

## Radiologiczna ocena ślimaka i zachowanie słuchu u dzieci leczonych za pomocą wszczepienia implantu ślimakowego Cochlear Nucleus z elektrodą prostą CI422

### Radiologic assessment of cochlea and hearing preservation in deaf children treated with cochlear implantation with Cochlear Nucleus CI422 straight electrode

**Monika Matusiak<sup>1,2,ABCDEF</sup>, Mariusz Furmanek<sup>1,2,C</sup>, Piotr H. Skarżyński<sup>1,3,4,5E</sup>, Henryk Skarżyński<sup>1,2,ABG</sup>**

<sup>1</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Warszawa

<sup>2</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Klinika Oto-Ryńko-Laryngochirurgii, Kajetany

<sup>3</sup> Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Zakład Teleaudiologii i Badań Przesiewowych, Kajetany

<sup>4</sup> Warszawski Uniwersytet Medyczny, II Wydział Lekarski, Zakład Niewydolności Serca i Rehabilitacji Kardiologicznej, Warszawa

<sup>5</sup> Instytut Narządów Zmysłów, Kajetany

Wkład autorów:

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

#### Streszczenie

Implanty ślimakowe znajdują coraz szersze zastosowanie w praktyce klinicznej. Hipoteza badania zakładała, że implantacja – zgodnie z indywidualnie obliczoną głębokością insercji – wpływa na poziom zachowania słuchu u dzieci z przedoperacyjnym funkcjonalnym słuchem. W analizie retrospektywnej grupy 19 pacjentów zaimplantowanych przy pomocy implantu Cochlear Nucleus CI422 w latach 2010–2011 oceniono zależność pomiędzy rozmiarem ślimaka, kątem głębokości insercji, obliczonymi na podstawie danych radiologicznych, a poziomem zachowania słuchu (HP) obliczonym zgodnie z Klasyfikacją Zachowania Słuchu. Zachowanie słuchu dla całej badanej grupy podczas aktywacji implantu wynosiło 73%, a po 24 miesiącach – 67%. W badanej grupie średnia wartość kąta głębokości insercji wyniosła 375° ( $SD = 17^\circ$ ); średnia wartość obliczonej długości przewodu ślimakowego wyniosła 34,67 mm ( $SD = 1,91$ ); średnia obliczonej liniowej głębokości insercji elektrody wyniosła 23,1 mm ( $SD = 1,62$ ). Nie znaleziono istotnej statystycznie różnicy pomiędzy poziomem zachowania słuchu a kątem głębokości insercji oraz pomiędzy poziomem zachowania słuchu a liniową głębokością insercji dla analizowanej grupy w żadnym z trzech wziętych pod uwagę interwałów: aktywacja, po 12 miesiącach korzystania z procesora mowy i po 24 miesiącach korzystania z procesora mowy. Przedoperacyjny pomiar wielkości ślimaka oraz jego szczegółowych parametrów, takich jak: średnica zakrętu podstawnego czy liniowa głębokość insercji elektrody, nie mają wpływu na poziom zachowania słuchu po wszczepieniu implantu. Niski poziom zachowania słuchu w niektórych przypadkach nie może być tłumaczony wewnątrzślimakowym położeniem elektrody ( $>450^\circ$ ) w badaniu tomografii komputerowej.

**Słowa kluczowe:** implant ślimakowy • częściowa głuchota • niedosłuch • Klasyfikacja Zachowania Słuchu • CI422

**Adres autora:** Monika Matusiak, Klinika Oto-Ryńko-Laryngochirurgii, Światowe Centrum Słuchu, Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, ul. Mokra 17, Kajetany, 05-830 Nadarzyn, e-mail: m.matusiak@ifps.org.pl

## Abstract

Cochlear implantation is becoming more and more widely used in clinical practice. In this study we've verified the hypothesis that cochlear implantation according to individually calculated depth of insertion affects hearing preservation in children with preoperative substantial hearing. In the retrospective analysis of 19 children implanted with Cochlear Nucleus CI422 electrode in Institute of Physiology and Pathology of Hearing in Warsaw between 2010–2011 the relation between cochlea size and insertion depth angle was calculated on the basis of radiological data and hearing preservation rate, calculated according to Hearing Preservation Classification. [1] Hearing Preservation rate for the whole group at activation was 73%, after 24 months – 67%. Mean value of insertion depth angle was  $375^\circ$  ( $SD = 17^\circ$ ); mean value of calculated length of cochlear duct was 34.67 mm ( $SD = 1.91$ ); mean calculated linear insertion depth of the electrode array was 23.1 mm ( $SD = 1.62$ ). We did not find any statistically significant difference between hearing preservation rate and angle of insertion and between hearing preservation rate and linear insertion depth for the analysed group in any of three intervals: activation, 12 months follow up and 24 months follow up. Preoperative measurement of cochlea size and its specific parameters, like linear insertion depth, do not influence hearing preservation after implantation. Low level of hearing preservation rate in some cases cannot be explained with intracochlear position of the array ( $>450^\circ$ ) in computed tomography.

**Key words:** cochlear implant • partial deafness • hearing loss • Hearing Preservation Classification • CI422

## Wstęp

Coraz częściej jednym z pożądaných efektów implantacji ślimakowej, poza dostarczeniem stymulacji elektrycznej do nieczynnej części receptora, jest zachowanie przedoperacyjnego słuchu [1]. Interwencja chirurgiczna może być przyczyną wewnątrzślimakowego urazu mechanicznego – od niewielkiego uszkodzenia naczyń wewnątrz schodów bębenka, przez rozdarcie więzadła promienistego i przemieszczenie lub uszkodzenie błony podstawnej, aż po złamanie blaszki kostnej lub uszkodzenie ściany wrzecionka – który zawsze związany jest z wywołaniem ostrej fazy odpowiedzi zapalnej [2–5]. Przyczyną tych uszkodzeń nie zawsze jest wada techniki chirurgicznej lub brak doświadczenia chirurgicznego, mogą one również wynikać z indywidualnych warunków anatomicznych oraz fizycznych parametrów elektrody, a także ich wzajemnych relacji. Zależność pomiędzy zachowaniem słuchu a głębokością insercji elektrody i wynikającym z tego ryzykiem mechanicznego urazu struktur wewnątrzślimakowych jest przedmiotem wielu badań [4–8]. Ze względu na dużą międzyosobniczą zmienność wielkości ślimaka, kąt głębokości insercji i liniowa głębokość insercji nie wystarczają, aby dokładnie określić części przewodu ślimakowego pokrytego wprowadzoną elektrodą [11–14]. Ponadto wyniki kilku prac wskazują, że penetracja elektrody w szczytowe części schodów bębenka, w przypadku funkcjonującego słuchu w zakresie niskich częstotliwości, znacząco podwyższa ryzyko pogorszenia słuchu w tym zakresie [9–11]. W badaniu zastosowano indywidualną ocenę głębokości insercji elektrody w zależności od tonotopowego rozkładu częstotliwości w ślimaku jako metodę mogącą pomóc w optymalizacji wyników zachowania słuchu. Dotychczas opublikowano kilka doniesień podających wyniki badań nad zależnością pomiędzy głębokością insercji elektrody a pooperacyjnym zachowaniem słuchu, jednakże trudno jest wysnuć na ich podstawie jednolity wniosek, ponieważ różnią się one zarówno pod względem materiału, rodzaju elektrody, dostępu chirurgicznego do schodów bębenka, jak i metodologii. Badania te opierają się bowiem na różnych metodach oceny położenia elektrody wewnątrz ślimaka, a przede wszystkim na niejednolitych klasyfikacjach zachowania słuchu [4,5,10–12]. W niniejszym badaniu zastosowano dwie metody oceny położenia elektrody: oceniono śródoperacyjnie głębokość insercji oraz wyliczono liniową głębokość insercji elektrody na podstawie pooperacyjnych wyników badań radiologicznych, a także zastosowano

nową Klasyfikację Zachowania Słuchu grupy Hearing [13–15]. Sformułowano hipotezę zakładającą, że wprowadzenie elektrody do schodów bębenka – zgodnie z wyliczoną dla niego głębokością insercji odpowiadającą wymaganej częstotliwości – podwyższa poziom zachowania słuchu po wszczępieniu implantu ślimakowego.

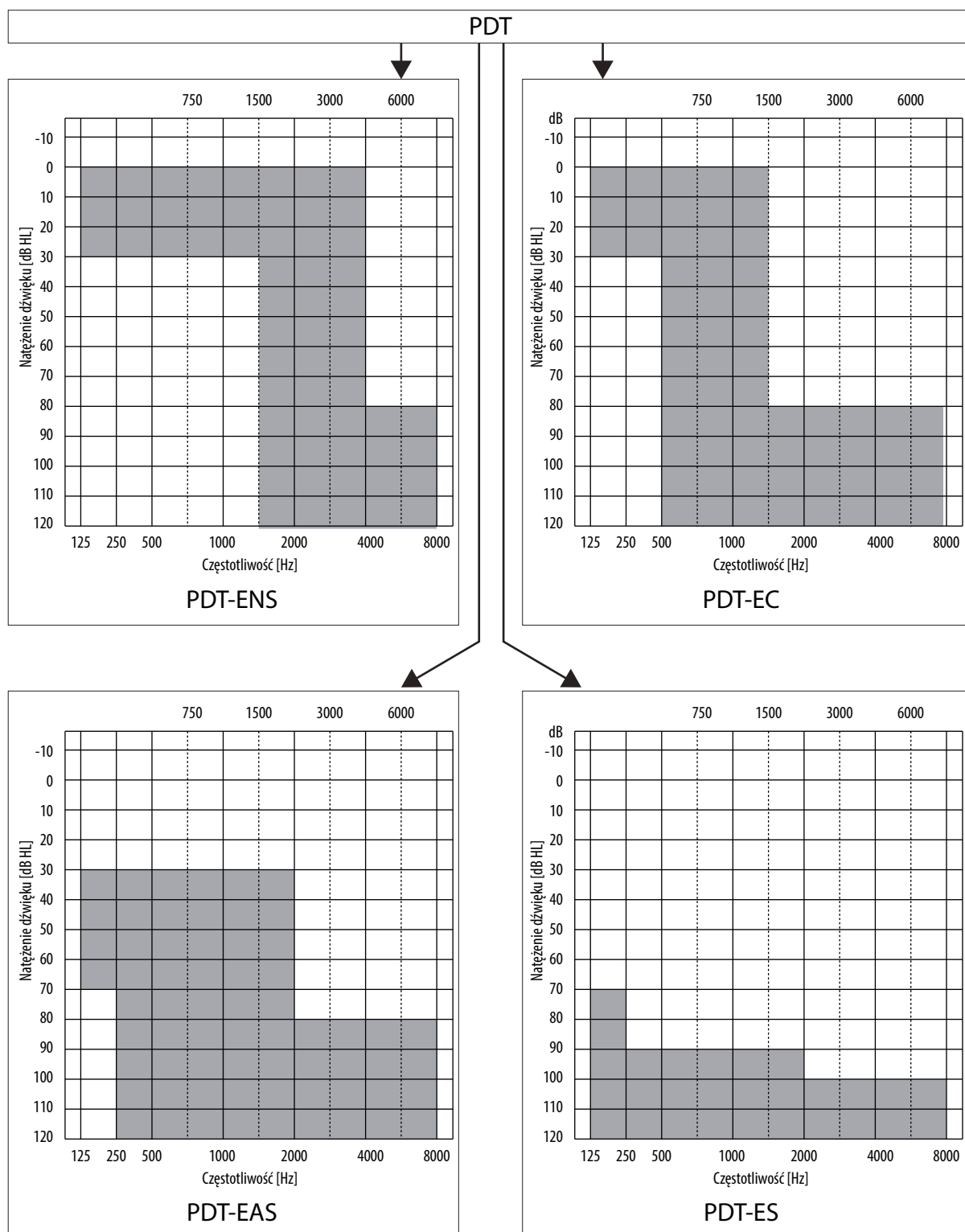
## Materiał i metoda

Retrospektywnie przeanalizowano dane 19 dzieci z zachowanym funkcjonalnym słuchem w zakresie niskich częstotliwości, którym wszczępieno implant ślimakowy Cochlear Nucleus CI422 w Światowym Centrum Słuchu Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu w okresie od października 2010 do stycznia 2011 roku. Jako kryteria wyłączenia uznano wady wrodzone błędnika kostnego, pozaślimakową etiologię niedosłuchu oraz zarośnięcie lub osyfikację ślimaka. Badanie uzyskało zgodę komisji bioetycznej (nr IFPS/KB/04-2009) oraz zostało przeprowadzone zgodnie z zasadami Deklaracji helsińskiej.

U wszystkich pacjentów wykonano badanie audiometrii tonalnej przy użyciu skalibrowanego audiometru klinicznego Madsen z odpowiednią mocą dla częstotliwości odpowiednio: 90 dB dla 125 Hz, 105 dB HL dla 250 Hz, 110 dB HL dla 500 Hz, 120 dB HL dla 1 kHz, 120 dB HL dla 2 kHz i 115 dB HL dla 4 i 6 kHz. Uzyskano progi słuchu dla częstotliwości z zakresu: 0,125–6 kHz przed operacją oraz w 1, 5, 9, 12 i 24 miesiące po aktywacji procesora mowy. Progi słuchu były mierzone z zastosowaniem zmodyfikowanej procedury Hughsona & Westlake'a z dokładnością do 5 dB [16]. Przedoperacyjne i pooperacyjne wyniki badań zostały skategoryzowane zgodnie z klasyfikacją Skarżyńskiego jak na rycinie 1 [15,17].

## Procedura chirurgiczna i elektroda

U wszystkich pacjentów implant ślimakowy został wszczępieno do gorzej słyszącego ucha z zastosowaniem 6-stopniowej procedury chirurgicznej Skarżyńskiego z dojściem przez okienko okrągłe [18]. Zastosowano implant z elektrodą CI422: z 22 kontaktami, o wymiarach 0,3 mm na końcu dystalnym i 0,6 mm na końcu proksymalnym. Elektroda ta posiada dwa białe markery celem ułatwienia śródoperacyjnego pomiaru głębokości jej wprowadzenia – na 20 i 25 mm [1,18]. Insercje wykonano zgodnie z procedurą 6 kroków Skarżyńskiego i klasyfikacją Partial



**Rycina 1.** Klasyfikacja częściowej głuchoty według Skarżyńskiego [15,17]

**Figure 1.** Partial Deafness Classification according to Skarzynski [15,17]

Deafness Treatment (PDT), w przypadku wyczuwalnych oporów wewnątrz ślimaka nie wprowadzano elektrody głębiej [1]. W każdym przypadku podano sterydy zgodnie z procedurą: 0,1 mg/kg/dzień deksametazonu i.v. w dwóch

dawkach przez 3 dni po operacji [19]. W każdym przypadku wypełniono kwestionariusze ze śródoperacyjnymi raportami głębokości insercji: do 1. markera, pomiędzy 1. a 2. markerem, do 2. markera.

## Ocena radiologiczna

Do wykonania badań radiologicznych wykorzystano technikę tomografii komputerowej wysokiej rozdzielczości (HRCT, Somatom Definition AS, Siemens MMWP).

Średnica zakrętu podstawnego ślimaka: obraz błędnika został zrekonstruowany zgodnie z metodą *cochlear view* opisaną przez Xu i wsp. [20]. Kąt referencyjny  $0^\circ$  został wyznaczony zgodnie z systemem współrzędnych zaproponowanym podczas konsensusu międzynarodowego [21]. Średnica zakrętu podstawnego  $A$  została wyznaczona zgodnie z metodą opisaną przez Cohena i wsp. jako największa odległość mierzona od wargi bocznej okienka okrągłego, przez środek wrzecionka, do bocznej ściany zakrętu podstawnego po przeciwnej stronie [22].

*Kąt głębokości insercji*: kąt głębokości insercji  $\theta$ , mierzony wzdłuż bocznej ściany zakrętu podstawnego, był wyznaczony zgodnie z metodą opisaną przez Cohena i wsp. [22]. Jest to kąt pomiędzy linią łączącą wargę boczną okienka okrągłego ze środkiem wrzecionka a linią łączącą wierzchołek elektrody w schodach bębienka ze środkiem wrzecionka.

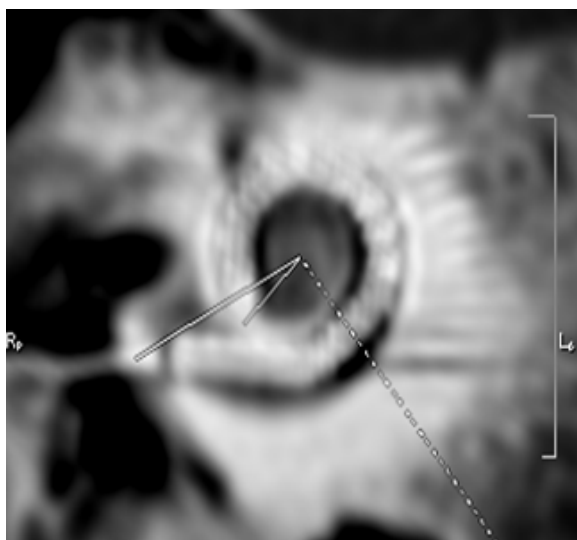
*Linijna głębokość insercji dla elektrody CI422*: linia wyznaczona przez boczną ścianę zakrętu podstawnego ślimaka została opisana równaniem zaproponowanym przez Escudé i wsp. [23]:

$$L = 2,62A \times \log_e(1,0 + \theta/235), \quad (\text{Równanie 1})$$

gdzie:

- $A$  – średnica zakrętu podstawnego ślimaka,
- $\log_e$  – logarytm naturalny,
- $\theta$  – kąt pomiędzy linią łączącą środek wrzecionka i wierzchołek elektrody a linią łączącą środek wrzecionka i wargę boczną okienka okrągłego (rycyna 2).

W celu dokonania precyzyjnej oceny linijnej głębokości insercji elektrody prostej zastosowano metodę



**Rycina 2.** Rekonstrukcja obrazu ślimaka (*cochlear view*) według Xu i wsp., kąt głębokości insercji  $\theta$  wyznaczony według Escudé [23]

**Figure 2.** CT reconstruction of cochlear view according to Xu et al., angle of insertion  $\theta$  estimated according to Escudé [23]

zaproponowaną przez Alexiadesa, która uwzględnia położenie elektrody wewnątrz schodów bębienka, odnosi się do położenia jej osi w stosunku do organu Cortiego i bocznej ściany schodów bębienka [24]. Autor ten zaproponował zmodyfikowanie równania opisującego linię wyznaczoną przez boczną ścianę zakrętu podstawnego w ten sposób, aby zredukować wymiar  $A$  o podwójną wartość średniej wartości średnicy elektrody. Dla elektrody CI422 średnia średnicy wynosi 0,45 mm (zakres 0,3–0,6). W ten sposób powstało równanie opisujące trajektorię CI422 w schodach bębienka:

$$L_{CI422} = 2,62(A - 0,9) \times \log_e(1,0 + \theta/235), \quad (\text{Równanie 2})$$

gdzie:

- $A$  – średnica zakrętu podstawnego ślimaka,
- $\theta$  – kąt pomiędzy linią łączącą środek wrzecionka i wierzchołek elektrody a linią łączącą środek wrzecionka i wargę boczną okienka okrągłego.

*Długość przewodu ślimakowego dla elektrody CI422*: do oceny długości przewodu ślimakowego ( $CDL$ ) zastosowano tę samą metodę Alexiadesa [24]:

$$CDL_{lw} = 4,16A + 0,18, \quad (\text{Równanie 3})$$

gdzie:

- $lw$  – długość ściany bocznej przewodu ślimakowego,
- $A$  – średnica zakrętu podstawnego ślimaka.

Dla elektrody CI422 powyższe równanie przyjmuje postać:

$$CDL_{CI422} = 4,16(A - 0,9) + 0,18 = 4,16A - 3,54 \quad (\text{Równanie 4})$$

## Zachowanie słuchu

Zachowanie słuchu (HP) zostało wyliczone przy użyciu nowej Klasyfikacji Zachowania Słuchu wg Skarżyńskiego i wsp., na podstawie wyników audiometrii tonalnej uzyskanych przed operacją i po wszczęciu implantu [13].

$$S(\%) = [1 - \{(PTA_{post} - PTA_{pre}) / (PTA_{max} - PTA_{pre})\}] \times 100, \quad (\text{Równanie 5})$$

gdzie:

- $S$  – zachowanie słuchu w [%],
- $PTA_{post}$  – średnia wyniku audiometrii tonalnej uzyskanej przed operacją,
- $PTA_{pre}$  – średnia wyniku audiometrii tonalnej uzyskanej po operacji,
- $PTA_{max}$  – limit audiometru.

## Statystyka

Analiza statystyczna została wykonana w programie Statistica 10. Analiza HP dla implantowanego ucha została wykonana z wykorzystaniem testu ANOVA Friedmana i współczynnika zgodności Kendalla; test nieparametryczny został użyty z powodu braku jednorodności wariancji. Zależność pomiędzy stopniem HP i kątem głębokości insercji została oceniona za pomocą korelacji liniowej Pearsona. Dla obydwu testów przyjęto poziom istotności  $p < 0,05$ .

## Wyniki

### Dane demograficzne

Analizowana grupa obejmowała 19 pacjentów w wieku od 6 do 18 lat, średnia 11,9 ( $SD = 3,2$ ), z niedosłuchem czuciowo-nerwowym w zakresie wysokich i średnich częstotliwości o różnym stopniu. Zaimplantowano 9 dziewczynek, w 9 przypadkach zaimplantowano ucho prawe. Długość trwania głębokiego niedosłuchu wahała się od 4 do 15 lat, średnia 6,1 ( $SD = 3,2$ ). W 37% przypadków potwierdzono genetyczną etiologię wady słuchu, w 32% – etiologia była nieznaną, w 21% – niedosłuch był efektem powikłań okołoporodowych, w 5% – był wynikiem zastosowania leków ototoksycznych, w kolejnych 5% – niedosłuch miał etiologię pozapalną.

### Chirurgia

Wszystkie implantacje zostały wykonane przez tego samego chirurga przy zastosowaniu techniki 6-ciu kroków Skarżyńskiego [9,14,18]. Przeprowadzono śródoperacyjną ocenę głębokości insercji z wynikami: w 10 przypadkach – do 2. markera, w 1 przypadku – pomiędzy markerami, w 7 przypadkach – do 1. markera.

### Zachowanie słuchu

Dla wszystkich pacjentów uzyskano wyniki audiometrii tonalnej we wszystkich interwałach czasowych przez okres 24 miesięcy. Dla całej grupy wartość  $S$  zachowania słuchu została obliczona i wynosiła odpowiednio: 73% w czasie aktywacji, 75% w interwale 12 miesięcy po aktywacji i 67% w 24 miesiące po aktywacji procesora mowy.

### Ocena radiologiczna

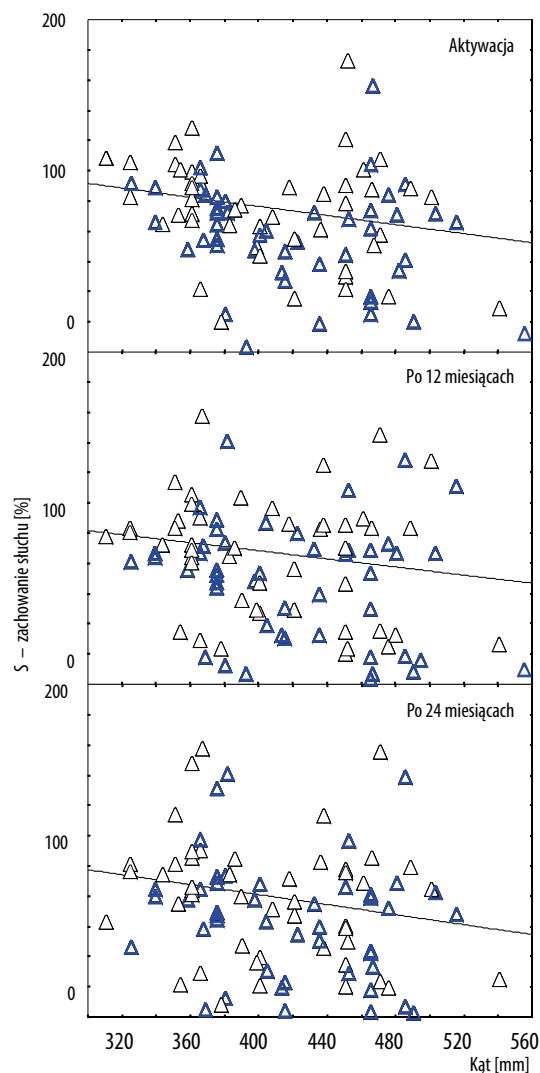
*Kąt głębokości insercji  $\theta$* : we wszystkich przypadkach wykonano rekonstrukcję obrazu błędnika na podstawie tomografii komputerowej kości skroniowych – badania wykonano we wczesnym okresie pooperacyjnym. Wartości zmierzonego kąta głębokości insercji elektrody wahały się od  $310^\circ$  do  $485^\circ$ , średnia  $365^\circ$  ( $SD = 17^\circ$ ).

*Długość przewodu ślimakowego dla elektrody CI422 –  $CDL_{CI}$* : wartości wyliczonych długości przewodu ślimakowego w grupie badanej wynosiły od 30,16 mm do 39,76 mm, średnia 33,40 mm ( $SD = 1,88$ ).

*Linijna głębokość insercji dla elektrody CI422 –  $L_{CI422}$* : wyliczone linijne głębokości insercji dla CI422 w grupie badanej wynosiły od 19,81 mm do 23,12 mm, średnia 21,85 mm ( $SD = 1,51$ ).

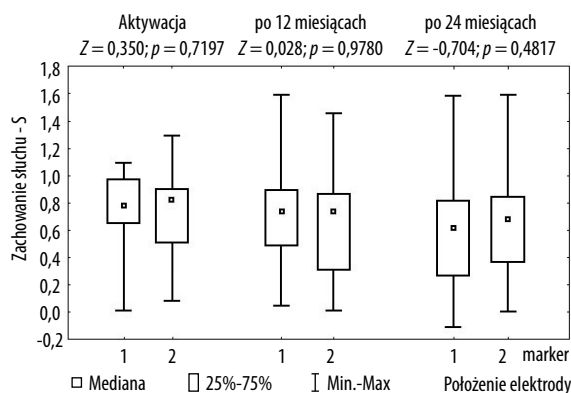
Zależności pomiędzy zachowaniem słuchu wyliczonym dla poszczególnych pacjentów w interwale aktywacja – 12 i 24 miesiące po aktywacji implantu i kątami głębokości insercji nie osiągnęły poziomu istotności statystycznej (odpowiednio:  $p = 0,1$ ;  $p = 0,2$ ;  $p = 0,1$ ).

Podobnie zależności pomiędzy wartością  $S$  zachowania słuchu dla każdego pacjenta i ocenioną śródoperacyjnie głębokością insercji elektrody nie osiągnęły poziomu istotności statystycznej.



**Rycina 3.** Poziom istotności statystycznej:  $p = 0,1$ ;  $p = 0,2$ ;  $p = 0,1$ . Oś  $y$  – zachowanie słuchu  $S$  w [%], gdzie 0% to brak zachowania słuchu, 100% odpowiada całkowitemu zachowaniu słuchu

**Figure 3.** The statistical significance:  $p = 0,1$ ;  $p = 0,2$ ;  $p = 0,1$ . On the  $y$  axis,  $S$  value [%] is hearing preservation, where 0% corresponds to loss of hearing, 100% to complete hearing preservation



**Rycina 4.** Zależność pomiędzy zachowaniem słuchu a ocenioną śródoperacyjnie głębokością insercji elektrody w poszczególnych interwałach

**Figure 4.** Relation between  $S$  value of hearing preservation and intraoperatively estimated insertion depth of electrode array during follow up

## Dyskusja

Stakhovskaya i in. w swoich badaniach kości skroniowych podaje, że międzyosobnicza różnica w długości przewodu ślimakowego może wynosić do 6,37 mm [25]. Ta indywidualna zmienność wielkości ślimaka oraz ogromna różnorodność poziomów zachowanego słuchu przed implantacją determinują trudności w jednoznacznej ocenie zależności pomiędzy pooperacyjnym zachowaniem słuchu a głębokością insercji elektrody implantu ślimakowego [25]. W praktyce chirurg przed operacją zna jedynie stan słuchu oraz długość elektrody, chociaż jeśli znana jest średnica zakrętu podstawnego, można obliczyć długość przewodu ślimakowego. Pozwala to na ocenę głębokości insercji niezależnie od kąta głębokości insercji, który jest funkcją wielkości ślimaka dla danej długości elektrody [24]. Na przykład średnica zakrętu podstawnego  $A$  w największym ślimaku w badanej grupie wynosi 10,6 mm, co oznacza, że długość przewodu ślimakowego wynosi  $CDL = 40,65$  mm, a więc insercja do głębokości 20 mm prawdopodobnie nie osiągnęłaby  $360^\circ$ , jednak taki kąt osiągnęłaby w ślimaku o średnim rozmiarze [11].

Odnosząc się do równania Greenwooda, opisującego rozkład częstotliwości wzdłuż organu Cortiego w ślimaku, proporcja części przewodu ślimakowego pokrytego przez elektrodę pozwala na określenie częstotliwości odpowiadającej miejscu, w którym przypada wierzchołek elektrody [25,26]. Wykorzystanie w praktyce tej informacji pozwoli uniknąć zbyt głębokich insercji, które mogą powodować utratę przedoperacyjnego słuchu w zakresie niskich częstotliwości [10,12]. Jeśli chirurg opiera się tylko na śródoperacyjnej ocenie głębokości wprowadzenia elektrody, wyniki zachowania słuchu w grupie zaimplantowanej będą kształtowały się tak jak na rycinie 4. Śródoperacyjny pomiar głębokości insercji elektrody jest obarczony błędami wynikającymi z naturalnych okoliczności chirurgicznych, takich jak: skrócenie trajektorii elektrody w proksymalnej części zakrętu podstawnego czy podwinięcie wierzchołka elektrody [26]. Obliczenia dokonane w niniejszym materiale wykazały, że insercje śródoperacyjnie ocenione na 20 mm w pooperacyjnej ocenie radiologicznej  $L_{CI422}$  osiągały głębokość 21,1 mm ( $SD = 1,1$ ), a insercje ocenione na 25 mm – 23,4 mm ( $SD = 1,6$ ) [24]. Podobne spostrzeżenia zgłasza Franke-Trieger i wsp. – w swojej pracy podają, że w 14% przypadków insercji głębokość zweryfikowana w badaniach radiologicznych przekraczała tę raportowaną śródoperacyjnie [7]. Jeśli znana jest tylko długość części przewodu ślimakowego pokrytego elektrodą ( $L_{CI422}$ ), zależność zachowania słuchu od tego pomiaru nie jest istotna statystycznie. Podobne wyniki uzyskała Hassepas i wsp., która porównała wyniki pomiarów zarówno śródoperacyjnych, jak i opartych na obrazie radiologicznym. Analiza materiałów zebranych przez Hassepas i wsp. wykazała, że insercje

ocenione w trakcie operacji na 22 mm w rekonstrukcji radiologicznej okazały się nieznacznie krótsze i wynosiły 21,5 mm, niezależnie od dostępu chirurgicznego przez okienko okrągłe czy kochleostomię [4].

Proporcja  $L_{CI422}$  do  $CDL_{CI422}$  jest niezależna od rozmiaru ślimaka, obrazuje indywidualną miarę tej części przewodu ślimakowego, która pokryta jest wprowadzoną elektrodą. Nasza hipoteza, zakładająca, że stopień zachowania słuchu wzrasta, jeśli chirurg posługuje się przedoperacyjnymi pomiarami indywidualnych wielkości ślimaka, nie znalazła potwierdzenia w wynikach pooperacyjnych. U 4 dzieci z badanej grupy, u których w 24 miesiącu po implantacji stwierdzono minimalne zachowanie słuchu, kąty głębokości insercji elektrody były jednymi z największych ( $420^\circ$ – $540^\circ$ ), jednakże szczegółowa analiza położenia elektrody nie wykazała jej przemieszczenia w obrębie ślimaka, które mogłoby skutkować pogorszeniem słuchu przedoperacyjnego.

Jest bardzo niewiele danych dotyczących pomiarów głębokości insercji prostej elektrody u dzieci. Benghalem i in. [26] podaje wyniki pomiarów kąta głębokości insercji i zachowania słuchu w grupie 11 dzieci zaimplantowanych z zastosowaniem techniki z dojściem przez okienko okrągłe elektrodą perimodiolarną FH1j. Średnia głębokości kąta insercji, ocenianego według metody Marsh i in., wynosiła  $439^\circ$ ; zachowanie słuchu obliczono dla dwóch częstotliwości: 500 Hz i 1 kHz przy użyciu innej skali [23,26,27]. Dla 6 z 7 przypadków autorzy podają większe niż 10 dB podwyższenie progu słuchu w 6. miesiącu po implantacji dla częstotliwości 500 Hz. Analizując głębokość kąta insercji w niniejszym materiale i materiale tej grupy, widzimy, iż wyniki Benghalema i wsp. wskazują na większą kątową głębokość insercji elektrody. Jednym z powodów uzyskania takich wyników może być fakt zastosowania elektrody perimodiolarnej, która z racji wymuszonego położenia bliżej wrzecionka wewnątrz schodów bębienka może – przy tej samej długości bezwzględnej – penetrować głębiej. Również użycie innej metody oceny kąta głębokości insercji oraz innej skali oceny zachowania słuchu w grupie dzieci zaimplantowanej FH1j uniemożliwia dalsze analizy [26,27].

## Wnioski

Na podstawie naszych wyników można stwierdzić, że przedoperacyjne pomiary wielkości ślimaka oraz wyliczenia długości przewodu ślimakowego i liniowej głębokości insercji nie wpływają na wynik zachowania słuchu po wszczępieniu implantu z elektrodą prostą przy użyciu techniki z dojściem przez okienko okrągłe. Nie wykazano istotnej statystycznej korelacji pomiędzy oceną zachowania słuchu a radiologicznymi wynikami głębokości insercji elektrody CI422.

## Piśmiennictwo

1. Skarżyński H, Lorens A, Piotrowska A, Anderson I. Preservation of low frequency hearing in partial deafness CI (PDCI) using the round window surgical approach. *Acta Otolaryngol*, 2007; 127: 41–48.
2. Carlson ML, Driscoll CLW, Gifford RH, Service GJ, Tombers NM, Hughes-Borst BJ i wsp. Implications of minimizing trauma during conventional cochlear implantation. *Otol Neurotol*, 2011; 32(6): 962–68.

3. Wright CG, Roland PS. Vascular trauma during cochlear implantation: a contributor to residual hearing loss? *Otol Neurotol*, 2013; 34(3): 402–07.
4. Hassepass F, Aschendorff A, Bulla S, Arndt S, Maier W, Laszig R i wsp. Radiologic results and hearing preservation with a straight narrow electrode via round window versus cochleostomy approach at initial activation. *Otol Neurotol*, 2015; 36(6): 993–1000.
5. Causon A, Verschuur C, Newman TA. A retrospective analysis of the contribution of reported factors in cochlear implantation on hearing preservation outcomes. *Otol Neurotol*, 2015; 36(7): 1137–45.
6. Kós M-I, Boëx C, Sigrist A, Guyot J-P, Pelizzone M. Measurements of electrode position inside the cochlea for different cochlear implant systems. *Acta Otolaryngol*, 2005; 125(5): 474–80.
7. Franke-Trieger A, Jolly C, Darbinjan A, Zahnert T, Mürbe D. Insertion depth angles of cochlear implant arrays with varying length: a temporal bone study. *Otol Neurotol*, 2014; 35(1): 58–63.
8. Trieger A, Schulze A, Schneider M, Zahnert T, Mürbe D. In vivo measurements of the insertion depth of cochlear implant arrays using flat-panel volume computed tomography. *Otol Neurotol*, 2011; 32(1): 152–57.
9. Skarżyński H, Lorens A, Piotrowska A, Skarżyński PH. Hearing preservation in partial deafness treatment. *Med Sci Monit*, 2010; 16(11): 555–62.
10. James C, Albegger K, Battmer R, Burdo S, Deggouj N, Deguine O i wsp. Preservation of residual hearing with cochlear implantation: how and why. *Acta Otolaryngol*, 2005; 125(5): 481–91.
11. Fraysse B, Macias AR, Sterkers O, Burdo S, Ramsden R, Deguine O i wsp. Residual hearing conservation and electroacoustic stimulation with the nucleus 24 contour advance cochlear implant. *Otol Neurotol*, 2006; 27(5): 624–33.
12. Erixon E, Köbler S, Rask-Andersen H. Cochlear implantation and hearing preservation: Results in 21 consecutively operated patients using the round window approach. *Acta Otolaryngol*, 2012; 132(9): 923–31.
13. Skarżyński H, Van de Heyning P, Agrawal S, Arauz SL, Atlas M, Baumgartner W i wsp. Towards a consensus on a hearing preservation classification system. *Acta Otolaryngol Suppl*, 2013(564): 3–13.
14. Skarżyński H. Ten years-experience with a new strategy of partial deafness treatment. *J Hear Sci*, 2012; 2(2): 11–8.
15. Skarżyński H, Lorens A, Skarżyński PH. Electro-Natural Stimulation (ENS) in Partial Deafness Treatment: A case study. *J Hear Sci*, 2014; 4(4): 67–71.
16. Tyler RS, Wood EJ. A comparison of manual methods for measuring hearing levels. *Audiology*, 1980; 19(4): 316–29.
17. Skarżyński H, Lorens A, Dziendziel B, Skarżyński 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.
18. Skarżyński H, Matusiak M, Piotrowska A, Skarżyński P. Surgical techniques in Partial Deafness Treatment. *J Hear Sci*, 2012; 2(3): 9–13.
19. Skarżyńska MB, Skarżyński PH, Król B, Kozieł M, Osińska K, Gos E i wsp. Preservation of hearing following cochlear implantation using different steroid therapy regimens: A prospective clinical study. *Med Sci Monit*, 2018; 24: 2437–45.
20. Xu J, Xu SA, Cohen LT, Clark GM. Cochlear view: postoperative radiography for cochlear implantation. *Am J Otol*, 2000; 21(1): 49–56.
21. Verbist BM, Skinner MW, Cohen LT, Leake PA, James C, Boëx C i wsp. Consensus panel on a cochlear coordinate system applicable in histologic, physiologic, and radiologic studies of the human cochlea. *Otol Neurotol*, 2010; 31(5): 722–30.
22. Cohen LT, Xu J, Xu SA, Clark GM. Improved and simplified methods for specifying positions of the electrode bands of a cochlear implant array. *Am J Otol*, 1996; 17(6): 859–65.
23. Escudé B, James C, Deguine O, Cochard N, Eter E, Fraysse B. The size of the cochlea and predictions of insertion depth angles for cochlear implant electrodes. *Audiol Neurootol*, 2006; 11(Suppl 1): 27–33.
24. Alexiades G, Dhanasingh A, Jolly C. Method to estimate the complete and two-turn cochlear duct length. *Otol Neurotol*, 2015; 36(5): 904–07.
25. Stakhovskaya O, Sridhar D, Bonham BH, Leake PA. Frequency map for the human cochlear spiral ganglion: Implications for cochlear implants. *J Assoc Res Otolaryngol*, 2007; 8(2): 220–33.
26. Benghalem A, Gazibegovic D, Saadi F, Tazi-Chaoui Z. Use of a mid-scala and a lateral wall electrode in children: insertion depth and hearing preservation. *Acta Otolaryngol*, 2017; 137(1): 1–7.
27. Marsh MA, Xu J, Blamey PJ, Whitford LA, Xu SA, Silverman JM, et al. Radiologic evaluation of multichannel intracochlear implant insertion depth. *Am J Otol* 1993;14: 386–91