22. Todt I, Basta D, Ernst A. Does the surgical approach in cochlear implantation influence the occurrence of postoperative vertigo? *Otolaryngol Neck Surg*, 2008; 138(1): 8–12.
23. Krause E, Wechtenbruch J, Rader T, Gürkov R. Influence of cochlear implantation on sacculus function. *Otolaryngol-Head Neck Surg*, 2009; 140(1): 108–13.
24. Migliaccio AA, Della Santina CC, Carey JP, Niparko JK, Minor LB. The vestibulo-ocular reflex response to head impulses rarely decreases after cochlear implantation. *Otol Neurotol*, 2005; 26(4): 655–60.
25. Melvin T-AN, Della Santina CC, Carey JP, Migliaccio AA. The effects of cochlear implantation on vestibular function. *Otol Neurotol*, 2009; 30(1): 87–94.
26. Skarzynski H, Lorens A, Piotrowska A, Anderson I. Preservation of low frequency hearing in partial deafness cochlear implantation (PDCI) using the round window surgical approach. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2007; 127(1): 41–48.
27. Skarzynski H, Lorens A, Matusiak M, Porowski M, Skarzynski PH, James CJ. Cochlear implantation with the nucleus slim straight electrode in subjects with residual low-frequency hearing. *Ear Hear*, 2014; 35(2): 33–43.
28. Chen X, Chen X, Zhang F, Qin Z. Influence of cochlear implantation on vestibular function. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2016; 136(7): 655–59.
29. Nordfalk KF, Rasmussen K, Hopp E, Bunne M, Silvola JT, Jablonski GE. Insertion depth in cochlear implantation and outcome in residual hearing and vestibular function. *Ear Hear*, 2016; 37(2): 129–37.
30. Meli A, Aud BM, Aud ST, Aud RG, Cristofari E. Vestibular function after cochlear implant surgery. *Cochlear Implants Int*, 2016; 17(3): 151–57.
31. Robard L, Hitier M, Lebas C, Moreau S. Vestibular function and cochlear implant. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2015; 272(3): 523–30.
32. Louza J, Mertes L, Braun T, Gürkov R, Krause E. Influence of insertion depth in cochlear implantation on vertigo symptoms and vestibular function. *Am J Otolaryngol*, 2015; 36(2): 254–58.
33. Frodlund J, Harder H, Mäki-Torkko E, Ledin T. Vestibular function after cochlear implantation: A comparison of three types of electrodes. *Otol Neurotol*, 2016; 37(10): 1535–40.
34. Tsukada K, Moteki H, Fukuoka H, Iwasaki S, Usami S. Effects of EAS cochlear implantation surgery on vestibular function. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2013; 133(11): 1128–32.
35. Klünter H-D, Lang-Roth R, Guntinas-Lichius O. Static and dynamic postural control before and after cochlear implantation in adult patients. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2009; 266(10): 1521–25.
36. Parmar A, Savage J, Wilkinson A, Hajioff D, Nunez DA, Robinson P. The role of vestibular caloric tests in cochlear implantation. *Otolaryngol-Head Neck Surg*, 2012; 147(1): 127–31.
37. Hugh SC, Shipp DB, Chen JM, Nedzelski JM, Lin VYW. When do we choose the „better balance” ear for cochlear implants? *Cochlear Implants Int*, 2011; 12(4): 190–93.
38. Wagner JH, Basta D, Wagner F, Seidl RO, Ernst A, Todt I. Vestibular and taste disorders after bilateral cochlear implantation. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2010; 267(12): 1849–54.
39. Kusuma S, Liou S, Haynes DS. Disequilibrium after cochlear implantation caused by a perilymph fistula. *The Laryngoscope*, 2005; 115(1): 25–26.
40. Hempel J-M, Jäger L, Baumann U, Krause E, Rasp G. Labyrinth dysfunction 8 months after cochlear implantation: a case report. *Otol Neurotol*, 2004; 25(5): 727–29.
41. Tien H-C, Linthicum FH. Histopathologic changes in the vestibule after cochlear implantation. *Otolaryngol-Head Neck Surg*, 2002; 127(4): 260–64.
42. Zanetti D, Campovecchi CB, Balzanelli C, Pasini S. Paroxysmal positional vertigo after cochlear implantation. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2007; 127(5): 452–58.
43. Limb CJ, Francis HF, Lustig LR, Niparko JK, Jammal H. Benign positional vertigo after cochlear implantation. *Otolaryngol-Head Neck Surg*, 2005; 132(5): 741–45.
44. Di Girolamo S, Fetoni AR, Di Nardo W, Paludetti G. An unusual complication of cochlear implant: benign paroxysmal positional vertigo. *J Laryngol Otol*, 1999; 113(10): 922–23.
45. Viccaro M, Mancini P, La Gamma R, De Seta E, Covelli E, Filipo R. Positional vertigo and cochlear implantation. *Otol Neurotol*, 2007; 28(6): 764–67.
46. Handzel O, Burgess BJ, Nadol JB. Histopathology of the peripheral vestibular system after cochlear implantation in the human. *Otol Neurotol*, 2006; 27(1): 57–64.
47. Rohloff K, Koopmann M, Wei D, Rudack C, Savvas E. Cochlear implantation in the elderly: Does age matter? *Otol Neurotol*, 2017; 38(1): 54–59.
48. Schuknecht HF. Delayed endolymphatic hydrops. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 1978; 87(6): 743–48.
49. Huang D, Chen P, Chen S, Nagura M, Lim DJ, Lin X. Expression patterns of aquaporins in the inner ear: evidence for concerted actions of multiple types of aquaporins to facilitate water transport in the cochlea. *Hear Res*, 2002; 165(1–2): 85–95.
50. Bance ML, O'Driscoll M, Giles E, Ramsden RT. Vestibular stimulation by multichannel cochlear implants. *The Laryngoscope*, 1998; 108(2): 291–94.
51. Cordes A, Basta D, Götze R, Scholz S, Seidl RO, Ernst A i wsp. Sound-induced vertigo after cochlear implantation. *Otol Neurotol*, 2012; 33(3): 335–42.
52. Hoffman RA, Cohen NL. Complications of cochlear implant surgery. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*, 1995; 166: 420–22.
53. Parkes WJ, Gnanasegaram JJ, Cushing SL, McKnight CL, Papsin BC, Gordon KA. Vestibular evoked myogenic potential testing as an objective measure of vestibular stimulation with cochlear implants. *The Laryngoscope*, 2017; 127(2): 75–81.