

# Znaczenie badań obrazowych przed wszczęciem implantu słuchowego u dziecka

## The role of preoperative imaging for auditory implants in children

**Wkład autorów:**

A – Projekt badań  
B – Zbieranie danych  
C – Analiza statystyczna  
D – Interpretacja danych  
E – Przygotowanie manuskryptu  
F – Analiza literatury  
G – Zbieranie funduszy

Karolina Haber<sup>1ABCDEF</sup>, Małgorzata Burzyńska-Makuch<sup>1,2DEF</sup>, Józef Mierziński<sup>1,3ABDEF</sup>

<sup>1</sup>Oddział Otolaryngologii, Audiologii i Foniatrii Dziecięcej, Dziecięcy Program Implantów Słuchowych, Wojewódzki Szpital Dziecięcy w Bydgoszczy; Kierownik: dr hab. n. med. Józef Mierziński

<sup>2</sup>Zakład Diagnostyki Obrazowej, Wojewódzki Szpital Dziecięcy w Bydgoszczy; Kierownik: dr n. med. Hanna Rozmysłowicz

<sup>3</sup>Katedra Pielęgniarstwa Zachowawczego, Collegium Medicum w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika; Kierownik: prof. dr hab. n. med. Andrzej Kurylak

Article history: Received: 03.06.2020 Accepted: 20.06.2020 Published: 30.06.2020

**STRESZCZENIE:**

**Wstęp:** Współczesna kwalifikacja pacjenta do leczenia przy pomocy implantów słuchowych, a szczególnie implantów ślimakowych poza diagnostyką audiologiczną, łączy się z wykonaniem badań obrazowych. Są one niezbędne w ocenie, czy zostały spełnione podstawowe warunki konieczne do implantacji, odpowiadają na szereg pytań dotyczących samej diagnostyki, ale pozwalają również przewidzieć problemy chirurgiczne, które mogą utrudnić lub uniemożliwić wszczęcie urządzenia.

**Cel:** Celem pracy jest przedstawienie protokołu oceny badań obrazowych oraz przedstawienie wyników oceny badań obrazowych ze szczególnym uwzględnieniem czynników mających wpływ na decyzje kliniczne u dzieci kwalifikowanych do wszczęcia implantu ślimakowego.

**Materiał i metody:** Przeanalizowano badania obrazowe 111 dzieci wykonane przed założeniem implantu: HRCT kości skroniowych i MRI głowy. Oceny dokonano zgodnie z przedstawionym protokołem.

**Wyniki:** Stwierdzone w badaniach obrazowych zmiany istotnie modyfikowały decyzje kliniczne u 30% pacjentów. W grupie badanej u 17% pacjentów stwierdzono duże wady ucha wewnętrznego. 2,7% dzieci zdyskwalifikowano z uwagi na duże wady wrodzone ucha uniemożliwiające implantację. 9% pacjentów przeżyło bakteryjne zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych. U 50% z nich doszło do całkowitej lub postępującej osyfkacji ślimaka. U 4,5% pacjentów zastosowano nietypowy dostęp chirurgiczny w czasie implantacji.

**Dyskusja:** Badania obrazowe pozwalają na stwierdzenie istotnych patologii mających wpływ na decyzje kwalifikacyjne i dalsze postępowanie. Optymalne możliwości oceny struktur ucha wewnętrznego przed implantacją umożliwia wykonanie zarówno HRCT, jak i MRI, które w sposób komplementarny uzupełniają się w ocenie istotnych elementów anatomicznych przed kwalifikacją do implantu. U dzieci kwalifikowanych do implantu ślimakowego relatywnie często spotykane są wady wrodzone ucha wewnętrznego oraz osyfkacja ślimaka w przebiegu zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** badania obrazowe, implant ślimakowy, implant pniowy, osyfkacja ślimaka, wady ucha wewnętrznego

**ABSTRACT:**

**Introduction:** Preoperative imaging, besides audiological evaluation, plays a major role in evaluation of candidacy for *auditory implants*, and in particular cochlear implants. It is essential to assess whether the basic criteria necessary for implantation are met. Diagnostic imaging is crucial not only in determining candidacy, but also determining the feasibility of cochlear implantation as it allow to anticipate surgical difficulties which could preclude or complicate the implantation of the device.

**Aim:** The aim of the study is to present the protocol for the evaluation of preoperative imaging studies with particular focus on the factors potentially affecting clinical decisions in children qualified for cochlear implantation.

**Material and methods:** Preoperative imaging studies of 111 children performed prior to cochlear implantation were analyzed: high-resolution computed tomography (HRCT) of temporal bones and MRI. The assessment was made according to the presented protocol.

**Results:** Pathologies and anomalies identified during the assessment of preoperative imaging studies significantly altered clinical decisions in 30% of patients. In the study group, in 17% of patients inner ear malformations were identified. 2.7% of children were

disqualified from a cochlear implantation due to severe congenital inner ear malformations. 9% of the patients have had bacterial meningitis. In 50% of them difficulties related to complete or progressive cochlear ossification occurred. In 4.5% of patients less common surgical approaches other than mastoidectomy with a posterior tympanotomy were applied.

**Discussion:** Preoperative imaging allow for the identification of significant pathologies and anomalies affecting qualification decisions and further treatment. HRCT and MRI are complementary to each other for preoperative imaging. The two modalities in combination allow accurate and optimal evaluation of the anatomical structures prior to implantation. Inner ear malformations and cochlear ossification following meningitis are relatively frequently encountered in children qualified for a cochlear implant.

**KEYWORDS:** auditory brainstem implant, cochlear implant, cochlear ossification, imaging studies, inner ear malformations

## WYKAZ SKRÓTÓW

**ABI** – implant pniowy  
**CC** – wspólna jama  
**CH** – hipoplazja ślimaka  
**EVA** – poszerzony wodociąg przedsionka  
**HRCT** – tomografia komputerowa wysokiej rozdzielczości  
**IAC** – przewód słuchowy wewnętrzny  
**IP** – niepełny podział ślimaka  
**MRI** – rezonans magnetyczny

## WSTĘP

Współczesna kwalifikacja pacjenta do leczenia przy pomocy implantów słuchowych, a szczególnie implantów ślimakowych, a po ustaleniu kryteriów audiologicznych, wiąże się z wykonaniem badań obrazowych [1–4]. Badania te niezbędne są do oceny możliwości i celowości wszczęcia implantu – pozwalają odpowiedzieć na pytanie, czy zostały spełnione podstawowe warunki konieczne do implantacji: obecność możliwej do zaimplantowania przestrzeni, do której można założyć elektrodę, oraz czy istnieje nerw ślimakowy, który pozwoli na przekazanie impulsu do dalszych poziomów drogi słuchowej [1]. Poza odpowiedzią na szereg pytań dotyczących samej diagnostyki i kwalifikacji do implantu, pozwalają określić, czy istnieją dodatkowe czynniki, które mogą komplikować chirurgię lub postępowanie pooperacyjne, utrudnić lub uniemożliwić wszczęcie urządzenia [1–3].

Jedną z ważniejszych przyczyn ograniczających możliwość wszczęcia implantu ślimakowego jest obliteracja przestrzeni płynowych błędnika. Najczęstszą przyczyną obliteracji, szczególnie w populacji pediatrycznej, jest osyfikacja ślimaka w przebiegu zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych [1]. U 2–11% dzieci z zapaleniem opon powikłaniem jest głuchota czuciowo-nerwowa [1]. Najlepszą metodą oceny osyfikacji przestrzeni płynowych błędnika jest rezonans magnetyczny (ang. *magnetic resonance imaging*; MRI) w sekwencji T2 [1, 3]. Kolejnym relatywnie częstym problemem ograniczającym możliwość wszczęcia implantu są wady wrodzone ucha wewnętrznego. Zdarza się, że nie ma możliwości do zaimplantowania przestrzeni lub brakuje nerwu słuchowego, a więc niektóre z wad ucha wewnętrznego stanowią przeciwwskazanie do założenia implantu ślimakowego [5, 6].

U części dzieci z wadami ucha wewnętrznego zastosowanie implantu ślimakowego nie będzie więc skuteczne lub możliwe, a jedyną metodą leczenia pozostaje wszczęcie implantu pniowego.

Międzynarodowy Consensus dotyczący implantacji pniowych u dzieci i pacjentów non-NF2 z 2016 roku wyróżnił 3 grupy radiologicznych wskazań do implantu pniowego. 4 wady ucha wewnętrznego zakwalifikował do wskazań określonych jako „dobrze zdefiniowane wskazania wrodzone” (*well-defined congenital indications*), a także umieścił kilka z wad w grupie możliwych wskazań wrodzonych (*possible congenital indications*) [6]. W takiej sytuacji konieczna jest szczególnie dokładna i indywidualna ocena radiologiczna i kliniczna pacjenta celem zapewnienia dziecku jak najlepszej możliwości leczenia i rehabilitacji.

Wady ucha wewnętrznego są potwierdzane w badaniach obrazowych u 20–30% pacjentów z głębokim niedosłuchem [7]. Wielu spośród nich to pacjenci z obustronnym ciężkim lub głębokim niedosłuchem, którzy kwalifikują się do wszczęcia implantu ślimakowego. Implantacje ślimakowe w wielu takich przypadkach są możliwe, ale niejednokrotnie mogą być bardzo trudne ze względu na napotykaną znaczne trudności chirurgiczne, takie jak: problemy z dostępem do ślimaka, identyfikacja implantowalnej przestrzeni w uchu wewnętrznym, nieprawidłowy przebieg nerwu twarzowego, obfity wyciek perylimfy (Gusher), ryzyko wprowadzenia elektrody w nieprawidłowe miejsce (przewód słuchowy wewnętrzny, hypotympanum, przedsionek) i inne trudno przewidywalne sytuacje, a także konieczność zastosowania różnych dostępów chirurgicznych [1, 5, 8]. Identyfikacja oczywistych wad, takich jak aplazja ślimaka, nie nastęrcza trudności, jednak wiele wad ucha wewnętrznego może zostać przeoczonych lub nieprawidłowo zakwalifikowanych podczas wizualnej oceny tomografii komputerowej [9, 10]. Z tych właśnie powodów bardzo dokładna ocena ucha wewnętrznego w badaniach obrazowych jest niezbędna.

Poza wyżej wymienionymi trudnościami chirurgię mogą utrudniać inne liczne wrodzone i nabyte czynniki, takie jak niekorzystne warianty anatomiczne, np. nieprawidłowy przebieg nerwu twarzowego czy przodująca zatoka esowata [1, 11].

Protokoły doboru badań obrazowych różnią się w zależności od ośrodków i mogą obejmować następujące komplementarne badania: tomografię komputerową wysokiej rozdzielczości (ang. *high-resolution computed tomography*; HRCT) kości skroniowych i/lub MRI. W ośrodku autorów każdorazowo u dzieci wykonywane są dwa badania – HRCT kości skroniowych i MRI, które często należy wykonywać we śnie farmakologicznym ze względu na ograniczoną współpracę dzieci przy badaniu.

Celem pracy jest przedstawienie protokołu oceny badań obrazowych stosowanego w ośrodkach autorów oraz przedstawienie

wyników oceny badań obrazowych ze szczególnym uwzględnieniem patologii mających wpływ na decyzje kwalifikacyjne i dalsze postępowanie u dzieci kwalifikowanych do wszczęcia implantu ślimakowego.

## MATERIAŁ I METODA

Badanie przeprowadzono zgodnie z wymaganiami etycznymi dotyczącymi badań z udziałem ludzi i Deklaracją Helsińską. Numer zgody Komisji Bioetycznej: KB62/2018.

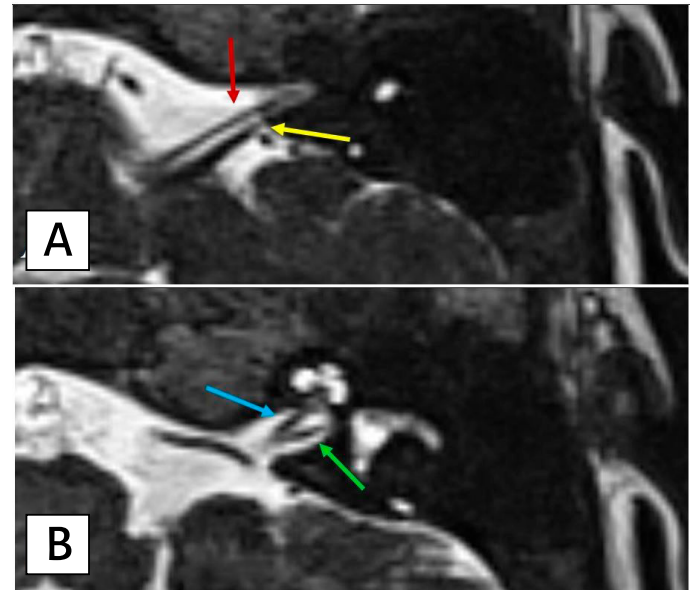
Wykonano retrospektywną analizę dokumentacji medycznej pacjentów hospitalizowanych od 1 stycznia 2010 do 1 czerwca 2020 roku w jednym ośrodku, kwalifikowanych lub poddanych procedurze wszczęcia implantu ślimakowego, u których, w ramach kwalifikacji, wykonano badania obrazowe: HRCT kości skroniowych i MRI głowy. Kryterium wyłączenia z grupy badanej był brak dostępnych badań obrazowych pacjentów.

Przeanalizowano badania obrazowe pacjentów wykonane przed założeniem implantu: MRI głowy oraz HRCT kości skroniowych. Do oceny badań obrazowych wykorzystano program RadiAnt DICOM Viewer. W grupie badanej przeanalizowano badania obrazowe 111 pacjentów w wieku od 4 miesięcy do 17 lat, w tym 41 dziewczynek i 70 chłopców.

Protokół oceny badań obrazowych obejmował:

### Ocenę HRCT kości skroniowych:

1. Pneumatyzację wyrostka sutkowatego wraz z położeniem opony środkowego dołu czaszki; ewentualnego zacielenia komórek powietrznych wyrostka. Pneumatyzację wyrostka sutkowatego klasyfikowano jako:
  - **wyrostek sklerotyczny** – brak pneumatyzacji, niespneumatyzowane obszary są wypełnione zbitą kością,
  - **wyrostek gąbczasty** – częściowa pneumatyzacja, obszary pozbawione pneumatyzacji są wypełnione szpikiem kostnym,
  - **wyrostek pneumatyczny** – komórki powietrzne są duże i liczne.
2. Grubość części korowej wyrostka;
3. Kanały i przebieg nerwów: ślimakowego, twarzowego, przedsionkowego górnego i dolnego;
4. Przebieg nerwu twarzowego w: przewodzie słuchowym wewnętrznym, części błędnikowej, bębenkowej i sutkowej – czy nie jest przesunięty do przodu, odsłonięty, czy istnieje ryzyko uszkodzenia w czasie zabiegu [12].
5. Ocenę struktur naczyniowych: tętnicy szyjnej (czy ma prawidłowy przebieg, czy nie jest odsłonięta), zatoki esowatej (czy nie jest przodująca), opuszki żyły szyjnej (czy nie jest wysoko położona lub odsłonięta);
6. Otoczkę kostną ucha wewnętrznego; aby wykluczyć zmiany jej gęstości i patologie otoczki kostnej ucha wewnętrznego, takie jak: choroba Pageta, otoskleroza, pozapalne zwężenie niszy okienka okrągłego.
7. Ucho wewnętrzne:
  - Ślimak, w tym: ogólny zarys ślimaka, liczba zakrętów, struktura wewnętrzna: obecność wrzecionka i blaszki spiralnej,



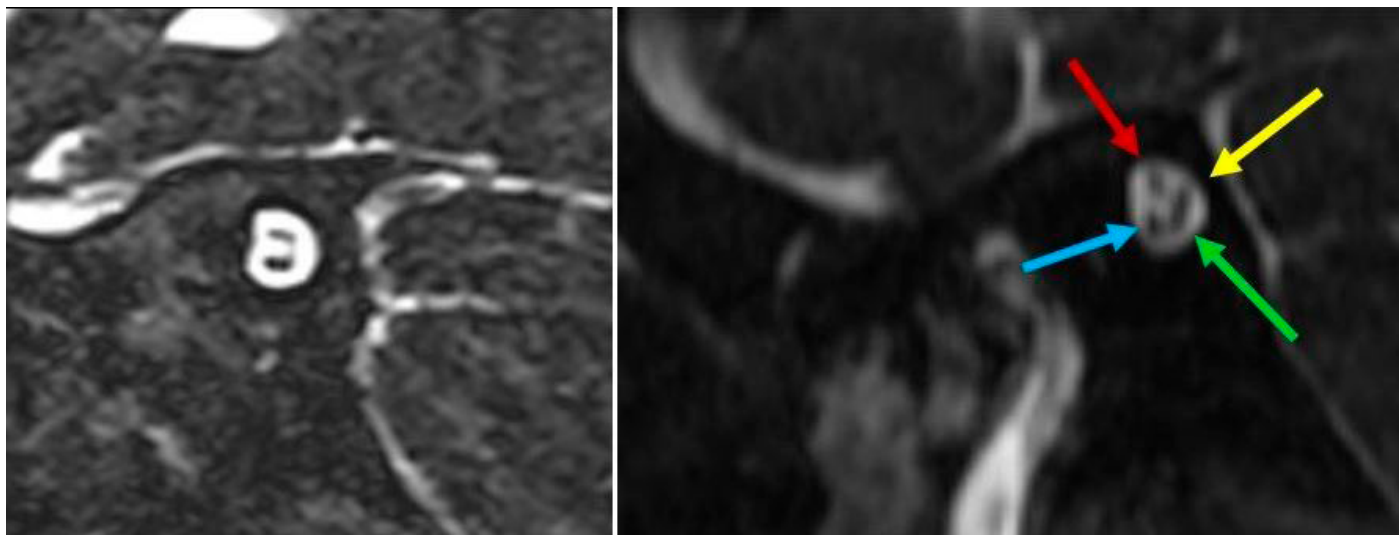
Ryc. 1. Przekrój osiowy, widoczne w sekwencji T2 nerwy: (A) twarzowy (czerwona strzałka) i przedsionkowy górny (żółta strzałka), (B) ślimakowy (niebieska strzałka) i przedsionkowy dolny (zielona strzałka).

ewentualna obliteracja przestrzeni płynowych ślimaka.

- Okienka: owalne, w szczególności okrągłe. Struktura okienka okrągłego (czy jest obecne, nie zwężone, czy dostęp do okienka jest dobry).
  - Przedsionek: ogólny zarys, ogólne ukształtowanie kanałów półkolistych, obecność przetok.
  - Przewód słuchowy wewnętrzny (ang. *internal auditory canal*; IAC) – jeśli jest węższy niż 2 mm w połowie swojej długości w skanie osiowym, istnieje wysokie prawdopodobieństwo hipoplazji lub aplazji nerwu przedsionkowo-ślimakowego [12].
  - Wejście nerwu ślimakowego do ślimaka (*cochlear aperture*) – gdy jego szerokość w skanie osiowym ukazującym wrzecionko i IAC są mniejsze niż 1,4 mm, uważane jest za hipoplastyczne [5]. Może być również aplastyczne, gdy pomiędzy ślimakiem a IAC występuje lita kość [5].
  - Wodociąg przedsionka pod kątem poszerzenia – wodociąg uważa się za poszerzony, jeśli jego szerokość w połowie jego długości w skanie osiowym przekracza 1,5 mm [5].
8. Jamę bębenkową – obecność zmian zapalnych, perlaka;
  9. Obecność dodatkowych patologii;
  10. **Ocenę MRI głowy** – badanie MRI ocenia lepiej tkanki miękkie, pozwala na dokładną ocenę: mózgowia, drogi słuchowej, błędnika błoniastego i struktur nerwowych kości skroniowej [1, 3, 4]. W sekwencji T2 umożliwia ocenę przestrzeni płynowych błędnika, szczególnie istotną pod kątem oceny ich ewentualnego zarastania i oceny jego stopnia w obu uszach.

Ocena w sekwencji T2 w projekcjach osiowej i strzałkowej umożliwia ocenę nerwów VII i VIII (Ryc. 1., 2.).

Protokół oceny badań obrazowych obejmował badanie MRI piramid kości skroniowych, które zostało wykonane w sekwencjach T2 FSE i CISS, 3DT1VIBE, DWI HASTE w przekrojach czołowych i poprzecznych, T2 strzałkowych i T2, FLAIR na mózgowie w przekrojach poprzecznych, w którym oceniano:



Ryc. 2. Przekrój strzałkowy: widoczne w sekwencji T2 nerwy: twarżowy, ślimakowy, przedsionkowy górny i dolny (oznaczenia jak Ryc. 1.)

- wykształcenie: ślimaka, przedsionka i kanałów półkolistych,
- obraz przestrzeni płynowych błędników,
- blaszkę spiralną i wrzecionko,
- symetrię schodów bębena i przedsionka,
- przewody słuchowe wewnętrzne, ich szerokość,
- obraz nerwów VII i VIII w przewodach i zbiornikach kątów mostowo-mózdkowych,
- nerwy ślimakowe,
- piramidy kości skroniowych,
- położenie zatok esowatych i opuszek,
- obraz mózgowia.

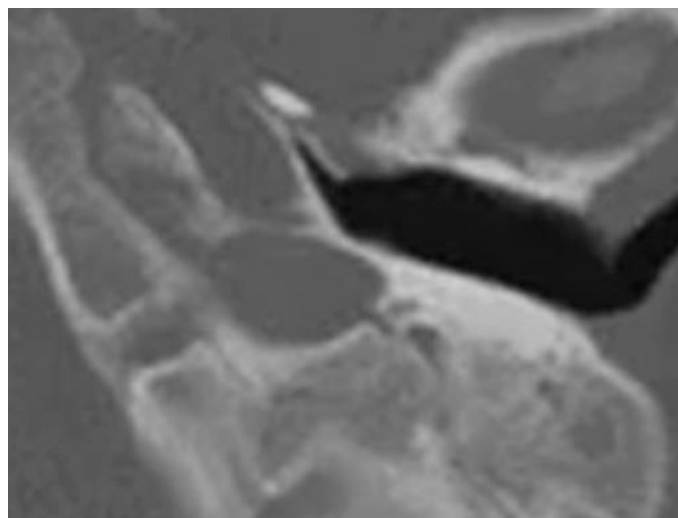
Stwierdzone wady ucha wewnętrznego grupowano według klasyfikacji wad Sennaroğlu z 2017 roku [5]. Wyróżnia ona 8 głównych wad ucha wewnętrznego:

1. całkowitą aplazję błędnika,
2. resztkową otocystę,
3. aplazję ślimaka,
4. wspólną jamę (CC),
5. hipoplazję ślimaka (CH), w tym 4 podtypy: CH-I do CH-IV,
6. niepełny podział ślimaka (ang. *incomplete partition*; IP), w tym 3 podtypy: IP-I-III,
7. poszerzony wodociąg przedsionka (ang. *Enlarged Vestibular Aqueduct*; EVA),
8. nieprawidłowości wejścia nerwu ślimakowego do ślimaka (*cochlear aperture abnormalities*).

## WYNIKI

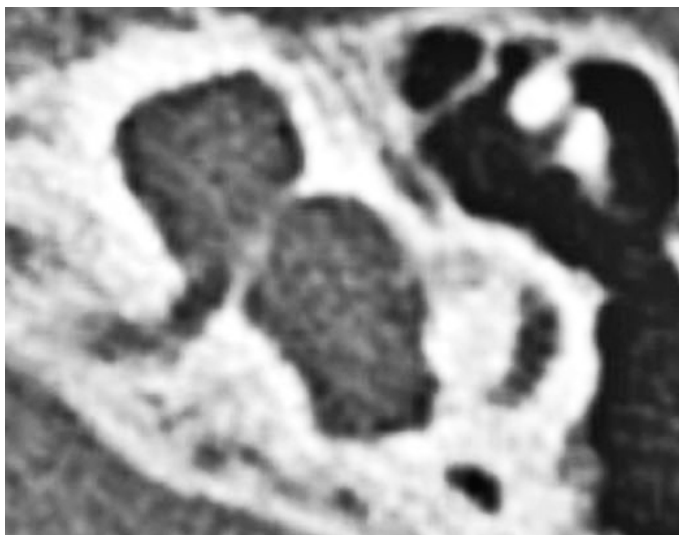
### Wady ucha wewnętrznego

W analizowanej grupie „duże wady” – według klasyfikacji Sennaroğlu – stwierdzono łącznie u 19 (17%) pacjentów w 35 uszach – u dwóch pacjentów wada była jednostronna, u jednego z pacjentów wszczepiono implant ślimakowy w przeciwnym uchu. Rozpoznano 7 z 8 głównych wad wyróżnionych w tej klasyfikacji – jedyną niestwierdzoną była resztkowa otocysta. Do zdiagnozowanych należały:

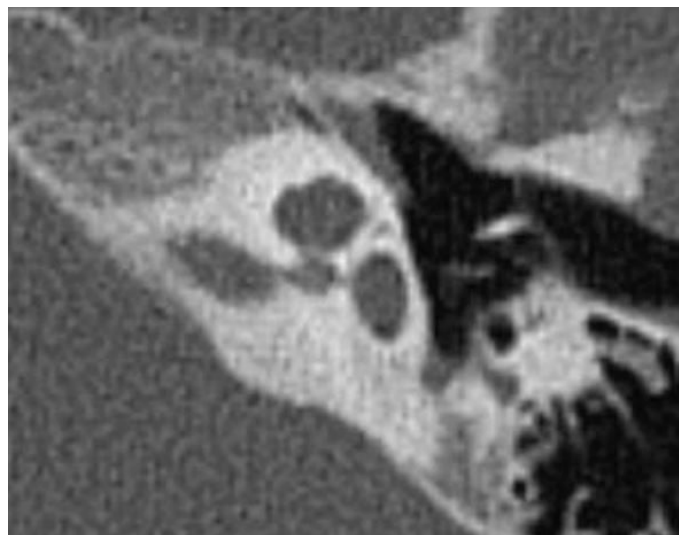


Ryc. 3. Całkowita aplazja błędnika.

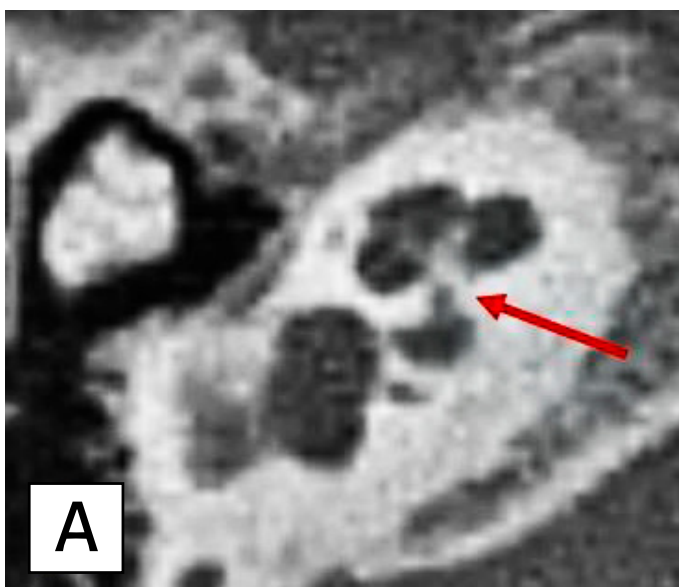
- dwie całkowite aplazje błędnika,
  - jedna aplazja ślimaka,
  - jedna wspólna jama,
  - hipoplazja ślimaka (ang. *cochlear hypoplasia*; CH)
    - wszystkie podtypy:
      - jedna CH – typ I (CH-I),
      - jedna CH – typ II (CH-II),
      - cztery CH – typ III (CH-III),
      - trzy CH – typ IV (CH-IV).
  - IP – wszystkie podtypy:
    - jeden IP – typ I (IP-I),
    - dwa IP – typ II (IP-II),
    - osiem niepełnych podziałów ślimaka – typ III (IP-III),
  - sześć poszerzonych wodociągów przedsionka,
  - pięć nieprawidłowości wejścia nerwu ślimakowego do ślimaka (*cochlear aperture abnormalities*), w tym 3 hipoplazje i 2 aplazje. Dodatkowo u jednej pacjentki z obustronną hipoplazją ślimaka CH-III stwierdzono obustronną aplazję wejścia nerwu ślimakowego do ślimaka.
- Ryc. 3.–6. przedstawiają stwierdzone wady.



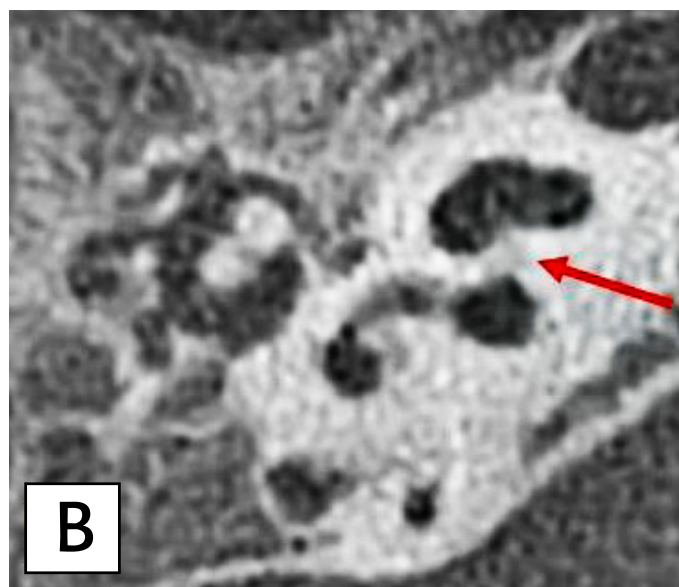
Ryc. 4. Niepełny podział ślimaka.



Ryc. 5. Hipoplazja ślimaka.



A



B

Ryc. 6. Hipoplazja (A) i aplazja (B) wejścia nerwu do ślimaka.

## OBLITERACJA PRZESTRZENI PŁYNOWYCH BŁĘDNIKA

W analizowanej grupie 10 pacjentów (9%) przeszło bakteryjne zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych. 7 (6,3%) z nich zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego.

U jednej (0,9%) pacjentki z jednostronną całkowitą osyfikacją odstąpiono od założenia implantu ślimakowego z uwagi na brak jakichkolwiek zmian w uchu przeciwnym i prawidłowy słuch, kwalifikując pacjentkę do dalszej regularnej obserwacji. Dwoje (1,8%) dzieci zgłosiło się zbyt późno z całkowitą osyfikacją ślimaków (Ryc. 7A., B.).

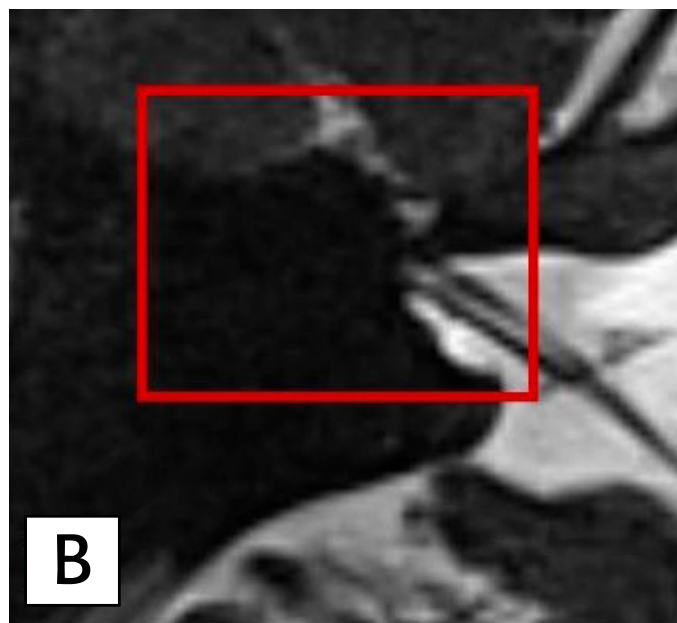
U 18 dzieci (16%) zdiagnozowano: wysięk ucha/uszu (14 dzieci – 12,6%), stan po drenażu wentylacyjnym uszu (2 dzieci – 1,8%), przewlekłe zapalenie uszu z perlakiem (2 dzieci – 1,8%).

## PRZEWLEKŁE ZAPALENIE UCHA Z PERLAKIEM

Przewlekłe zapalenie ucha z perlakiem zostało potwierdzone u dwóch (1,8%) pacjentów. U jednej (0,9%) dziewczynki stwierdzono śródoperacyjnie perlaka wrodzonego (Ryc. 8.). U drugiego (0,9%) pacjenta z obustronną głuchotą czuciowo-nerwową, operowanego z powodu perlakowego zapalenia ucha środkowego, ze względu na stwierdzoną wznowę perlaka i planowane wszczęcie implantu ślimakowego, wykonano petrosektomię boczną, usunięto perlak jamy bębnekowej i zamknięto przewód słuchowy zewnętrzny (*blind sac procedure*).

## ZAPALENIE UCHA

W trakcie diagnostyki obrazowej lub zabiegu płyn i/lub zmiany miękko tkankowe w przestrzeniach ucha środkowego rozpoznano



Ryc. 7. Całkowita osyfikacja ślimaka w przebiegu zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych – CT (A) i MRI (B).

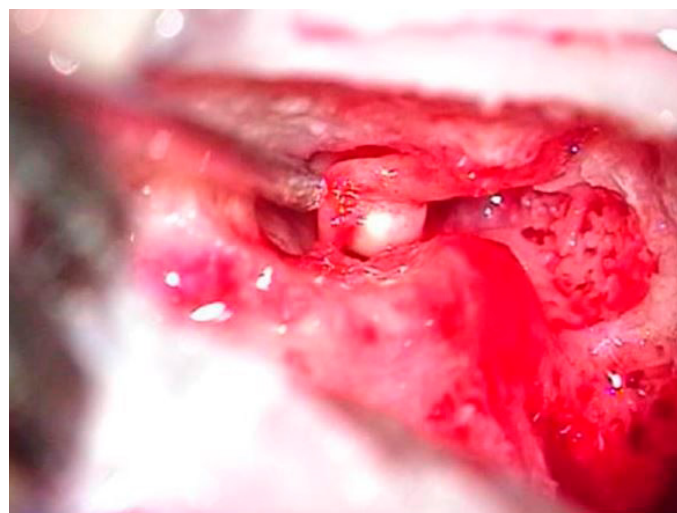
u 14 (12,6%) pacjentów. U 6 (5,4%) dzieci zmiany były jednostronne, w tym u 4 (3,6%) dzieci stwierdzone w uchu do implantu, u 2 (1,8%) w uchu nieoperowanym. U 5 (4,5%) dzieci zmiany były obustronne. U 2 (1,8%) z tych dzieci nie zdiagnozowano śródoperacyjnie zmian zapalnych. Ponadto u 3 pacjentów w trakcie zabiegu stwierdzono zmiany zapalne, których nie potwierdzono w badaniach obrazowych. Dodatkowo dwójka dzieci (1,8%) posiadała dreny wentylacyjne: jedna z pacjentek posiadała obustronnie dreny wentylacyjne założone 5 miesięcy przed wszczęciem implantu, a jeden chłopiec posiadał dren w uchu z implantem.

## INNE PRZYPADKI

U 1 (0,9%) pacjenta – ze względu na obecność zastawki komorowo-otrzewnowej – implant zlokalizowano pionowo nad małżowiną uszną, by ominąć układ zastawkowy. U 1 (0,9%) pacjenta z obustronną głuchotą czuciowo-nerwową, nabytą po stronie prawej i wrodzoną po stronie lewej, wszczepiono implant ślimakowy w uchu prawym, w którym wcześniej założono implant BAHA, a następnie usunięto wspornik przed wszczęciem implantu ślimakowego. Stwierdzone w badaniach obrazowych zmiany, które istotnie wpłynęły na decyzje kliniczne i dalszy sposób postępowania, przedstawia Tab. I.

## DYSKUSJA

Badania obrazowe pełnią decydującą rolę podczas kwalifikacji i przygotowania do wszczęcia implantu ślimakowego [1, 3–5]. Pozwalają nie tylko podjąć decyzję o wszczęciu implantu ślimakowego lub pniowego, ale także pełnią rolę w wyborze dostępu chirurgicznego operowanego ucha, wyborze elektrody bądź pozwalają na przewidzenie wielu trudności chirurgicznych [1, 3–5].



Ryc. 8. Perlak wrodzony stwierdzony śródoperacyjnie w czasie wszczęcia implantu ślimakowego.

## KWALIFIKACJA DO WSZCZEPIENIA IMPLANTU ŚLIMAKOWEGO

U części pacjentów zastosowanie implantu ślimakowego nie jest skuteczne lub wręcz niemożliwe [5, 6, 13]. Rozwiązaniem w tej grupie pacjentów i jedyną szansą na dostęp do świata dźwięków są implanty pniowe (ABI). Do leczenia takiego zakwalifikuje się tylko niewielka grupa dzieci. W 2015 roku zaledwie 200 dzieci na świecie miało wszczepiony implant pniowy (ang. *Auditory Brainstem Implant*; ABI) [14].

Pierwszą grupą pacjentów, u których badania obrazowe pozwolą na podjęcie o decyzji o rodzaju implantu słuchowego, są ci z wadami ucha wewnętrznego. Obecnie wskazania do ABI obejmują dwie grupy patologii stwierdzonych w badaniach obrazowych [6, 15]:

Tab. I. Wpływ stwierdzonych w badaniach obrazowych patologii na decyzje kliniczne.

STWIERDZONA PATOLOGIA	LICZBA PACJENTÓW	POSTĘPOWANIE
<b>WADY UCHA WEWNĘTRZNEGO – 19 (17%) PACJENTÓW</b>		
<b>1. WADY WRODZONE UCHA WEWNĘTRZNEGO BĘDĄCE PRZECIWSKAZANIEM DO IMPLANTU – 3 PACJENTÓW (2,7%)</b>		
Całkowita obustronna aplazja błędników (dziecko 8-letnie)	1 (0,9%)	Dyskwalifikacja z wszczęcia implantu
Aplazja ślimaka z poszerzonym przedsionkiem ucha lewego i CH ucha prawego, brak komunikacji żadnej z tych przestrzeni z nerwem (dziecko 12-miesięczne)	1 (0,9%)	Dyskwalifikacja z wszczęcia implantu ślimakowego Zakwalifikowano do wszczęcia implantu pionowego – oczekuje na implantację
CH z aplazją wejścia nerwu ślimakowego do ślimaka (dziecko 8-letnie)	1 (0,9%)	Dyskwalifikacja z wszczęcia implantu ślimakowego
<b>2. WADY WRODZONE UCHA WEWNĘTRZNEGO, W KTÓRYCH MOŻLIWE JEST WSZCZEPIENIE IMPLANTU – 16 PACJENTÓW (14,4%)</b>		
CC – ucho prawe, CH	1 (0,9%)	Modyfikacja dostępu chirurgicznego – kochleostomia „banana” – przez wyrostek sutkowaty. Wybór elektrody: CI24RE(ST) (Cochlear™), Cochlear Limited z pełnymi pierścieniami
CH-II ucho lewe, przeszerzenie komunikują się z nerwem, stan po dwukrotnej próbie implantacji w uchu ze wspólną jamą	1 (0,9%)	Usunięcie tylnej ściany z pozostawieniem przewodu, skóry i błony bębenkowej, którą odsunięto wraz z przesunięciem opuszki żyły szyjnej przestaniającej okienko okrągłe ku dołowi.
Obustronna CH-III, szczątkowy wyrostek sutkowaty, przodująca i lateralizująca zatoka esowata oraz wysoko położona opuszka żyły szyjnej zewnętrznej	1 (0,9%)	Zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego, dziecko 4-miesięczne w czasie wykonania badań obrazowych, oczekuje na implantację. Planowane zastosowanie krótszej elektrody
Obustronna CH-IV	1 (0,9%)	Zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego do ucha z IP-I Wybór elektrody: CI512 (Cochlear™), Cochlear Limited
CH-IV i niepełny podział IP-I	1 (0,9%)	Zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego do ucha z IP-II Wybór elektrody: CI512 (Cochlear™), Cochlear Limited
Obustronny niepełny podział IP-II	1 (0,9%)	Zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego Wybór elektrody: CI512 (Cochlear™), Cochlear Limited
Obustronny niepełny podział IP-III	2 (1,8%)	Zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego Wybór elektrody: CI512 (Cochlear™), Cochlear Limited
Obustronny niepełny podział IP-III, przesunięty do przodu nerw twarzowy	2 (1,8%)	Modyfikacja dostępu chirurgicznego – dostęp retrofajalny Wybór elektrody: CI512 (Cochlear™), Cochlear Limited
Poszerzony wodociąg przedsionka	4 (3,6%)	Zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego
Wady wejścia nerwu ślimakowego do ślimaka	3 (2,7%)	Zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego
<b>OBLITERACJA PRZESTRZENI PŁYNOWYCH BŁĘDNIKA – 10 PACJENTÓW (9%)</b>		
Całkowita osyfikacja ślimaków stwierdzona w CT i MRI w sekwencji T2	2 (1,8%)	Dyskwalifikacja z wszczęcia implantu ślimakowego
Prawidłowy obraz przestrzeni płynowych błędnika, nie stwierdzono obliteracji ślimaka w badaniach obrazowych	1 (0,9%)	Pacjenta zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego, śródoperacyjnie stwierdzono przestrzenie ucha wewnętrznego wypełnione tkanką łączną, co uniemożliwiło wprowadzenie elektrody. Odstąpiono od wszczęcia implantu ślimakowego.
Prawidłowy obraz przestrzeni płynowych błędnika, nie stwierdzono obliteracji ślimaka w badaniach obrazowych	1 (0,9%)	W trakcie wszczęcia implantu do ucha lewego stwierdzono rozległe zmiany zapalne w przestrzeniach ucha środkowego – odroczone założenie implantu o 4 tygodnie. W wykonanym kontrolnym MRI stwierdzono obliterację ucha wewnętrznego po stronie wcześniej operowanej i założono implant do ucha prawego.
Jednostronna całkowita osyfikacja ślimaka, prawidłowy słuch ucha przeciwnego	1 (0,9%)	Dyskwalifikacja z wszczęcia implantu ślimakowego.
W badaniach obrazowych stwierdzono częściowe zmiany pozapalne – odcinkowe zatarcie sygnału przestrzeni płynowych	2 (1,8%)	Pacjentów zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego. Przed wprowadzeniem właściwej elektrody do ślimaka zastosowano tester głębokości Contour Advance (Cochlear™), Cochlear Limited Wybór elektrody: CI512 (Cochlear™), Cochlear Limited
Prawidłowy obraz przestrzeni płynowych błędnika, nie stwierdzono obliteracji ślimaka w badaniach obrazowych	3 (2,7%)	Pacjentów zakwalifikowano do wszczęcia implantu ślimakowego Wybór elektrody: CI512 (Cochlear™), Cochlear Limited
<b>ZMIANY ZAPALNE – 2 PACJENTÓW (1,8%)</b>		
Perlak wrodzony stwierdzony śródoperacyjnie podczas wszczęcia drugiego implantu w trybie sekwencyjnym	1 (0,9%)	Zmianę usunięto w całości, jednocześnie wszczęto implant ślimakowy
Obustronny głęboki niedosłuch czuciowo-nerwowy, stan po operacji ucha prawego z powodu perlaka, stwierdzono wznowę perlaka	1 (0,9%)	Ze względu na wycieki z ucha i obecność wznowy perlaka wykonano petrosektomię boczną, usunięto perlak jamy bębenkowej i zamknięto przewód słuchowy zewnętrzny ( <i>blind sac procedure</i> ). Następnie po 12 miesiącach założono implant ślimakowy do ucha operowanego.
<b>INNE PRZYPADKI – 2 PACJENTÓW (1,8%)</b>		
Obecność zastawki komorowo-otrzewnowej	1 (0,9%)	Modyfikacja lokalizacji implantu – implant zlokalizowano pionowo nad małżowiną uszną, by ominąć układ zastawkowy
Stan po implantacji BAHA	1 (0,9%)	Przed wszczęciem implantu ślimakowego usunięto wspornik implantu BAHA; modyfikacja lokalizacji implantu ślimakowego

1. brak możliwości umieszczenia elektrody implantu w pobliżu struktur nerwowych,
2. brak funkcjonującego połączenia pomiędzy uchem wewnętrznym a dalszymi piętrami drogi słuchowej.

Wady, takie jak: aplazja błędniaka, ślimaka, nerwu ślimakowego czy wejścia nerwu ślimakowego do ślimaka stanowią według Consensusu z 2016 roku wskazanie do implantu pniowego [6]. Pozostałe wady – CH z hipoplazją wejścia nerwu do ślimaka, wspólna jama (ang. *common cavity*; CC), niepełny podział typ I (bez lub z nerwem VIII), brak podziału nerwu na część przedsionkową i ślimakową (*unbranched CVN*), hipoplazja nerwu ślimakowego (zdefiniowana radiologicznie jako nerw mający 50% rozmiarów prawidłowego nerwu lub o średnicy mniejszej niż nerw twarzowy) mogą stanowić potencjalne wskazanie do ABI i w takiej sytuacji każdy przypadek powinien być rozpatrzony indywidualnie [6]. Konieczna jest dokładna ocena radiologiczna i audiologiczna pacjenta. Co więcej, w części przypadków wad wrodzonych droga do implantu pniowego często prowadzi przez implant ślimakowy. W przypadku decyzji o implancie ślimakowym jako pierwszym rozwiązaniu pacjent jest obserwowany przez okres kilku miesięcy, dopiero w razie braku korzyści z implantu ślimakowego podejmowana jest decyzja o wszczepieniu implantu pniowego [6, 13]:

U 3 pacjentów (2,7%) stwierdzono duże wady wrodzone, które wpłynęły na decyzję o kwalifikacji do implantu:

1. u dziecka 8-letniego z całkowitą obustronną aplazją błędniaków,
2. u dziecka 8-letniego z wrodzoną hipoplazją ślimaków CH-III z aplazją wejścia nerwu ślimakowego do ślimaka.

Żadne z tych dzieci nie zostało zakwalifikowane do wszczepienia implantu ślimakowego.

3. u dziecka z aplazją ślimaka z poszerzonym przedsionkiem ucha lewego i hipoplazją ślimaka typ I ucha prawego, u którego nie stwierdzono w badaniach obrazowych komunikacji żadnej z tych przestrzeni z nerwem oraz reakcji na dźwięki w czasie oceny behawioralnej. Pacjentkę tę zakwalifikowano do wszczepienia implantu pniowego, dziecko oczekuje na implantację.

Kolejnym istotnym problemem jest obliteracja przestrzeni płynowych błędniaka. Może do niej dochodzić w przebiegu procesów zapalnych (takich jak: przewlekłe zapalenie ucha, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, różyczka, świnka, inne infekcje wirusowe), zaburzeń metabolizmu kostnego (Choroba Pageta, otosklerozę), innych chorób (ziarniniakowatość z zapaleniem naczyń, zespół Cogana) czy urazu [1]. U dzieci najczęściej dochodzi do osyfikacji ślimaka w przebiegu bakteryjnego zapalenia opon mózgowo-rdzeniowych [1]. Uważa się, że główną drogą szerzenia się procesu zapalnego w kierunku ucha wewnętrznego jest wodociąg ślimaka [1, 3]. Zmiany w przestrzeniach płynowych błędniaka są stwierdzone nawet u 80% pacjentów z głuchotą nabytą po przebytych zapaleniu opon mózgowo-rdzeniowych [1, 16, 17]. Osyfikacja ślimaka najczęściej obejmuje schody bębienka w pobliżu okienka okrągłego i zakręt podstawny ślimaka, rzadziej zakręty środkowy, szczytowy i schody przedsionka [1]. Badaniem umożliwiającym najbardziej dokładną ocenę osyfikacji przestrzeni płynowych błędniaka jest MRI w sekwencji T2 [1, 3].

W ośrodku autorów dzieci z głębokim niedosłuchem z cechami początków obliteracji ślimaka po zapaleniu opon mózgowo-rdzeniowych są kwalifikowane do pilnej implantacji. Według konsensusu dotyczącego implantacji pniowych u dzieci z 2011 oraz 2016 roku, w przypadku gdy w MRI w sekwencjach T2 zależnych widoczne są przestrzenie płynowe, implant ślimakowy powinien być pierwszą opcją leczenia [6, 13]. Gdy jednak stwierdzona zostanie całkowita osyfikacja ślimaka i zupełny brak widocznych przestrzeni płynowych błędniaków – szansa na efektywne wszczepienie implantu ślimakowego jest niewielka i dzieci takie powinny być kandydatami do implantu pniowego [6, 13].

W badanej grupie 10 (9%) pacjentów przeżyło bakteryjne zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych. 7 z 10 dzieci zakwalifikowano do wszczepienia implantu ślimakowego. U 2 z 7 dzieci zakwalifikowanych do wszczepienia implantu wystąpiły dodatkowe trudności. U 1 spośród wymienionych 2 pacjentów, u którego badania obrazowe nie wykazały osyfikacji ślimaka, podjęto nieudaną próbę implantacji z wykorzystaniem testera głębokości Contour Advance. Śródoperacyjnie nie stwierdzono jeszcze osyfikacji, ale przestrzenie ucha wewnętrznego wypełnione były zbitą tkanką łączną, co uniemożliwiło wprowadzenie testera głębokości zarówno do schodów bębienka, jak i schodów przedsionka, dlatego też odstąpiono od wprowadzenia elektrody.

U drugiego z dzieci, zakwalifikowanego do implantu 2 miesiące po przebytych zapaleniu opon mózgowo-rdzeniowych, w trakcie wszczepienia implantu do ucha lewego, stwierdzono rozległe zmiany zapalne w przestrzeniach ucha środkowego. Wykonano mastoidektomię z tympanotomią tylną i usunięto zmiany ziarninowe ucha środkowego lewego. Ze względu na zmiany zapalne ucha środkowego odroczone założenie implantu o 4 tygodnie. W wykonanym kontrolnym MRI stwierdzono obliterację ucha wewnętrznego po stronie wcześniej operowanej i założono implant do ucha prawego.

5 spośród zakwalifikowanych 7 otrzymało implant ślimakowy bez dodatkowych komplikacji. 3 spośród 10 dzieci zdyskwalifikowano ze wszczepienia implantu ślimakowego, w tym 1 dziewczynkę z jednostronną całkowitą obliteracją błędniaka i dobrym słuchem ucha przeciwnego oraz dwoje dzieci, które zgłosiły się zbyt późno z całkowitą osyfikacją ślimaków. Jeden z pacjentów przeżył pneumokokowe zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych około 1. roku życia. W wieku 3,5 roku zgłosił się do ośrodka autorów, z obustronnym niedosłuchem rzędu 50/60 dB, gdzie został obustronnie zainstalowany. W ciągu 6 miesięcy doszło do progresji niedosłuchu, a w wykonanych badaniach obrazowych zdiagnozowano całkowitą osyfikację błędniaków. Dziecko zdyskwalifikowano z wszczepienia implantu ślimakowego. Decyzja o zaimplantowaniu dziecka niespełniającego kryteriów audiologicznych i relatywnie dobrze słyszącego w aparatach jest niełatwa, jednak w tej sytuacji odroczenie implantacji doprowadziło do całkowitej obliteracji ślimaka i obustronnej głuchoty bez szans na efektywne założenie implantu ślimakowego.

Spośród 10 dzieci, u których stwierdzono obliterację przestrzeni płynowych błędniaka, tylko u 5 nie wystąpiły dodatkowe trudności. U 5 z 10 dzieci doszło do całkowitej lub postępującej osyfikacji ślimaka.



## OCENA WARUNKÓW ANATOMICZNYCH I CZYNNIKÓW MOGĄCYCH UTRUDNIĄĆ IMPLANTACJĘ

Poza oceną możliwości wszczęcia implantu, badania obrazowe są niezbędne do oceny patologii mogących utrudnić wszczęcie implantu, takich jak niekorzystne warianty anatomiczne czy zmiany zapalne [1, 11]. Do najczęściej spotykanych niekorzystnych warunków anatomicznych należą: słaba pneumatyzacja wyrostka sutkowatego, przodująca zatoka esowata, wysoko ułożona opuszka żyły szyjnej, przesunięta tętnica szyjna, obniżona opona środkowego dołu czaszki, obnażony lub przesunięty ku przodowi nerw twarzowy, brak/hipoplazja okienka okrągłego [1, 3, 4, 11, 18].

Zarówno przodująca zatoka esowata (stwierdzana u 1,6% pacjentów), jak i obniżona opona dołu środkowego czaszki czy sklerotyczny, słabo rozwinięty wyrostek sutkowaty mogą utrudniać dostęp chirurgiczny i wykonanie tympanotomii tylnej [1, 3]. W badanej grupie stwierdzono nieprawidłowy przebieg zatoki esowatej u 5 (4,5%) pacjentów. Wysoko położona opuszka żyły szyjnej opisywana jest u 6% populacji [1]. W badanej grupie wysoko położoną opuszkę żyły szyjnej stwierdzono u 7 pacjentów (6,3%). Istnieje kilka kryteriów rozpoznania: kiedy opuszka rozciąga się do poziomu ipsilateralnego dna przewodu słuchowego wewnętrznego lub powyżej zakrętu podstawnego ślimaka [4]. Istnieje ryzyko uszkodzenia wysoko położonej opuszki żyły szyjnej podczas zabiegu i spowodowania masywnego krwawienia [1]. Niezwykle rzadko opuszka może przesłaniać promontorium i okienko okrągłe lub być odsłonięta [1]. W opisywanym materiale zdarzyło się to u 1 (0,9%) pacjenta, u którego opuszkę odsłonięto i przesunięto, odsłaniając okienko okrągłe.

Tętnica szyjna wewnętrzna – w tym przypadku ocena obejmuje poziomy i pionowy odcinek tętnicy w kości skroniowej, aby wykluczyć jej nieprawidłowy przebieg lub ubytki w ścianie kostnej tętnicy. Zbacząca tętnica szyjna wchodzi do tylnej części ucha środkowego przez poszerzony kanalik bębenkowy dolny, biegnie do przodu, wzdłuż promontorium i łączy się z poziomą częścią kanału tętnicy szyjnej.

Nieprawidłowy przebieg nerwu twarzowego – obnażony lub przesunięty ku przodowi nerw twarzowy wiąże się z większym ryzykiem jego uszkodzenia [3]. Nieprawidłowy przebieg nerwu twarzowego częściej występuje u pacjentów z wadami ucha wewnętrznego [1, 5, 12]. Tympanotomia tylna, czyli dostęp do zachyłka nerwu twarzowego, stosowany standardowo podczas wszczęcia implantu ślimakowego, ograniczona jest od tyłu przez nerw twarzowy, od przodu przez strunę bębenkową, a od góry przez dół kowadełka. W przypadku, gdy nerw przemieszczony jest do przodu, wykonanie dostatecznie szerokiej tympanotomii tylnej, umożliwiającej wystarczającą wizualizację okienka okrągłego może być trudne. Podczas oceny badań obrazowych konieczna jest ocena możliwości wizualizacji okienka okrągłego przez tympanotomię tylną. Okienko okrągłe nie jest widoczne przez tympanotomię tylną w 7–24% przypadków z powodu wariantów anatomicznych przebiegu nerwu twarzowego lub położenia ślimaka [18]. Wiele badań wykazało przydatność i korelację oceny HRCT kości skroniowych z możliwością uwidocznienia okienka okrągłego [18].

Wąski IAC – w przypadku zwężenia IAC należy podejrzewać możliwość występowania hipoplazji lub aplazji nerwu przedstonkowo-ślimakowego [3, 5].

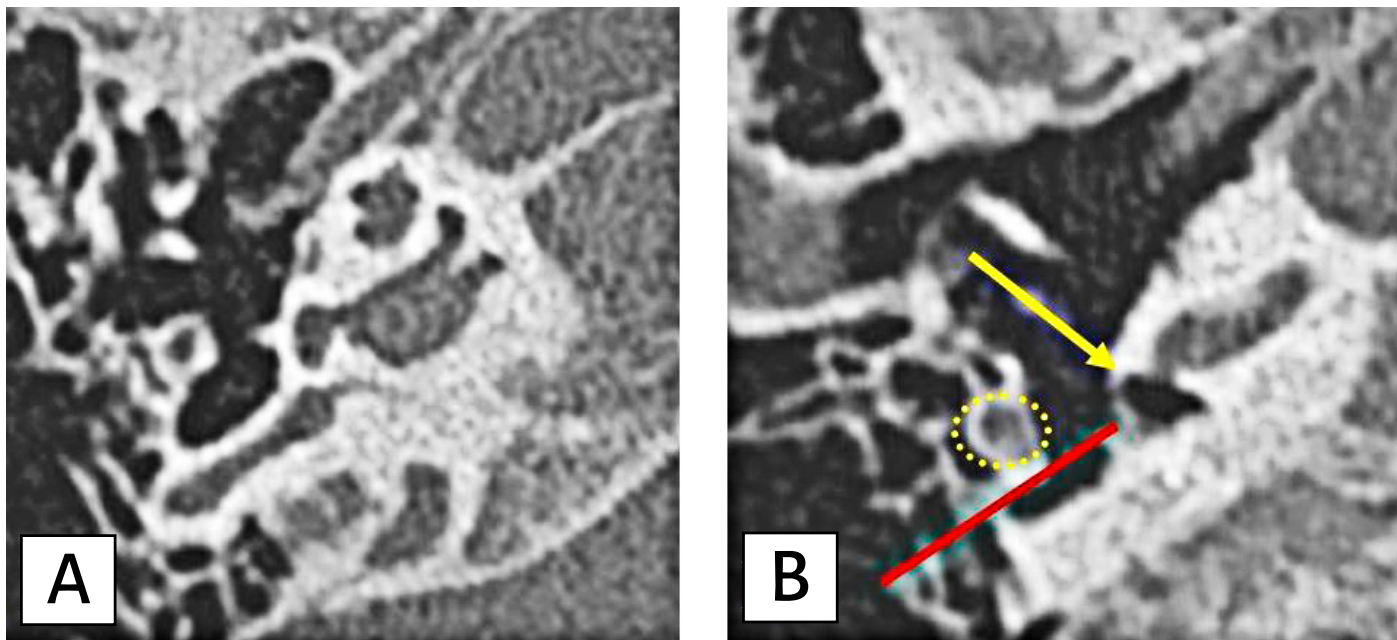
Należy wspomnieć, że niekorzystne warianty i odmienności anatomiczne są częstsze wśród pacjentów z wadami ucha wewnętrznego [5]. Dokładna ocena badań obrazowych w takich przypadkach jest niezbędna.

Kolejnym problemem jest stan zapalny ucha środkowego, w tym szczególnie przewlekłe zapalenie ucha środkowego. Częstość występowania przewlekłego zapalenia ucha środkowego u pacjentów kwalifikowanych do wszczęcia implantu ślimakowego wynosi od 2,2 do 10,9% [19]. Badania obrazowe pozwalają ocenić zakres stwierdzonych zmian i dodatkową ewentualną obliterację błędniaka w tej grupie pacjentów. Początkowo zapalenie ucha środkowego uważano za przeciwwskazanie do CI z uwagi na ryzyko późniejszych powikłań [20]. Obecnie wszczęcie implantu ślimakowego u pacjentów z przewlekłym zapaleniem ucha, w tym szczególnie obustronnym przewlekłym zapaleniem ucha środkowego lub u których w uchu przeciwnym nie ma wskazań lub możliwości założenia implantu, może być relatywnie skuteczną metodą leczenia [19, 20, 21]. Ryzyko powikłań jest jednak większe [20, 21]. Istnieje kilka sposobów postępowania z takimi chorymi, w tym wszczęcie elektrody implantu ślimakowego przez dostęp przez środkowy dół czaszki czy wykonanie petrosektomii bocznej [19, 22–24].

Kontrowersje dotyczą głównie trzech aspektów implantacji: operacji jednoczasowych i dwuetapowych w aktywnym zapaleniu, wskazań do petrosektomii bocznej oraz wyboru dostępu operacyjnego [19]. Według Hellingman i wsp., w większości ośrodków preferowane są operacje dwuetapowe u pacjentów z aktywnym przewlekłym zapaleniem lub przewlekłym perlakowym zapaleniem, z odstępem 3–6 miesięcy między etapami [20]. W przypadku aktywnego przewlekłego zapalenia w pierwszym etapie może być wykonana petrosektomia, ze wszczęciem CI po uzyskaniu stabilizacji [20]. Zabieg jednoetapowy może być dobrą alternatywą dla pacjentów z nieaktywnym przewlekłym zapaleniem ucha środkowego (perforacje błony bębenkowej bez wycieku, przewlekłe zrostowe zapalenie ucha).

W analizowanej grupie u 1 (0,9%) z pacjentów wykonano petrosektomię boczną. U chłopca z obustronnym głębokim niedosłuchem operowanego z powodu przewlekłego perlakowego zapalenia ucha, ze względu na wycieki z ucha i obecność wznowy perlaka, wykonano petrosektomię boczną, usunięto perlak jamy bębenkowej i zamknięto przewód słuchowy zewnętrzny (*blind sac procedure*). Następnie po 12 miesiącach założono implant ślimakowy do ucha operowanego.

U jednej (0,9%) dziewczynki stwierdzono śródoperacyjnie perlaka wrodzonego [25]. Pacjentka z głębokim niedosłuchem uwarunkowanym genetycznie otrzymała dwa implanty w trybie sekwencyjnym – pierwszy około 12. miesiąca życia. W wykonanych wówczas badaniach obrazowych nie stwierdzono dodatkowych patologii w żadnym z uszu. Po dwóch latach od pierwszej implantacji dziewczynkę zakwalifikowano do wszczęcia drugiego implantu. Badania obrazowe nie są powiawiane rutynowo w ośrodku



Ryc. 9. (A, B). Pacjent z wadą wrodzoną IP-III, implant założono z dostępu retrofaccjalnego (nerw twarzowy – żółty obrys, okienko okrągłe – żółta strzałka).

autorów przed założeniem drugiego implantu. Śródoperacyjnie stwierdzono izolowaną perlę naskórkową pomiędzy progiem nerwu twarzowego, stawem kowadełkowo-strzemiączkowym i wyrostkiem ślimakowatym, spełniającą definicję perlaka wrodzonego. Zmianę usunięto w całości wraz z kowadełkiem, miejsca przylegania perlaka odparowano laserem i podjęto decyzję o wszczępieniu implantu. Pooperacyjnie nie stwierdzono wznowy perlaka.

## WYBÓR DOSTĘPU CHIRURGICZNEGO

Dostęp do ucha środkowego przez tympanotomię tylną opisał po raz pierwszy Jansen w 1957 roku [26, 27]. Obecnie standardowym dostępem podczas wszczępienia implantu jest mastoidektomia z tympanotomią tylną. Wariantem dostępu bez konieczności wykonywania mastoidektomii jest dostęp *suprameatal approach* zaproponowany przez Kronenberga w 2004 roku [27]. Dostęp ten polega na podniesieniu płata tympanomeatalnego, wykonaniu bruzdy w przewodzie słuchowym do tyłu i góry od struny bębenkowej bocznie od młoteczka, a następnie połączeniu jej z tunelem wywierconym nad przewodem słuchowym zewnętrznym [28]. W piśmiennictwie światowym opisano ponadto kilka innych technik, które mogą być wykorzystane, gdy niemożliwe jest uwidocznienie okienka okrągłego przez tympanotomię tylną, takich jak dostęp podwójny (*combined transmastoid/transcanal approach*), dostęp endoskopowy (*transcanal endoscopic approach*), dostęp retrofaccjalny (*retrofacial approach*), poszerzenie tympanotomii tylnej kosztem struny bębenkowej, operacja techniką otwartą czy mobilizacja nerwu twarzowego [18, 24]. Dostęp retrofaccjalny opisał po raz pierwszy Pulec w roku 1996 [18, 29]. Obejmował usunięcie kości w rejonie ograniczonym od przodu przez nerw twarzowy, kanał półkolisty tylny od tyłu i kanał półkolisty boczny od góry [18]. Zastosowanie tego dostępu jest ograniczone w przypadku przodującej zatoki esowatej,

wysoko położonej opuszki żyły szyjnej, anomalii przebiegu nerwu twarzowego i wysoko położonej opony tylnego dołu czaszki [18]. Yilmazer i wsp. przedstawili 3 kryteria oceny HRCT kości skroniowych, określające przydatność tego dostępu:

1. linia biegnąca od okienka okrągłego do zatoki esowatej przebiega do tyłu od nerwu twarzowego,
2. opuszka żyły szyjnej nie przesłania okienka okrągłego,
3. odległość między kanałem półkolistym tylnym a nerwem twarzowym jest większa niż 3 mm [18].

W przypadku części pacjentów, wymienione wyżej dostępy również mogą okazać się nieprzydatne. W przypadku przewlekłego zapalenia ucha środkowego, nawracających wycieków z ucha, częściowej osyfifikacji ślimaka i niektórych wad ucha wewnętrznego opisywano w literaturze zastosowanie dostępu ze środkowego dołu czaszki – *middle fossa approach* jako alternatywnego dostępu u tej grupy pacjentów [24]. Wszczępienie elektrody implantu ślimakowego przez środkowy dół czaszki zaproponował Coletti, a w Polsce Szyfter i wsp. [23, 30].

W przypadku niektórych z wad ucha wewnętrznego, takich jak CC czy cystyczne postaci hipoplazji ślimaka, zastosowanie klasycznej mastoidektomii z tympanotomią tylną może być niekiedy nieskuteczne, z uwagi na anomalie przebiegu nerwu twarzowego czy trudności w identyfikacji okienka okrągłego [31]. Stosowanymi alternatywami są operacja techniką otwartą lub labiryntotomia przez wyrostek sutkowaty [32]. Elektroda może być wprowadzona do jamy poprzez podwójną kochleostomię, pojedynczą szczelinę (*single-slit*) lub kochleostomię „banana” [33–35].

Kolejnym istotnym problemem, mogącym wymagać zastosowania innego dostępu chirurgicznego, jest osyfifikacja ślimaka, gdy postępująca obliteracja schodów bębenka może uniemożliwić standardowe wszczępienie elektrody o pełnej długości [16, 17].

W piśmiennictwie opisano różne techniki chirurgiczne umożliwiające wszczepienie implantu ślimakowego w takich sytuacjach jak: częściowa implantacja, *double-array*, wsteczne założenie elektrody, założenie elektrody do schodów przedsionka, procedura *drill-out* czy *radical cochleostomy* [16, 17, 36].

W naszym ośrodku pięciokrotnie (4,5%) zastosowaliśmy odstępstwa od klasycznej mastoidectomii z tympanotomią tylną:

- 2 dostępy retrofacjalne u pacjentów z obustronną wadą ucha wewnętrznego typu IP-III (Ryc. 9),
- usunięcie tylnej ściany z pozostawieniem przewodu, skóry i błony bębenkowej, którą odsunięto wraz z przesunięciem opuszki żyły szyjnej przesłaniającej okienko okrągłe ku dołowi u pacjenta z obustronną hipoplazją ślimaka CH-III,
- kochleostomia „banana” – przez wyrostek sutkowaty – u 1 pacjentki ze wspólną jamą [34],
- petrosectomia boczna u wyżej opisanego pacjenta z przewlekłym zapaleniem ucha.

## WYBÓR ELEKTRODY

Badania obrazowe mogą być również przydatne do prawidłowego doboru odpowiedniej elektrody i określenia jej optymalnej długości. W niektórych z wad ucha wewnętrznego dostępna implantowalna przestrzeń jest mniejsza, jak w hipoplazji ślimaka, lub stanowi jedną wspólną jamę złożoną z przedsionka i ślimaka, w której obwodowo znajdują się włókna nerwowe jak w przypadku wspólnej jamy [5].

CC jest pierwszą z wad, w których konieczne może być zastosowanie innego rodzaju elektrody. W HRCT stwierdzana jest pojedyncza, kulista struktura odpowiadająca ślimakowi i przedsionkowi, która łączy się z IAC, najczęściej w środku [5]. Jama ta zawiera struktury nerwowe nerwu przedsionkowego i ślimakowego na swoim obwodzie – *cochleovestibular nerve*, najczęściej w przedniej i dolnej części jamy [5, 34, 35]. Podczas implantacji w CC korzystne jest zastosowanie elektrod prostych o pełnych pierścieniach, biegnących na zewnętrznej ścianie jamy, co zapewni najlepszy kontakt z włóknami nerwowymi położonymi na obwodzie [34, 35]. Przykładami takich elektrod są: CI24RE(ST) (Cochlear™), *Cochlear Limited* czy MED-EL™ FORM [34, 37]. Rozmiary implantowalnej przestrzeni mogą być różne, dlatego konieczne jest wcześniejsze określenie długości elektrody, które jest możliwe dzięki pomiarom średnicy jamy w HRCT kości skroniowych. Określenie promienia ( $r$ ) wspólnej jamy pozwala określić odpowiednią długość elektrody, która powinna wynosić  $l = 2\pi r$ , gdzie  $r$  to promień jamy CC [34]. W badanej grupie u 1 (0,9%) pacjentki z tą wadą zastosowano prostą elektrodę CI24RE(ST) (Cochlear™), *Cochlear Limited* [34].

Kolejną wadą ucha wewnętrznego, w której konieczne jest odpowiednie zaplanowanie zabiegu i doboru elektrody, jest hipoplazja ślimaka. W wadzie tej istnieją osobno wykształcone ślimak i przedsionek, architektura wewnętrzna ślimaka jest zmieniona, a wymiary zewnętrzne ślimaka są mniejsze [5]. W związku z mniejszymi rozmiarami ślimaka i różnymi zaburzeniami jego architektury wewnętrznej z węższymi przestrzeniami płynowymi, zalecane są krótsze i cieńsze elektrody. Przykładem elektrod wykorzystywanych w tej wadzie są Nucleus STR24K i MED-EL™ FORM19 [31, 37].

W przypadku małych, cystycznych hipoplastycznych ślimaków korzystne jest również zastosowanie prostych elektrod o pełnych pierścieniach, możliwe jest wykonanie szczelinowatej kochleostomii lub kochleostomii „banana” [34].

Kolejną istotną wadą jest IP. W wadzie tej z powodzeniem stosowano elektrody, takie jak: CI24RE, CI24RE(ST), CI24RST, CI24M, CI24RCS, CI612 (Cochlear™), *Cochlear Limited*, *Clarion HiRes 90 K*, MED EL™ FORM24 i FORM19 [38, 39]. W przypadku IP-I i IP-III korzystniejsze mogą być elektrody proste o pełnych pierścieniach [31]. W IP-II, z uwagi na zachowane wrzecionko w części dolnej, możliwe jest zastosowanie również elektrody okołowrzecionkowej/perimodiolarnej [31]. W badanej grupie u 6 (5,4%) pacjentów z wadami typu IP zdecydowano się na zastosowanie perimodiolarnej elektrody CI512 (Cochlear™), *Cochlear Limited*. Elektroda ta utrzymywana jest w prostej pozycji przez platynowy sztylet. Sztylet stopniowo usuwa się w czasie wprowadzania elektrody do ślimaka, a elektroda przyjmuje predefiniowany kształt. W wadzie typu IP często występuje szeroka komunikacja ślimaka z przewodem słuchowym wewnętrznym [5]. Elektrodę prostą łatwo w takim przypadku wprowadzić bezpośrednio do przewodu słuchowego wewnętrznego, przebiegającego w linii, wzdłuż której prowadzi się elektrodę przez tympanotomię tylną lub z dostępu retrofacjalnego. Zastosowanie perimodiolarnej elektrody, przyjmującej zagięty kształt w miarę usuwania sztyletu, pozwoliło na bardziej kontrolowane wprowadzenie jej do ślimaka. U żadnego z pacjentów nie doszło do umieszczenia elektrody w przewodzie słuchowym wewnętrznym.

W przypadku pozapalnej osyfikacji ślimaka preferowane mogą być elektrody grubsze, a zatem sztywniejsze. Spośród dwóch perimodiolarnych elektrod: CI532 (Cochlear™), *Cochlear Limited* i CI512 (Cochlear™), *Cochlear Limited*, w niektórych ośrodkach CI512 jest elektrodą preferowaną, gdy spodziewany jest opór w czasie wprowadzania elektrody do ślimaka [40]. W badanej grupie u wszystkich pacjentów, którzy otrzymali implant ślimakowy po zapaleniu opon mózgowo-rdzeniowych, zastosowano elektrodę CI512.

W przypadku obliteracji błędnika niezwykle korzystnym rozwiązaniem, chroniącym przed niepotrzebną utratą elektrody implantu, jest zastosowanie testera głębokości. Przykładem takiego jest tester głębokości *Contour Advance* (Cochlear™), *Cochlear Limited*. Wyglądem przypomina on elektrodę implantu ślimakowego i pozwala na sprawdzenie, czy przestrzenie płynowe w ślimaku nie uległy obliteracji zanim wprowadzona zostanie właściwa elektroda implantu.

## HRCT I MRI – BADANIA KOMPLEMENTARNE

Oba badania są komplementarne i pozwalają na całościową ocenę kości skroniowej (Tab. II.). HRCT kości skroniowych pozwala na lepszą ocenę struktur kostnych, przebiegu nerwu twarzowego, anatomii zachyłka nerwu twarzowego, jamy bębenkowej i wyrostka sutkowatego oraz otoczki kostnej błędnika [1, 3]. RI z kolei wykazuje większą przydatność podczas oceny struktur nerwowych (zwłaszcza w sekwencji T2), przestrzeni płynowych błędnika, pozwala również na ocenę ośrodkowego układu nerwowego [1, 3]. MRI nie wiąże się

Tab. II. Porównanie przydatności HRCT kości skroniowych i MRI.

HRCT	MRI
<ul style="list-style-type: none"> <li>ocena struktur kostnych,</li> <li>wrostek sutkowaty – pneumatyzacja,</li> <li>jama bębnekowa – kosteczki słuchowe, okienko okrągłe,</li> <li>błędnik kostny: otoczka kostna błędnika zarys, ogólna budowa ślimaka, wrzecionko, wejście nerwu ślimakowego do ślimaka (<i>bony cochlear nerve canal</i>),</li> <li>przebieg nerwu VII.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>przestrzeń płynowa błędnika – cechy obliteracji,</li> <li>IAC i przebiegające w nim nerwy,</li> <li>kąt mostowo-mózdzkowy,</li> <li>dalszy przebieg drogi słuchowej w OUN,</li> <li>ocena mózgowia.</li> </ul>

z dodatkowym narażeniem dzieci na promieniowanie, jednak często wymaga znieczulenia ogólnego dziecka ze względu na ograniczoną współpracę i relatywnie długi czas badania.

Najważniejsze pytania, na które pozwala odpowiedzieć diagnostyka obrazowa przed wszczęciem implantu, to:

- czy istnieje możliwość umieszczenia elektrody w ślimaku, czy dostępna jest implantowalna przestrzeń (wady ucha wewnętrznego lub osyfikacja ślimaków),
- czy obecny jest nerw ślimakowy, który pozwoli na przekazanie bodźców do dalszych, prawidłowych poziomów drogi słuchowej.

## PIŚMIENNICTWO

- Mierzwiński J., Puricelli M.D., Burzyńska-Makuch M., Rivera A.L., Fishman A.J.: Principles of CI Imaging. W: Implantable Hearing Devices, red.: C. de Souza, P. Roland DLT. Plural Publishing Inc, San Diego, USA 2017, 103–143.
- Fishman A.J.: Imaging and anatomy for cochlear implants. *Otolaryngol Clin North Am.*, 2012; 45(1): 1–24.
- Marsot-Dupuch K., Meyer B.: Cochlear implant assessment: Imaging issues. *Eur J Radiol.*, 2001; 40(2): 119–132.
- Vaid S., Vaid N.: Imaging for cochlear implantation: structuring a clinically relevant report. *Clin Radiol.*, 2014; 69(7): e9–e24.
- Sennaroglu L., Bajin M.D.: Classification and Current Management of Inner Ear Malformations. *Balkan Med J.*, 2017; 34(5): 397–411.
- Sennaroglu L., Colletti V., Lenarz T., Manrique M., Laszig R. et al.: Consensus statement: Long-term results of ABI in children with complex inner ear malformations and decision making between CI and ABI. *Cochlear Implants Int.*, 2016; 17(4): 163–171.
- Shim H.J., Shin J.-E., Chung J.W., Lee K.-S.: Inner ear anomalies in cochlear implantees: importance of radiologic measurements in the classification. *Otol Neurotol.*, 2006; 27(6): 831–837.
- Aldhafeeri A.M., Alsanosi A.A.: Management of surgical difficulties during cochlear implant with inner ear anomalies. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.*, 2017; 92: 45–49.
- D'Arco F., Talenti G., Lakshmanan R., Stephenson K., Siddiqui A., Carney O.: Do Measurements of Inner Ear Structures Help in the Diagnosis of Inner Ear Malformations? A Review of Literature. *Otol Neurotol.*, 2017; 38(10): e384–e392.
- Lan M.Y., Shiao J.Y., Ho C.Y., Hung H.C.: Measurements of normal inner ear on computed tomography in children with congenital sensorineural hearing loss. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*, 2009; 266(9): 1361–1364.
- Polanski J.F., Lucinda L.R., Linder T.: Eight Items to Check on a Temporal Bone CT-Scan. *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec.*, 2018; 80(5–6): 338–344.
- Sennaroglu L., Tahir E.: A Novel Classification: Anomalous Routes of the Facial Nerve in Relation to Inner Ear Malformations. *Laryngoscope*, 2020. doi:10.1002/lary.28596.
- Sennaroglu L., Colletti V., Manrique M., Laszig R., Offeciers E. et al. Auditory brainstem implantation in children and non-neurofibromatosis type 2 patients: a consensus statement. *Otol Neurotol.*, 2011; 32(2): 187–191.
- Puram S.V., Lee D.J.: Pediatric Auditory Brainstem Implant Surgery. *Otolaryngol Clin North Am.*, 2015; 48(6): 1117–1148.
- Noji K.S., Kozin E.D., Sethi R., Shah P.V., Kaplan A.B. et al.: Systematic Review of Nontumor Pediatric Auditory Brainstem Implant Outcomes. *Otolaryngol Head Neck Surg.*, 2015; 153(5): 739–750.
- Yan T., Zong F., Ma X., Xu X., Chen W. et al.: Cochlear implantation in patients with ossified cochleas. *Am J Otolaryngol.*, 2019; 40(2): 183–186.
- Roland J.T., Coelho D.H., Pantelides H., Waltzman S.B.: Partial and double-array implantation of the ossified cochlea. *Otol Neurotol.*, 2008; 29(8): 1068–1075.
- Yilmazer R., Gerring R.C., Sidani C., Wolfowitz A., Angeli S.I., Telischi F.F.: The Feasibility of Retrofacial Approach for Cochlear Implantation. *Otol Neurotol.*, 2018; 39(7): e550–e556.
- Yoo M.H., Park H.J., Yoon T.H.: Management options for cochlear implantation in patients with chronic otitis media. *Am J Otolaryngol.*, 2014; 35(6): 703–707.
- Hellingman C.A., Dunnebie E.A.: Cochlear implantation in patients with acute or chronic middle ear infectious disease: A review of the literature. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*, 2009; 266(2): 171–176.
- Rak K., Völker J., Schendzielorz P., Kaulitz S., Steinbach J. et al.: Cochlear implantation in chronic otitis media: Investigation of long-term speech comprehension and rate of complications. *Otol Neurotol.*, 2018; 39(10): e979–e984.
- Szymański M., Siwiec H., Szymańska A., Morshed K.: Petrosektomia subtotalna z wszczęciem implantu ślimakowego w przewlekłym zapaleniu ucha środkowego. *Otolaryngol Pol.*, 2009; 63(1): 47–49.
- Szyfyer W., Colletti V., Pruszewicz A., Kopeć T., Szymiec E. et al.: Implantacja wszczętu ślimakowego z dojścia przez środkowy dół czaszki. *Otolaryngol Pol.*, 2001; 55: 389–393.
- Lesser J.C.L., de Brito Neto R.V., de Souza Queiroz Martins G., Ferreira Bento R.: Cochlear Implantation through the Middle Fossa Approach: A Review of Related Temporal Bone Studies and Reported Cases. *Int Arch Otorhinolaryngol.*, 2017; 21(1): 102–108.

- czy występują wady wrodzone lub zmienności anatomiczne, mogące znacznie utrudniać lub uniemożliwiać implantację.

## WNIOSKI

Stwierdzone w badaniach obrazowych zmiany istotnie modyfikowały decyzje kliniczne u 30% pacjentów. Przedstawione wyniki potwierdzają, iż badania obrazowe są niezbędnym elementem kwalifikacji pacjentów do wszczęcia implantu słuchowego. W istotny sposób wpływają na decyzje kliniczne – dotyczące samej kwalifikacji oraz dalszego postępowania u poszczególnych pacjentów. Decyzje te mogą obejmować dyskwalifikację z implantu ślimakowego, wybór dostępu chirurgicznego czy odpowiedniej elektrody, czy też kwalifikację do implantu pniowego. W grupie badanej u 17% pacjentów stwierdzono duże wady ucha wewnętrznego. 2,7% wszystkie dzieci zdyskwalifikowano z wszczęcia implantu ślimakowego z uwagi na duże wady wrodzone ucha. 9% pacjentów przeżyło bakteryjne zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych. U 50% z nich wystąpiły trudności związane z całkowitą lub postępującą osyfikacją ślimaka. U 4,5% pacjentów zastosowano nietypowy dostęp chirurgiczny w czasie implantacji. Optymalne możliwości oceny struktur ucha wewnętrznego przed implantacją umożliwia wykonanie zarówno HRCT, jak i MRI, które w sposób komplementarny uzupełniają się w ocenie istotnych elementów anatomicznych przed kwalifikacją do implantu.

25. Mierzwiński J., Fishman A., Grochowski T., Drewa S., Drela M. et al. Cochlear implant and congenital cholesteatoma. *J Otolaryngol Head Neck Surg.*, 2016; 45(1): 8.
26. Jansen C.: The combined approach for tympanoplasty. *J Laryngol Otol Suppl.*, 1983; 8(9): 90–91.
27. Kronenberg J., Baumgartner W., Migirov L., Dagan T., Hildesheimer M.: The suprameatal approach: An alternative surgical approach to cochlear implantation. *Otol Neurotol.*, 2004; 25(1): 41–44.
28. Kronenberg J., Migirov L.: The suprameatal approach: an alternative surgical technique for cochlear implantation. *Cochlear Implants Int.*, 2006; 7(3): 142–147.
29. Pulec J.L.: Sinus tympani: retrofacial approach for the removal of cholesteatomas. *Ear Nose Throat J.*, 1996; 75(2): 77, 81–83, 86–88.
30. [30] Colletti V., Fiorino F.G., Carner M., Sacchetto L., Giardini N.: New approach for cochlear implantation: Cochleostomy through the middle fossa. *Otolaryngol Head Neck Surg.*, 2000; 123(4): 467–474.
31. Sennaroglu L.: Cochlear Implantation in Inner Ear Malformations – A Review Article. *Cochlear Implants Int.*, 2010; 11(1): 4–41.
32. Sennaroglu L., Gursel B., Sennaroglu G., Yucel E., Saatci I.: Vestibular stimulation after cochlear implantation in common cavity deformity. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2001; 125(4): 408–410.
33. Beltrame M.A., Frau G.N., Shanks M., Robinson P., Anderson I.: Double posterior labyrinthotomy technique: Results in three Med-El patients with common cavity. *Otol Neurotol.*, 2005; 26(2): 177–182.
34. Mierzwiński J., Van Den Heuvel E., Fishman A.J., Rivera A.L., Haber K., Skrivan J.: Application of “banana cochleostomy” and looped electrode insertion for cochlear implantation in children with common cavity malformation and cystic forms of cochlear hypoplasia. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.*, 2018; 112: 16–23.
35. Hu H.C., Chen W.K.H., Huang M.J., Lin C.C., Chen J.K.C.: Rounded insertion technique for cochlear implantation surgery to treat cystic inner ear malformation. *Laryngoscope*, 2019; doi:10.1002/lary.28425.
36. Balkany T., Bird P.A., Hodges A.V., Luntz M., Telischi F.F.: Surgical technique for implantation of the totally ossified cochlea. *Laryngoscope*, 1998; 108(7): 988–992.
37. Gaur S.K., Dutt S.N., Kumar A.: The common cavity vs incomplete partition type I conundrum: Decision making and management with the cochlear implant form electrode. *Cochlear Implants Int.*, 2019; 20(3): 158–163.
38. Suk Y., Lee J.H., Lee K.-S.: Surgical outcomes after cochlear implantation in children with incomplete partition type I: comparison with deaf children with a normal inner ear structure. *Otol Neurotol.*, 2015; 36(1): e11–7.
39. Eftekharian A., Eftekharian K., Mokari N., Fazel M.: Cochlear implantation in incomplete partition type I. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*, 2019; 276(10): 2763–2768.
40. Videhult Pierre P., Eklöf M., Smeds H., Asp F.: Cochlear implantation with the CI512 and CI532 precurved electrode arrays: One-year speech recognition and intraoperative thresholds of electrically evoked compound action potentials. *Audiol Neurotol.*, 2020; 24(6): 299–308.

Word count: 6233

Tables: 2

Figures: 9

References: 40

DOI: 10.5604/01.3001.0014.2438 Table of content: <https://otolaryngologypl.com/issue/13600>

Copyright: Some right reserved: Polish Society of Otorhinolaryngologists Head and Neck Surgeons. Published by Index Copernicus Sp. z o.o.

Competing interests: The authors declare that they have no competing interests.



The content of the journal „Polish Society of Otorhinolaryngologists Head and Neck Surgeons” is circulated on the basis of the Open Access which means free and limitless access to scientific data.



This material is available under the Creative Commons – Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). The full terms of this license are available on: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

Corresponding author: Lek. med. Karolina Haber; Oddział Otolaryngologii, Audiologii i Foniatrii Dziecięcej, Wojewódzki Szpital Dziecięcy w Bydgoszczy; ul. Chodkiewicza 44, 85-667 Bydgoszcz, Polska; e-mail: karolina.haber.757@gmail.com

Cite this article as: Haber K., Burzyska-Makuch M., Mierzwiński J.: The role of preoperative imaging for auditory implants in children; *Otolaryngol Pol*, 2021; 75 (1): 23-35