

Przesłano do redakcji:
09.04.2026
Zaakceptowano po recenzji:
08.07.2026
Opublikowano:
05.09.2026

Zastosowanie bilateralnej implantacji ślimakowej jako metody leczenia częściowej głuchoty po chemioterapii rdzeniaka zarodkowego – studium przypadku

Bilateral cochlear implantation as a method for partial deafness treatment following chemotherapy for medulloblastoma – a case study

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

Ewelina Bukato^{1A-F} , Piotr H. Skarżyński^{1,2A-E} ,
Henryk Skarżyński^{3ABDE} 

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

² Instytut Narządów Zmysłów, Kajetany

³ Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu, Klinika Oto-Ryń-
-Laryngochirurgii, Warszawa/Kajetany

Streszczenie

Wprowadzenie: Rdzeniak zarodkowy jest złośliwym nowotworem mózgu wieku dziecięcego. Jego leczenie polega na operacyjnym usunięciu guza oraz wykonaniu radio- i chemioterapii. Wśród leków stosowanych w chemioterapii znajduje się m.in. cisplatyna, która cechuje się silnymi właściwościami ototoksycznymi. Charakterystycznym niedosłuchem po zastosowaniu cisplatyny jest niedosłuch wysokoczęstotliwościowy zmysłowo-nerwowy.

Opis przypadku: Dziewczynka w wieku 9 lat przeszła w 2017 roku operację usunięcia złośliwego rdzeniaka zarodkowego tylnej jamy czaszki. Ze względu na zakwalifikowanie pacjentki do grupy wysokiego ryzyka rozsiewu komórek nowotworowych, po operacji zastosowano radio- i chemioterapię. Leczenie onkologiczne zakończono w maju 2019 roku. Z uwagi na zastosowanie leków cytostatycznych u dziewczynki wystąpił głęboki niedosłuch zmysłowo-nerwowy. Jedenastoletnia dziewczynka została przyjęta do Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu (IFPS) w celu przeprowadzenia diagnostyki w kierunku wszczepienia implantu ślimakowego. Po pozytywnej kwalifikacji u dziewczynki przeprowadzono obustronne wszczepienie implantów ślimakowych. Wyniki rozumienia mowy w implantach ślimakowych u pacjentki wskazują na pozytywny efekt zastosowanej metody.

Wnioski: Implantacja ślimakowa stanowi skuteczną metodę leczenia wysokoczęstotliwościowego niedosłuchu zmysłowo-nerwowego u dzieci po leczeniu rdzeniaka zarodkowego.

Słowa kluczowe: implant ślimakowy • rdzeniak zarodkowy • cisplatyna • ototoksyczność • leczenie częściowej głuchoty

Abstract

Introduction: Medulloblastoma is a malignant pediatric brain tumor. Its treatment consists of surgical removal of the tumor followed by radiotherapy and chemotherapy. Among the drugs used in chemotherapy is cisplatin, which is characterized by strong ototoxic properties. The hearing loss typically associated with cisplatin administration is high-frequency sensorineural hearing loss.

Case report: At the age of 9, in 2017, the patient underwent surgical resection of a malignant posterior fossa medulloblastoma. Due to classification into the high-risk group, she subsequently received adjuvant radiotherapy and chemotherapy. Oncological treatment was

Autor korespondencyjny: Ewelina Bukato, Zakład Teleaudiologii i Badań Przesiewowych, Światowe Centrum Słuchu, Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, ul. Mochnackiego 10, 02-042, Warszawa; email: e.bukato@ifps.org.pl

completed in May 2019. As a complication of treatment with chemotherapeutic agents, the patient developed profound sensorineural hearing loss. At the age of 11, she was referred to the Institute of Physiology and Pathology of Hearing for cochlear implant candidacy evaluation. Following successful qualification for cochlear implantation, the girl underwent bilateral cochlear implant surgery. The patient currently demonstrates very promising speech perception outcomes with bilateral cochlear implants.

Conclusions: Cochlear implantation is an effective treatment for high-frequency sensorineural hearing loss in children following treatment for medulloblastoma.

Keywords: cochlear implant • medulloblastoma • cisplatin • ototoxicity • partial deafness treatment

Wprowadzenie

Rdzeniak zarodkowy (łac. *medulloblastoma*) jest najczęściej występującym złośliwym nowotworem ośrodkowego układu nerwowego (OUN) w wieku dziecięcym. Guz lokalizuje się najczęściej w tylnej jamie czaszki i stanowi około 20% wszystkich nowotworów mózgu u dzieci. Rozpoznanie polega na wykonaniu MRI (ang. *magnetic resonance imaging*) mózgu i kręgosłupa oraz badań histopatologicznych guza. Diagnostykę często uzupełnia się o badanie płynu mózgowo-rdzeniowego w celu oceny stopnia rozsiewu komórek nowotworowych [1,2].

Podstawą leczenia rdzeniaka zarodkowego jest operacyjne usunięcie guza. W dalszym etapie leczenia stosuje się radioterapię, która w standardzie obejmuje napromienianie osi mózgowo-rdzeniowej, oraz chemioterapię z zastosowaniem m.in. leków cytostatycznych, tj. cisplatyny. Zarówno radioterapia, jak i chemioterapia są dobierane w zależności od wieku dziecka, stopnia zaawansowania choroby i grupy ryzyka [3,4].

Jednym z leków stosowanych w chemioterapii rdzeniaka zarodkowego jest cisplatyna, której działanie ototoksyczne jest dobrze udokumentowane. Zastosowanie cisplatyny może prowadzić do niedosłuchu u pacjentów po chemioterapii [4,5]. Charakterystycznym niedosłuchem po zastosowaniu cisplatyny jest obustronny wysokoczęstotliwościowy zmysłowo-nerwowy ubytek słuchu [6]. U pacjentów, u których wystąpił niedosłuch, w pierwszej kolejności stosuje się aparaty słuchowe. Jeśli aparaty słuchowe, pomimo zastosowania maksymalnego wzmocnienia, nie wystarczają do prawidłowego rozumienia mowy, pacjenta kieruje się na diagnostykę kwalifikującą do implantacji ślimakowej [7,8].

W ostatnich latach wskazania do implantacji ślimakowej uległy istotnemu rozszerzeniu i obecnie obejmują również pacjentów z częściową głuchotą, charakteryzującą się zachowanym słuchem na niskich częstotliwościach (zwykle w zakresie 0,5–1,5 kHz) przy jednoczesnym głębokim ubytku słuchu na częstotliwościach wysokich. U tej grupy pacjentów stosowana jest procedura leczenia częściowej głuchoty (ang. *Partial Deafness Treatment*, PDT). Najważniejszym wyzwaniem klinicznym w PDT jest zachowanie naturalnego słuchu pacjenta, ponieważ struktury ślimaka są szczególnie podatne na uraz mechaniczny podczas implantacji. Utrata naturalnego słuchu pacjenta może znacząco ograniczyć korzyści płynące z połączonej stymulacji akustycznej i elektrycznej. W związku z tym rozwinęto strategię minimalizującą urazy wewnątrzślimakowe, obejmującą atraumatyczne techniki chirurgiczne, takie jak: dostęp przez okienko okrągłe, dobór elektrod odpowiedniej długości i elastyczności oraz okołoperacyjna sterydoterapia [9–11].

Do tej pory ukazało się niewiele publikacji poruszających temat zastosowania implantacji ślimakowej po leczeniu rdzeniaka zarodkowego u dzieci. Roland i wsp. [8] w swojej pracy opisali trzy przypadki zastosowania implantu ślimakowego. Operacje przeprowadzono jednak kilka lat po zakończeniu leczenia onkologicznego. Grupa ta przed implantacją ślimakową wymagała również innych operacji uszu, tj. tympanomastoidektomii radykalnej czy tympanoplastyki z rekonstrukcją łańcucha kosteczek słuchowych. U pacjentów tych nie odnotowano współwystępujących chorób uszu.

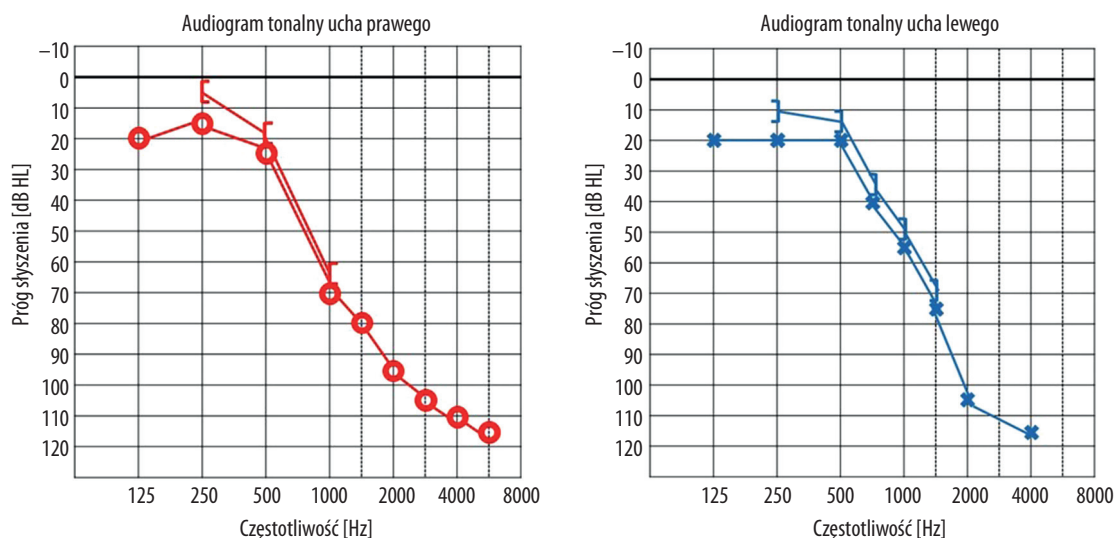
Celem niniejszej pracy jest przedstawienie opisu przypadku oraz wyników zachowania słuchu u dziewczynki poddanej implantacji ślimakowej z powodu wysokoczęstotliwościowego niedosłuchu zmysłowo-nerwowego po radio- i chemioterapii rdzeniaka zarodkowego wieku dziecięcego.

Opis przypadku

Dziewczynka w wieku 9 lat z guzem tylnej jamy czaszki – rdzeniakiem zarodkowym – była pod opieką kliniki onkologii od października 2017 roku. Na około miesiąc przed rozpoznaniem choroby wystąpiły narastające bóle głowy, które stały się wskazaniem do wykonania tomografii komputerowej (TK). Badanie ujawniło obecność guza podnamiotowego oraz ostre wodogłowie wewnętrzne. Następnie wykonano rezonans magnetyczny mózgu (MRI), po którym pacjentkę zakwalifikowano do leczenia operacyjnego. Zabieg neurochirurgiczny przeprowadzono we wrześniu 2017 roku. Guz został niemal całkowicie usunięty. Po badaniach histopatologicznych pacjentkę zakwalifikowano do grupy wysokiego ryzyka i skierowano na kolejne cztery cykle chemioterapii indukcyjnej oraz napromienianie ośrodkowego układu nerwowego (OUN). Kontrolne badania rezonansu magnetycznego OUN nie wykazały cech wznowy procesu nowotworowego. Pacjentka otrzymała dodatkowo chemioterapię podtrzymującą – osiem kursów leczenia według protokołu Packera. Leczenie onkologiczne zostało zakończone w maju 2019 roku.

W listopadzie 2020 roku dziewczynka w wieku 11 lat została przyjęta do Instytutu Fizjologii i Patologii Słuchu (IFPS) na diagnostykę w kierunku wszczepienia implantu ślimakowego z powodu wysokoczęstotliwościowego niedosłuchu zmysłowo-nerwowego. Przyczyną niedosłuchu było zastosowanie leków cytostatycznych podczas chemioterapii. Niedosłuch postępował przez około dwa lata w trakcie leczenia onkologicznego.

Do czasu wszczepienia implantu ślimakowego dziewczynka pozostawała pod stałą opieką protetyka słuchu z IFPS. Jednak pomimo regularnego korzystania z aparatów słuchowych obustronnie dziewczynka zgłaszała liczne problemy



Rycina 1. Audiometria tonalna ucha prawego oraz ucha lewego przed wszczepieniem implantu ślimakowego. Oś rzędnych określa próg słyszenia w przedziale –10–120 dB HL. Oś odciętych określa częstotliwości zawierające się w przedziale od 125–8000 Hz (opracowanie własne)

Figure 1. Pure tone audiometry for right and left ear before cochlear implantation. The vertical axis represents the hearing threshold in the range of –10 to 120 dB HL. The horizontal axis represents frequencies ranging from 125 to 8000 Hz (own work)

z rozumieniem mowy, m.in. w hałasie czy w grupie osób, zarówno w domu, jak i w środowisku szkolnym. Z uwagi na liczne problemy w codziennym funkcjonowaniu zaproponowano diagnostykę w kierunku wszczepienia implantu ślimakowego.

Diagnostyka

U dziewczynki wykonano przedoperacyjną audiometrię tonalną (**rycina 1**), audiometrię słowną, audiometrię słowną w polu swobodnym, audiometrię impedancyjną wraz z określeniem progu odruchu z mięśnia strzemiączkowego oraz emisje otoakustyczne. Na **rycynie 1** przedstawiono audiogram tonalny dla ucha prawego i lewego przed operacją wszczepienia implantu ślimakowego. Audiogram przedstawia obustronny wysokoczęstotliwościowy niedosłuch zmysłowo-nerwowy. W przypadku audiometrii pacjentka dla ucha prawego osiągnęła stopień dyskryminacji mowy dla poziomu 100 dB SPL – 60%, natomiast dla ucha lewego stopień dyskryminacji mowy dla poziomu 105 dB SPL wyniósł 70%. Dla audiometrii słownej w polu swobodnym wyniki przed wszczepieniem pierwszego implantu (do ucha lewego) są następujące: dla ucha prawego w aparacie słuchowym stopień dyskryminacji mowy dla poziomu 65 dB SPL wynosi 50%, dla ucha lewego w aparacie słuchowym stopień dyskryminacji mowy dla poziomu 65 dB SPL wynosi 25%, natomiast stopień dyskryminacji mowy bez aparatów słuchowych dla poziomu 65 dB SPL wynosi 15% (**rycina 2**). Natomiast audiometria słowna w polu swobodnym przed wszczepieniem drugiego implantu (do ucha prawego) prezentuje się następująco: dla poziomu 65 dB SPL stopień dyskryminacji mowy wynosi 5% (**rycina 3**).

Wszystkie badania zostały wykonane zgodnie z procedurami diagnostycznymi przed wszczepieniem implantu ślimakowego. Wyniki badań potwierdziły

możliwość zastosowania implantacji ślimakowej jako metody leczenia częściowej głuchoty u pacjentki.

Leczenie operacyjne

W kwietniu 2021 roku u dziewczynki przeprowadzono procedurę wszczepienia implantu ślimakowego do ucha lewego: MED-EL SONATA 2 z elektrodą FLEX24. W listopadzie 2024 roku u pacjentki wszczepiono implant ślimakowy do ucha prawego: MED-EL SYNCHRONY 2 z elektrodą FLEX24. Do czasu wszczepienia implantu ślimakowego do ucha prawego pacjentka korzystała z aparatu słuchowego.

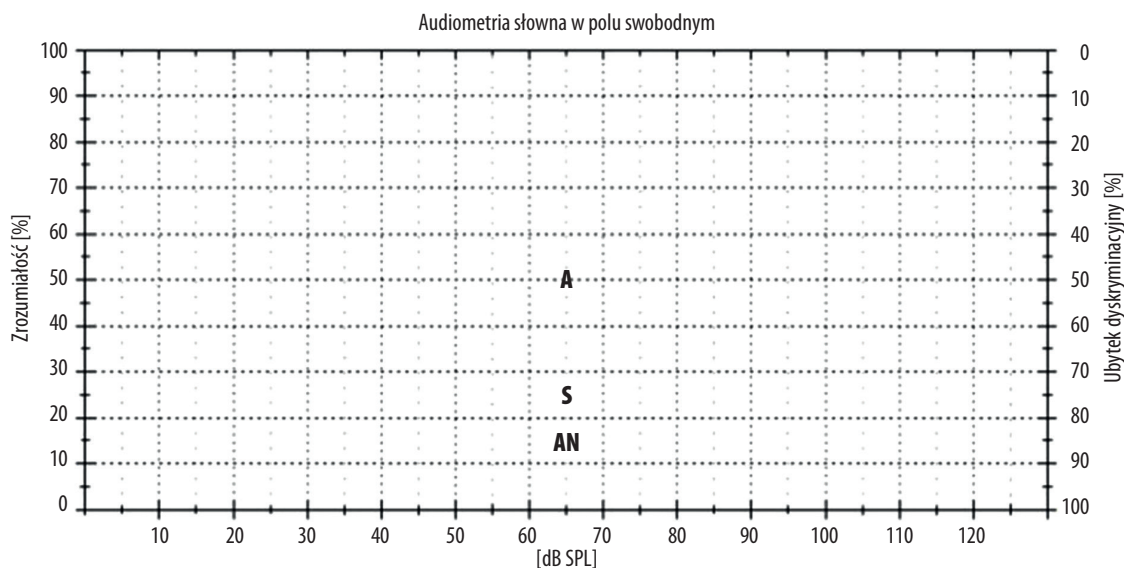
Sekwencyjne wszczepienie implantów ślimakowych odbyło się według procedury 6 kroków Skarżyńskiego [10]. Metoda ta jest małoinwazyjna i pozwala uniknąć uszkodzeń struktur ślimaka, oferując potencjalnie bezpieczniejszą alternatywę dla tradycyjnej kochleostomii [12,13]. W przypadku obu procedur chirurgicznych nie wystąpiły powikłania pooperacyjne.

Wyniki

Zachowanie resztek słuchowych

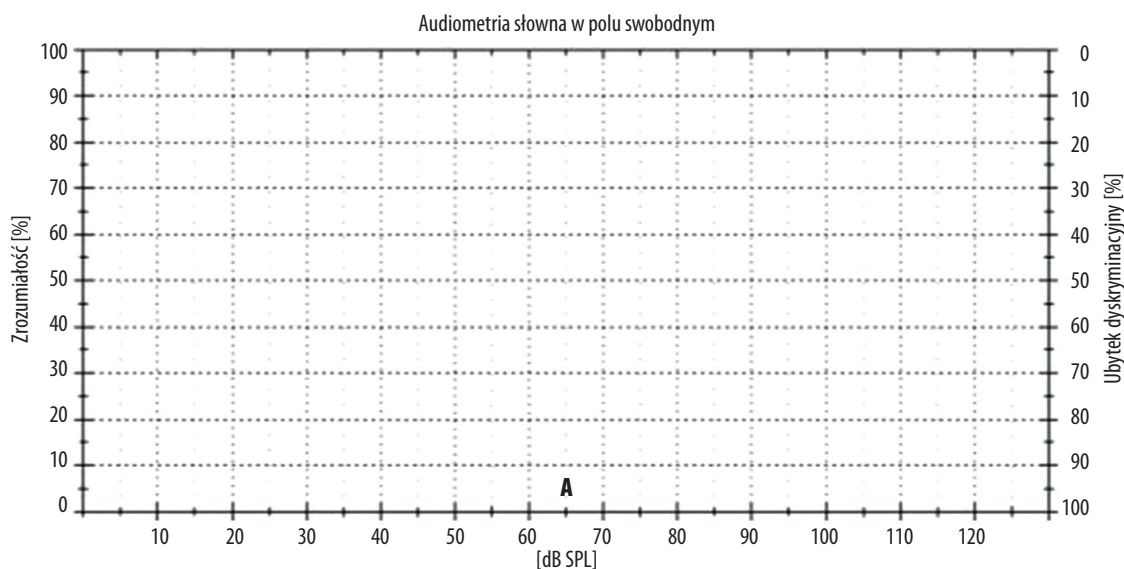
W celu analizy zachowania resztek słuchowych po wszczepieniu implantu ślimakowego wykorzystano kalkulator grupy HEARING [14]. Oceny dokonano według czterech kategorii: 1) > 75% – całkowite zachowanie słuchu (ang. *complete HP*); 2) 25–75% – częściowe zachowanie słuchu (ang. *partial HP*); 3) 0–25% – minimalne zachowanie słuchu (ang. *minimal HP*); 4) 0% – utrata resztek słuchowych (ang. *loss of hearing*).

Po przeliczeniu wartości dla ucha lewego zachowanie słuchu po 6 miesiącach wyniosło 98,3%, co wskazuje



Rycina 2. Audiometria słowna w polu swobodnym przed implantacją ślimakową: A – aparat słuchowy na uchu prawym, S – aparat słuchowy na uchu lewym, AN – bez urządzeń

Figure 2. Speech audiometry in free field before cochlear implantation: A – hearing aid on the right ear, S – hearing aid on the left ear, AN – unaided



Rycina 3. Audiometria słowna w polu swobodnym przed operacją wszczepienia implantu ślimakowego do ucha prawego: A – aparat słuchowy na uchu prawym

Figure 3. Speech audiometry in free field before right ear cochlear implantation: A – with hearing aid on right ear

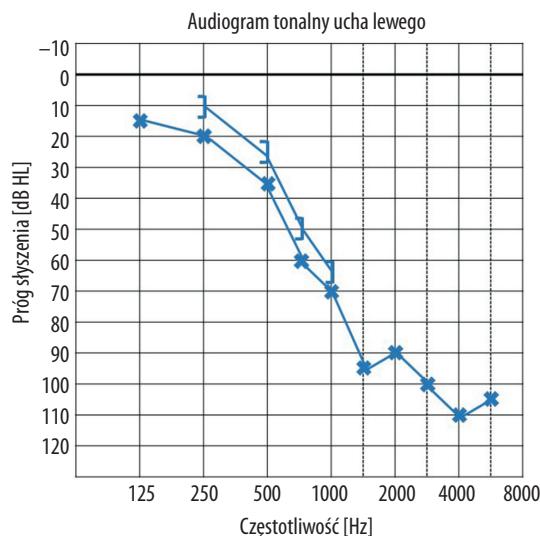
na całkowite zachowanie słuchu (**rycina 4**). Natomiast wartość procentowa dla ucha prawego wyniosła 73,9%, co wskazuje na częściowe zachowanie słuchu (**rycina 5**). Z uwagi na brak odpowiedzi dla 8000 Hz zarówno w uchu prawym, jak i lewym, przy obliczaniu zachowania słuchu wzięto pod uwagę maksymalną wartość poziomu testowego podaną w kalkulatorze grupy HEARRING, tj. 95 dB. Ponadto, ze względu na przyjęte przez grupę HEARRING założenia dotyczące maksymalnego poziomu wyjściowego audiometru 115 dB dla częstotliwości 4000 Hz, przy obliczaniu zachowania słuchu dla ucha prawego uwzględniono tę wartość zamiast zmierzonej wartości 120 dB.

Audiometria słowna w polu swobodnym

W celu sprawdzenia skuteczności bilateralnej implantacji ślimakowej u pacjentki wykonano audiometrię słowną w polu swobodnym. Słowa były prezentowane na poziomie 65 dB SPL. Stopień dyskryminacji mowy z dwoma procesorami mowy wyniósł 70%.

Dyskusja

Leczenie skojarzone rdzeniaka zarodkowego u dzieci, obejmujące chirurgię, radioterapię oraz chemioterapię z wykorzystaniem związków platyny, wiąże się z wysokim



Rycina 4. Audiometria tonalna ucha lewego 6 miesięcy po wszczepieniu implantu ślimakowego. Oś rzędnych określa próg słyszenia w przedziale -10–120 dB HL. Oś odciętych określa częstotliwości zawierające się w przedziale od 125–8000 Hz (opracowanie własne)

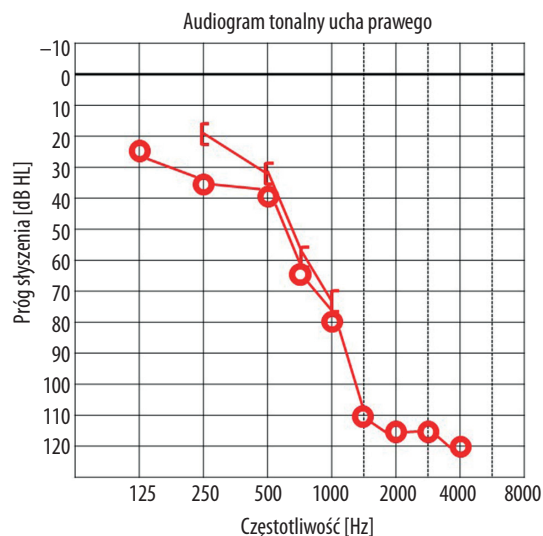
Figure 4. Pure tone audiometry, 6 months after cochlear implantation. The vertical axis represents the hearing threshold in the range of -10 to 120 dB HL. The horizontal axis represents frequencies ranging from 125 to 8000 Hz (own work)

ryzykiem powikłań, w tym trwałego uszkodzenia słuchu z uwagi na ototoksyczność tych związków [4,5,15,16]. Skutkuje ono często charakterystycznym wysokoczęstotliwościowym niedosłuchem zmysłowo-nerwowym, który znacząco wpływa na rozumienie mowy oraz codzienne funkcjonowanie [15,17].

W przedstawionym przypadku, pomimo zastosowania aparatów słuchowych, pacjentka doświadczała istotnych trudności w rozumieniu mowy, szczególnie w hałasie i sytuacjach społecznych, m.in. podczas rozmów w środowisku szkolnym, co wskazuje na ograniczoną skuteczność protezowania [7,8]. W takich sytuacjach implantacja ślimakowa staje się uzasadnioną opcją terapeutyczną [8,18].

W ostatnich latach zostały rozszerzone kryteria kwalifikacji do implantacji ślimakowej. Początkowo obejmowały pacjentów z głęboką obustronną głuchotą, natomiast obecnie obejmują również osoby z częściową głuchotą, u których zachowany jest słuch w niskich częstotliwościach [11,19,20]. Koncepcja leczenia częściowej głuchoty (PDT) umożliwia wykorzystanie zarówno naturalnego słuchu pacjenta, jak i stymulacji elektrycznej, czego rezultatem jest wyższy poziom rozumienia mowy, zwłaszcza w trudnych warunkach akustycznych, takich jak rozmowa w grupie, rozmowa w szumie.

Roland i wsp. [8] w swojej pracy dowiedli skuteczności zastosowania implantacji ślimakowej u pacjentów po radio- i chemoterapii po usunięciu rdzeniaka zarodkowego wieku dziecięcego. Swoje wnioski oparli na wynikach m.in. testów rozumienia mowy w ciszy i w szumie. W niniejszej pracy uzyskano bardzo dobre wyniki zachowania słuchu



Rycina 5. Audiometria tonalna ucha prawego 6 miesięcy po wszczepieniu implantu ślimakowego. Oś rzędnych określa próg słyszenia w przedziale -10–120 dB HL. Oś odciętych określa częstotliwości zawierające się w przedziale od 125–8000 Hz (opracowanie własne)

Figure 5. Pure tone audiometry, 6 months after cochlear implantation. The vertical axis represents the hearing threshold in the range of -10 to 120 dB HL. The horizontal axis represents frequencies ranging from 125 to 8000 Hz (own work)

po wszczepieniu implantu ślimakowego – całkowite zachowanie słuchu w uchu lewym i częściowe w uchu prawym. Natomiast uzyskane wyniki testów słownych w implantach ślimakowych wskazują na zadowalające korzyści słuchowe wynikające z obustronnej stymulacji implantami ślimakowymi. Ponadto wiele prac potwierdza, iż zastosowanie m.in. atraumatycznych technik chirurgicznych czy odpowiedniej elektrody istotnie zwiększa szanse na zachowanie funkcji ucha wewnętrznego. Istotny wpływ na skuteczność tej metody mają również doświadczenie chirurgów oraz szybka interwencja chirurgiczna [9,12,13]. Dodatkowym wyzwaniem jest potencjalny negatywny wpływ radioterapii na struktury ucha wewnętrznego oraz nerw słuchowy, co może ograniczać skuteczność stymulacji elektrycznej [5,21]. W przedstawionym przypadku brak nawrotu choroby oraz stabilny stan neurologiczny stworzyły korzystne warunki do rehabilitacji słuchu.

Z uwagi na niewielką liczbę doniesień dotyczących zastosowania implantacji ślimakowej u dzieci po leczeniu rdzeniaka zarodkowego, w przyszłości potrzebne są badania prowadzone na większych grupach pacjentów oraz długoterminowa obserwacja, które pozwolą na optymalne określenie czynników prognostycznych wpływających na zachowanie słuchu i efekty rehabilitacji.

Wnioski

Implantacja ślimakowa stanowi skuteczną metodę leczenia wysokoczęstotliwościowego niedosłuchu zmysłowo-nerwowego u dzieci po leczeniu rdzeniaka zarodkowego. Zastosowanie atraumatycznej techniki chirurgicznej, dobór odpowiedniej elektrody, a także doświadczenie chirurgów

umożliwiają zachowanie przedoperacyjnego słuchu pacjenta. Ponadto stymulacja poprzez implant ślimakowy oraz odpowiednia rehabilitacja sprzyjają dalszej poprawie funkcjonowania słuchowego i osiągnięciu wyższego poziomu rozumienia mowy.

Piśmiennictwo

1. Bailey S, Jacobs S, Kourti M, Massimino M, Andre N, Doz F i wsp. Medulloblastoma therapy: Consensus treatment recommendations from SIOP-Europe and the European Reference Network. *EJC Paediatr Oncol*, 2025; 5: 100205.
2. Orr BA. Pathology, diagnostics, and classification of medulloblastoma. *Brain Pathol*, 2020; 30(3): 664–78; <https://doi.org/10.1111/bpa.12837>.
3. Zakrzewska M, Liberski PP. Podłoże molekularne rdzeniaka wieku dziecięcego. *Aktualn Neurol*, 2011; 11(2): 85–90.
4. Musial-Bright L, Fengler R, Henze G, Hernáiz Driever P. Carboplatin and ototoxicity: hearing loss rates among survivors of childhood medulloblastoma. *Childs Nerv Syst*, 2011; 27(3): 407–13; <https://doi.org/10.1007/s00381-010-1300-1>.
5. Paulino AC, Lobo M, Teh BS, Okcu MF, South M, Butler EB i wsp. Ototoxicity after intensity-modulated radiation therapy and cisplatin-based chemotherapy in children with medulloblastoma. *Int J Radiat Oncol*, 2010; 78(5): 1445–50; <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2009.09.031>.
6. Tan WJT, Vlajkovic SM. Molecular characteristics of cisplatin-induced ototoxicity and therapeutic interventions. *Int J Mol Sci*, 2023; 24(22): 16545; <https://doi.org/10.3390/ijms242216545>.
7. Skarżyński H, Mielnik-Niedzielska G, Kochanek K, Niedzielski A, Skarżyński PH, Lorens A. Standardy jakości stosowania implantów ślimakowych u niemowląt, dzieci i młodzieży. Stanowisko Towarzystwa Otorinolaryngologów, Foniatrów i Audiologów Polskich oraz Polskiego Towarzystwa Otorinolaryngologów Dziecięcych. *Now Audiofonol*, 2018; 7(1): 7–15; <https://doi.org/10.17431/1002947>.
8. Roland Jr. JT, Cosetti M, Liebman T, Waltzman S, Allen JC. Cochlear implantation following treatment for medulloblastoma. *Laryngoscope*, 2010; 120(1): 139–43; <https://doi.org/10.1002/lary.20669>.
9. Skarżyński PH, Bukato E, Gos E, Lorens A, Walkowiak A, Obrycka A i wsp. Hearing preservation after cochlear implantation with the Advanced Bionics HiFocus™ SlimJ electrode array. *J Int Adv Otol*, 2025; 21(4): 1–7; <https://doi.org/10.5152/iao.2025.251880>.
10. Skarzynski H, Matusiak M, Piotrowska A, Skarzynski PH. Surgical techniques in partial deafness treatment. *J Hear Sci*, 2012; 2(3): 9–13; <https://doi.org/10.17430/883508>.
11. Skarzynski H, Lorens A, Piotrowska A, Anderson I. Partial deafness cochlear implantation provides benefit to a new population of individuals with hearing loss. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2006; 126(9): 934–40; <https://doi.org/10.1080/00016480600606632>.
12. Skarzynski H, Lorens A, Zgoda M, Piotrowska A, Skarzynski PH, Szkielkowska A. Atraumatic round window deep insertion of cochlear electrodes. *Acta Otolaryngol (Stockh)*, 2011; 131(7): 740–9; <https://doi.org/10.3109/00016489.2011.557780>.
13. Richard C, Fayad JN, Doherty J, Linthicum FH. Round window versus cochleostomy technique in cochlear implantation: histological findings. *Otol Neurotol*, 2012; 33(7): 1181–7; <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e318263d56d>.
14. Skarzynski 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 Oto-Laryngol Suppl*, 2013(564): 3–13; <https://doi.org/10.3109/00016489.2013.869059>.
15. Brock PR, Knight KR, Freyer DR, Campbell KCM, Steyger PS, Blakley BW i wsp. Platinum-induced ototoxicity in children: a consensus review on mechanisms, predisposition, and protection, including a new International Society of Pediatric Oncology Boston ototoxicity scale. *J Clin Oncol*, 2012; 30(19): 2408–17; <https://doi.org/10.1200/JCO.2011.39.1110>.
16. Troschel FM, Steike DR, Roers J, Kittel C, Siats J, Parfitt R i wsp. Risk factors for treatment-related sensorineural hearing loss and hearing aid use in medulloblastoma patients: an observational cohort study. *Strahlenther Onkol*, 2025; 201(4): 438–51; <https://doi.org/10.1007/s00066-024-02308-5>.
17. Tan WJT, Vlajkovic SM. Molecular characteristics of cisplatin-induced ototoxicity and therapeutic interventions. *Int J Mol Sci*, 2023; 24(22): 16545; <https://doi.org/10.3390/ijms242216545>.
18. Harris MS, Gilbert JL, Lormore KA, Musunuru SA, Fritsch MH. Cisplatin ototoxicity affecting cochlear implant benefit. *Otol Neurotol*, 2011; 32(6): 969–72; <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e3182255893>.
19. Skarzynski H, Lorens A. Partial deafness treatment. *Cochlear Implants Int*, 2010; 11 Suppl 1: 29–41; <https://doi.org/10.1179/146701010X12671178390799>.
20. Skarżyński H, Skarżyński PH. Nowa strategia leczenia częściowej głuchoty – 18 lat doświadczeń własnych. *Now Audiofonol*, 2014; 3(5): 9–16; <https://doi.org/10.17431/893892>.
21. Abu-Arja MH, Brown AL, Su JM, Okcu MF, Lindsay HB, McGovern SL i wsp. The cochlear dose and the age at radiotherapy predict severe hearing loss after passive scattering proton therapy and cisplatin in children with medulloblastoma. *Neuro Oncol*, 2024; 26(10): 1912–20; <https://doi.org/10.1093/neuonc/noae114>.

Finansowanie

Niniejsze badania i artykuł nie otrzymały żadnej dotacji od agencji działających w sektorze publicznym, komercyjnym lub non-profit.

Mgr Ewelina Bukato, email: e.bukato@ifps.org.pl •  0000-0003-2300-8251

Prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. mgr zarz. Piotr H. Skarżyński, email: p.skarzynski@ifps.org.pl •  0000-0002-4978-1915

Prof. dr hab. med. dr h.c. multi Henryk Skarżyński, email: h.skarzynski@ifps.org.pl •  0000-0001-7141-9851