

Przesłano do redakcji:
22.12.2025
Zaakceptowano po recenzji:
25.02.2026
Opublikowano:
31.07.2026

Wpływ wczesnej implantacji ślimakowej u dzieci na rozwój umiejętności słuchowych i językowych – przegląd literatury

The impact of early cochlear implantation in children on the development of auditory and language skills – a literature review

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

Beata Dziendziel^{1AC-F} , Małgorzata Dębińska^{2DE} , Kalina Cyz^{1EF} ,
Marta Mrówka^{1BC} , Elżbieta Włodarczyk^{1DF} , Henryk Skarżyński^{2FG} 

¹ Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu,
Klinika Rehabilitacji, Warszawa/Kajetany

² Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, Światowe Centrum Słuchu,
Klinika Oto-Ryno-Laryngochirurgii, Warszawa/Kajetany

Streszczenie

Wprowadzenie: Implantacja ślimakowa u dzieci z wrodzonym, obustronnym głębokim niedosłuchem czuciowo-nerwowym stanowi podstawową interwencję wspomagającą rozwój percepcji słuchowej oraz kompetencji językowych. Wczesne wszczepienie implantu pozwala na optymalne wykorzystanie okresu największej neuroplastyczności mózgu i uzyskanie potencjalnie lepszych wyników w rozwoju słuchowym i językowym, jednak wymaga uwzględnienia ryzyka związanego z procedurą chirurgiczną oraz długoterminowym funkcjonowaniem urządzenia.

Materiał i metody: Narracyjny przegląd literatury przeprowadzono z wykorzystaniem elektronicznej bazy PubMed. Strategia wyszukiwania opierała się na anglojęzycznych słowach kluczowych w formie kombinacji zgodnych z systemem Medical Subject Headings (MeSH). Do analizy włączono wyłącznie artykuły opublikowane po 2000 roku, w których badano wpływ wczesnej implantacji ślimakowej na rozwój umiejętności słuchowych i językowych u dzieci.

Wyniki: Do analizy zakwalifikowano 23 pełnotekstowe artykuły, w których opisane badania potwierdziły korzystny wpływ wczesnej implantacji ślimakowej na rozwój słuchowy i językowy u dzieci. Najwyższe wyniki obserwowano u dzieci implantowanych przed 12. miesiącem życia, zarówno w zakresie funkcji słuchowych, percepcji dźwięków, jak i rozwoju językowego. Analiza literatury pozwoliła wyróżnić cztery główne obszary funkcjonalne: 1) funkcje słuchowe i percepcja dźwięków; 2) nadawanie (produkcja) i zrozumiałość mowy; 3) rozumienie języka i zasób słownictwa; 4) rozwój komunikacyjny i społeczny. Dane dotyczące bezpieczeństwa wskazują, że implantacja u niemowląt jest procedurą stosunkowo bezpieczną, z niską częstością poważnych zdarzeń niepożądanych.

Wnioski: Wczesna implantacja ślimakowa wspomaga rozwój słuchowy i językowy u dzieci z prelingwalną głuchotą, przy czym największe korzyści obserwuje się u dzieci implantowanych przed 12. miesiącem życia. Uzyskane wyniki były również modulowane przez czas użytkowania implantu, zastosowane narzędzia oceny oraz czynniki kliniczne i środowiskowe.

Słowa kluczowe: implantacja ślimakowa • wczesna implantacja • percepcja słuchowa • percepcja mowy • testy językowe

Abstract

Introduction: Cochlear implantation in children with congenital, bilateral, profound sensorineural hearing loss represents a key intervention supporting the development of auditory perception and language skills. Early implantation, which allows optimal use of the period of greatest brain neuroplasticity and potentially better outcomes in auditory and language development, requires consideration of the risks associated with the surgical procedure and long-term device performance.

Material and methods: A narrative literature review was conducted using the electronic PubMed database. The search strategy was based on English-language keywords in combinations consistent with the Medical Subject Headings (MeSH) system. Only articles

Autor korespondencyjny: Beata Dziendziel, Klinika Rehabilitacji, Światowe Centrum Słuchu,
Instytut Fizjologii i Patologii Słuchu, ul. Mokra 17, Kajetany, 05-830 Nadarzyn;
email: b.dziendziel@ifps.org.pl

published after 2000 that examined the impact of early cochlear implantation on the development of auditory and language skills in children were included in the analysis.

Results: Twenty-three full-text articles were included in the analysis, confirming the beneficial effects of early cochlear implantation on auditory and language development in children. The highest outcomes were observed in children implanted before 12 months of age, in terms of auditory function, sound perception, and language development. The literature analysis allowed the identification of four main functional domains: 1) auditory function and sound perception, 2) speech production and intelligibility, 3) language comprehension and vocabulary, and 4) communicative and social development. Safety data indicate that implantation in infants is relatively safe, with a low incidence of serious adverse events.

Conclusions: Early cochlear implantation supports auditory and language development in children with prelingual deafness, with the greatest benefits observed in children implanted before 12 months of age. Outcomes are also influenced by implant use duration, assessment tools employed, and clinical and environmental factors.

Keywords: cochlear implantation • early implantation • auditory perception • speech perception • language tests

Skrót	Rozwinięcie skrótu	Odpowiednik w języku polskim
BIT	<i>Beginner's Intelligibility Test</i>	–
CAP	<i>Categories of Auditory Performance</i>	–
CNC	<i>Consonant-Nucleus-Consonant (test)</i>	–
DLD	developmental language disorder	rozwojowe zaburzenie językowe
EF	executive functions	funkcje wykonawcze
EHC	Ear and Hearing Care	–
FDA	Food and Drug Administration	Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków
GAEL-P	<i>Grammatical Analysis of Elicited Language – Pre-sentence level</i>	–
GASP	<i>Glendonald Auditory Screening Procedure</i>	–
IT-MAIS	<i>Infant-Toddler Meaningful Auditory Integration Scale</i>	–
LEAQ	<i>LittleEARS Auditory Questionnaire</i>	kwestionariusz LittleEARS
LNT	<i>Lexical Neighborhood Test</i>	–
MCDI	<i>MacArthur-Bates Communicative Development Inventories</i>	–
MeSH	Medical Subject Headings	Medyczne Hasła Przedmiotowe
MLNT	<i>Multisyllabic Lexical Neighborhood Test</i>	–
MUSS	<i>Meaningful Use of Speech Scale</i>	–
NICE	National Institute for Health and Care Excellence	–
PBK	<i>Phonetically Balanced Kindergarten (test)</i>	–
PLS	<i>Preschool Language Scale</i>	–
PPVT	<i>Peabody Picture Vocabulary Test</i>	–
PSI	<i>Pediatric Speech Intelligibility (test)</i>	–
QHS	<i>Quality of Hearing Scale</i>	–
RDLS	<i>Reynell Developmental Language Scales</i>	–
SIR	<i>Speech Intelligibility Rating</i>	–
SLI	specific language impairment	specyficzne zaburzenie językowe
SSF-MCDI	Short Form MCDI	skrótowa wersja testu MCDI
TROG	<i>Test for Reception of Grammar</i>	–
WHA	World Health Assembly	Światowe Zgromadzenie Zdrowia
WHO	World Health Organization	Światowa Organizacja Zdrowia

Wprowadzenie

U dzieci z wrodzonym, obustronnym niedosłuchem czuciowo-nerwowym w stopniu znacznym lub głębokim implantacja ślimakowa stanowi istotną szansę na rozwój percepcji słuchowej oraz kompetencji językowych i komunikacyjnych. Kryteria kwalifikujące do tej interwencji zmieniały się w ostatnich dekadach. Zmiany te odzwierciedlają się zarówno w regulacjach prawnych, jak i praktyce klinicznej. W 1990 roku Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (ang. Food and Drug Administration, FDA) po raz pierwszy zatwierdziła zastosowanie wielokanałowego implantu ślimakowego u dzieci z obustronnym głębokim niedosłuchem czuciowo-nerwowym. Wraz z postępem technologicznym oraz rozwojem wiedzy klinicznej kryteria kwalifikacji systematycznie rozszerzano. W 2000 roku FDA dopuściła implantację u dzieci od 12. miesiąca życia, natomiast w 2020 roku granicę tę obniżono do 9. miesiąca życia [1].

Należy jednak podkreślić, że kryteria kwalifikacyjne do implantacji ślimakowej różnią się istotnie między poszczególnymi krajami, a niekiedy także między regionami w obrębie jednego państwa [2]. W krajach nieobjętych wytycznymi FDA, w tym państwach europejskich, implanty ślimakowe stosowano nawet u kilkumiesięcznych dzieci [3]. Pomimo tej różnorodności praktyk obecnie brakuje jednolitego, ogólnoeuropejskiego systemu ramowego regulującego kryteria kwalifikacji do implantacji ślimakowej, zarówno w populacji dziecięcej, jak i dorosłej. Krajowe i regionalne wytyczne, takie jak opracowane przez niemieckie towarzystwa naukowe (*Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.* [4]) czy brytyjski *National Institute for Health and Care Excellence (NICE)* [5], choć powszechnie uznawane za standard i szeroko stosowane, nie mają charakteru prawnie wiążącego.

Alternatywę stanowią międzynarodowe rekomendacje opracowane przez grupę ekspertów HEARING, obejmujące kompleksowe standardy najlepszych praktyk w zakresie całego procesu implantacji ślimakowej – od kwalifikacji, przez leczenie, po rehabilitację. Dokument ten zawiera kryteria kwalifikacyjne, jednak nie określa dolnej granicy wieku [6]. Na poziomie globalnym istotnym dokumentem jest raport na temat słuchu (*World report on hearing*), opublikowany w dniu 3 marca 2021 roku przez Światową Organizację Zdrowia (ang. World Health Organization, WHO) [7], będący kontynuacją wcześniejszej Rezolucji WHA70.13 [8]. W raporcie podkreślono konieczność nadania priorytetu opiece nad słuchem (ang. *ear and hearing care*, EHC) w krajowych systemach opieki zdrowotnej. Wskazuje także na potrzebę włączenia tej opieki do powszechnego ubezpieczenia zdrowotnego. Zalecono również zapewnienie dostępu do technologii wspomagających słyszenie, w tym do implantów słuchowych. Szczególnie w przypadku dzieci priorytet ten uzasadniony jest możliwością podniesienia poziomu opanowania mowy werbalnej, rozwoju umiejętności komunikacyjnych oraz integracji ze szkołami ogólnodostępnymi, co sprzyja ich rozwojowi edukacyjnemu i społecznemu.

Rozwój poznawczy dziecka w znacznym stopniu zależy od percepcji sensorycznej i możliwości eksploracji otoczenia.

Niemowlęta wykazują wyjątkową zdolność do przetwarzania oraz integrowania bodźców zmysłowych [9]. Co istotne, doświadczenie słuchowe rozpoczyna się jeszcze w życiu płodowym, przed ukończeniem pełnego okresu ciąży [10], dlatego też u dzieci z wrodzoną głuchotą dochodzi do depriwacji słuchowej jeszcze przed narodzinami [11]. Wczesny dostęp do bodźców słuchowych jest kluczowy dla optymalnego rozwoju języka i komunikacji werbalnej. Dzieci ze znacznym lub głębokim niedosłuchem są narażone na opóźnienia w tym zakresie, jeśli nie zostaną objęte odpowiednią interwencją we wczesnym okresie życia [12]. W tym kontekście, pojęcie istnienia krytycznych okresów dla rozwoju językowego stanowi podstawę koncepcji „im szybciej, tym lepiej” w odniesieniu do interwencji audiologicznej. W konsekwencji, obserwuje się coraz częstsze podejmowanie decyzji o implantacji ślimakowej u coraz młodszych dzieci, co znacząco zwiększa szanse na osiągnięcie przez nie kompetencji językowych zbliżonych do rówieśników ze słuchem prawidłowym [13]. Doniesienia naukowe wskazują na znaczenie neuroplastyczności w osiągnięciu korzystnych efektów słuchowych i językowych, przemawiając za możliwie najwcześniejszym wszczęciem implantu ślimakowego [14–16]. Zgodnie z wynikami badań Sharmy i wsp. [14], centralne drogi słuchowe człowieka wykazują najwyższy potencjał neuroplastyczności w okresie pierwszych 3,5 lat życia. W przypadku braku stymulacji słuchowej dochodzi do depriwacji słuchowej, prowadzącej do degeneracji struktur centralnego układu słuchowego [17] i reorganizacji kory słuchowej [18].

Wprowadzenie powszechnych programów przesiewowych słuchu u noworodków [19] przyczyniło się do istotnego obniżenia średniego wieku diagnozowania ubytku słuchu, co umożliwiło zastosowanie implantacji ślimakowej już w pierwszym roku życia. Programy przesiewowe stanowią integralną część rozwijających się strategii zdrowotnych i edukacyjnych, których celem jest zapewnienie dzieciom z zaburzeniami słuchu dostępu do bogatego środowiska językowego we wczesnym okresie rozwoju. Realizacja tych celów odbywa się m.in. poprzez edukację rodziców, zapewnienie wysokiej jakości opieki wczesnodziecięcej oraz wsparcie przedszkolne [20].

Na zmianę podejścia do leczenia głębokiego niedosłuchu u dzieci wpływ miały również inne czynniki, w tym postęp technologiczny w zakresie systemów implantów ślimakowych, rosnące doświadczenie kliniczne i chirurgiczne w otolaryngologii dziecięcej, zwiększająca się świadomość rodziców i specjalistów oraz szerszy dostęp do informacji na temat możliwości percepcyjnych dzieci korzystających z implantów ślimakowych.

Pomimo dynamicznego rozwoju tej dziedziny, kwestia optymalnego wieku implantacji ślimakowej nadal pozostaje przedmiotem dyskusji naukowej. Z jednej strony, wcześniejsze wszczęcie implantu umożliwia optymalne wykorzystanie okresu największej neuroplastyczności mózgu, czego efektem jest następnie uzyskanie wyższego poziomu rozwoju słuchowego i językowego. Z drugiej strony, decyzja o bardzo wczesnej implantacji wymaga uwzględnienia potencjalnego ryzyka związanego z interwencją chirurgiczną oraz długoterminowym funkcjonowaniem urządzenia.

Tabela 1. Strategia wyszukiwania artykułów naukowych na dzień 10 lutego 2025
Table 1. Strategy for searching scientific articles as of February 10, 2025

Baza	Wyszukiwanie	Składnia	Wyniki
PubMed	#1	(speech perception [Title/Abstract]) AND (early implantated [Title/Abstract]) oraz (speech perception [Title/Abstract]) AND (early implantation [Title/Abstract])	54
	#2	(language development [Title/Abstract]) AND (early implantation [Title/Abstract]) oraz (language development [Title/Abstract]) AND (early implantated [Title/Abstract])	33
	#3	(speech production [Title/Abstract]) AND (early implantated [Title/Abstract]) oraz (speech production [Title/Abstract]) AND (early implantation [Title/Abstract])	15
	#4	(communication [Title/Abstract]) AND (early implantated [Title/Abstract]) oraz (communication [Title/Abstract]) AND (early implantation [Title/Abstract])	50

Cel

Celem niniejszego narracyjnego przeglądu literatury była ocena wpływu wczesnej implantacji ślimakowej u dzieci z głębokim niedosłuchem czuciowo-nerwowym na rozwój mowy, języka oraz umiejętności słuchowych.

Materiał i metody

Metodyka przeglądu literatury

Narracyjny przegląd literatury przeprowadzono z wykorzystaniem elektronicznych zasobów artykułów naukowych dostępnych w bazie PubMed. Wyszukiwanie przeprowadzono w dniu 10 lutego 2025 roku. Strategia wyszukiwania opierała się na zastosowaniu terminów w języku angielskim, stanowiących kombinację słów kluczowych zgodnych z systemem *Medical Subject Headings* (MeSH) [21], obejmujących: *speech perception*, *language development*, *speech production*, *communication* oraz *early implantation/implanted*. Pełna składnia zapytania wyszukiwawczego została przedstawiona w **tabeli 1**. Za punkt odniesienia uznano rok 2000, w którym FDA dopuściła implantację ślimakową u dzieci poniżej drugiego roku życia [1,22]. W związku z tym do przeglądu zakwalifikowano wyłącznie artykuły opublikowane po 2000 roku.

W początkowym wyszukiwaniu uzyskano 152 wyniki, z których po usunięciu duplikatów pozostawiono 64 rekordy. Określono kryteria włączenia: oryginalne badania empiryczne analizujące wpływ wczesnej implantacji ślimakowej na rozwój umiejętności słuchowych i językowych u dzieci, język publikacji: angielski. Kryteria wyłączenia obejmowały: publikacje przedstawiające jedynie projekt badania, studia przypadków, artykuły opiniotwórcze (komentarze, recenzje), materiały konferencyjne, badania na populacji innej niż pediatryczna, prace bez dostępu do pełnego tekstu oraz publikacje nieanglojęzyczne. Proces selekcji przebiegał etapowo. W pierwszym etapie analizowano tytuły, następnie streszczenia, a w końcowym etapie – pełne teksty artykułów spełniających kryteria kwalifikacyjne. Schemat procesu selekcji artykułów został przedstawiony na **rycynie 1**, a zestawienie publikacji zakwalifikowanych do ostatecznego przeglądu zamieszczono w **tabeli 2**.

Wyniki

Do analizy zakwalifikowano 23 publikacje naukowe, z których 10 miało charakter prospektywny, a 13 – retrospektywny. Obserwacja pooperacyjna w badaniach obejmowała okres od 1 miesiąca do 18 lat po implantacji ślimakowej.

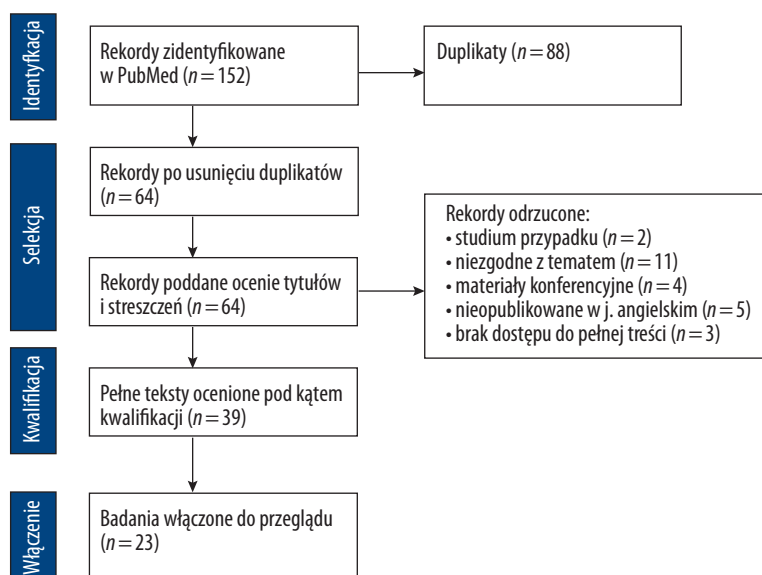
Charakterystyka populacji badanej

Łączna liczba uczestników w analizowanych publikacjach wyniosła 1382 dzieci, które w momencie przeprowadzenia implantacji ślimakowej znajdowały się w przedziale wiekowym od 2 miesięcy do 5 lat. Analiza danych zawartych w 21 pracach wykazała, że 946 dzieci poddano implantacji jednostronnej, natomiast u 263 pacjentów przeprowadzono implantację obustronną. W dwóch publikacjach [20,21] nie określono rodzaju zastosowanej implantacji.

We wszystkich analizowanych badaniach wykorzystano implanty ślimakowe wyprodukowane przez firmy MED-EL (GmbH, Innsbruck, Austria), Cochlear (Cochlear Ltd., Sydney, Australia) oraz Advanced Bionics (USA, oddział Sonova). Spośród 23 publikacji jedynie 14 zawierało szczegółowe informacje dotyczące liczby zastosowanych urządzeń poszczególnych producentów [24–37]. Na podstawie tych danych wyodrębniono grupę 621 dzieci, wśród których implanty firmy MED-EL zastosowano u 21,7% pacjentów, urządzenia firmy Cochlear – u 62,9%, a systemy Advanced Bionics – u 15,3%.

Etiologię niedosłuchu opisano w 13 publikacjach [24–29, 31,32,34–36,38,39] obejmujących łącznie 545 dzieci. Do najczęściej identyfikowanych przyczyny ubytku należały:

- przyczyny idiopatyczne (58,6%);
- czynniki genetyczne (23,5%);
- wady rozwojowe ucha wewnętrznego (3,5%) – w tym zespół poszerzonego wodociągu przedsionkowego, malformacja Mondiniego oraz dysplazja nerwu ślimakowego,
- zakażenie wirusem cytomegalii (3,1%);
- przebyte zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych (5,5%);
- komplikacje okołoporodowe (2,4%);
- zespoły genetyczne o charakterze syndromicznym, m.in. zespół Ushera, zespół Waardenburga (1,5%);



Rycina 1. Diagram wyszukiwania i selekcji literatury [opracowanie własne na podstawie [23]]

Figure 1. Diagram of literature search and selection [own elaboration based on [23]]

Tabela 2. Artykuły włączone do przeglądu literatury

Table 2. Articles included in the literature review

Rok publikacji	Autorzy	Identyfikator PubMed
2002	Hammes i wsp.	PMID: 12018355
2004	Lesinski-Schiedat i wsp.	PMID: 18792210
2005	Colletti i wsp.	PMID: 15744155
2005	Waltzman i wsp.	PMID: 16199675
2008	Valencia i wsp.	PMID: 18403026
2009	Roland i wsp.	PMID: 19507225
2009	Artières i wsp.	PMID: 19638938
2010	Habib i wsp.	PMID: 20472308
2010	Houston i wsp.	PMID: 20818292
2010	Niparko i wsp.	PMID: 20407059
2010	Schramm i wsp.	PMID: 20452685
2011	Colletti i wsp.	PMID: 21277638
2013	Leigh i wsp.	PMID: 23442570
2013	Zhou i wsp.	PMID: 23349752
2014	Cuda i wsp.	PMID: 24916102
2015	Murri i wsp.	PMID: 25510218
2016	Phan i wsp.	PMID: 27310406
2018	Nicholas i wsp.	PMID: 28992767
2019	Karltorp i wsp.	PMID: 31350923
2020	Mitchell i wsp.	PMID: 31087657
2020	Li i wsp.	PMID: 31634650
2020	Yang i wsp.	PMID: 32851352
2021	Kronenberger i wsp.	PMID: 33000660

Tabela 3. Zestawienie najczęściej stosowanych testów i skal w analizowanych publikacjach naukowych
Table 3. Summary of the most commonly used tests and scales in the analyzed scientific publications

Test / Skala	Artykuły (autor, rok)
<i>Infant-Toddler Meaningful Auditory Integration Scale (IT-MAIS)</i>	Waltzman (2005), Valencia (2005), Roland (2009), Colletti (2011), Niparko (2010), Li (2020), Yang (2020)
<i>Category of Auditory Performance (CAP)</i>	Colletti (2005), Colletti (2011), Zhou (2013), Yang (2020)
<i>Speech Intelligibility Rating (SIR)</i>	Artières (2009), Colletti (2011), Zhou (2013), Karltorp (2019), Yang (2020)
<i>Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT)</i>	Houston (2010), Colletti (2011), Leigh (2013), Karltorp (2019)
<i>Glendonald Auditory Screening Procedure (GASP)</i>	Waltzman (2005), Roland (2009), Lesinski-Schiedat (2004)
<i>Meaningful Use of Speech Scale (MUSS)</i>	Yang (2020), Lesinski-Schiedat (2004)
<i>Lexical Neighborhood Tests (LNT / MLNT)</i>	Waltzman (2005), Roland (2009), Houston (2010)
<i>Reynell Developmental Language Scales (RDLS)</i>	Niparko (2010), Karltorp (2019)
<i>LittIEARS Auditory Questionnaire (LEAQ)</i>	Schramm (2010), Yang (2020)
<i>Preschool Language Scale (PLS)</i>	Mitchell (2019)
<i>Test of Reception of Grammar (TROG)</i>	Colletti (2011)
<i>MacArthur–Bates Communicative Development Inventories (MCDI) lub short-form (SSF-MCDI)</i>	Cuda (2014), Li (2020)
<i>Grammatical Analysis of Elicited Language – Pre-Sentence Level (GAEL-P)</i>	Houston (2010)
<i>Pediatric Speech Intelligibility Test (PSI)</i>	Houston (2010)
<i>The Beginner’s Intelligibility Test (BIT)</i>	Habib (2010)
<i>Renfrew Bus Story</i>	Murri (2014)
<i>Quality of Hearing Scale (QHS)</i>	Kronenberger (2021)
<i>Consonant-Nucleus-Consonant (CNC)</i>	Leigh (2013)
<i>Phonetically Balanced-Kindergarten (PBK)</i>	Hammes (2002), Roland (2009)

- dodatni wywiad rodzinny bez potwierdzenia badaniem genetycznym (1,8%);
- neuropatia słuchowa (0,2%).

Kryteria wczesnej implantacji ślimakowej stosowane w badaniach naukowych

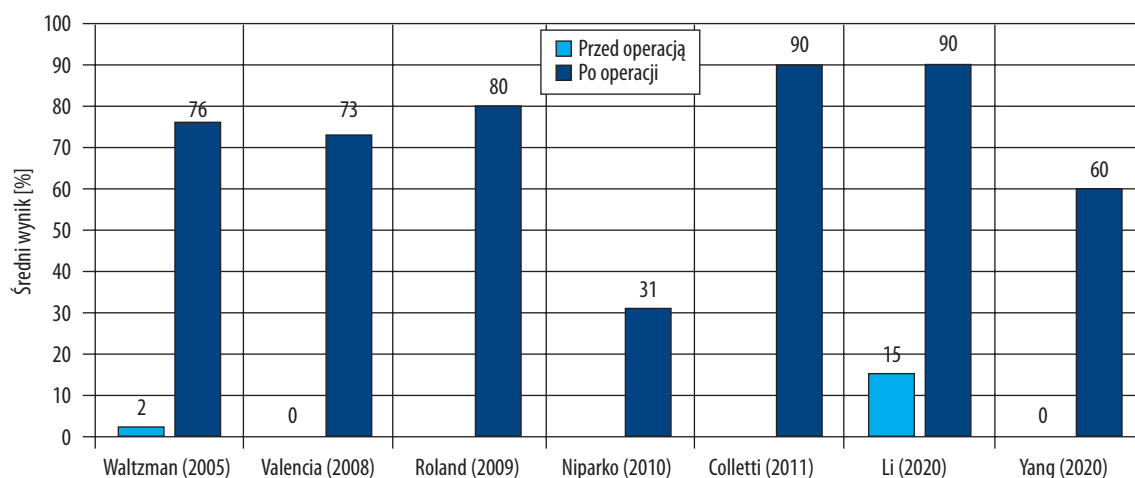
Analiza 23 publikacji naukowych dotyczących wczesnej implantacji ślimakowej wskazuje na zróżnicowane kryteria wiekowe stosowane przez badaczy. Choć definicje „wczesnej implantacji” różnią się między autorami, dominującym podejściem jest uznawanie wszczepienia implantu ślimakowego przed ukończeniem 12. miesiąca życia za optymalne z punktu widzenia rozwoju językowego i słuchowego dziecka [24,25,27,28,32,39,40].

Colletti i wsp. [32] przeprowadzili implantacje u najmłodszego uczestnika badania, którego wiek w momencie operacji wyniósł 2 miesiące. Część badań obejmowała stosunkowo szeroki przedział wiekowy uczestników – sięgający nawet 5. roku życia. Artières i wsp. [29] podzielili

dzieci na cztery grupy: przed 2. rokiem życia, między 2. a 3. rokiem, 3. a 4. rokiem oraz 4. a 5. rokiem życia. Również Niparko i wsp. [41], Nicholas i wsp. [42], Murri i wsp. [35], Phan i wsp. [36], Li i wsp. [43] oraz Kronenberger i wsp. [44] analizowali wyniki dzieci implantowanych nawet do 36. lub 60. miesiąca życia. Mimo tak szerokiego przedziału wiekowego autorzy podkreślali, że dzieci implantowane we wcześniejszym wieku uzyskiwały wyższe wyniki.

Ocena korzyści słuchowych

W badaniach nad efektywnością wczesnej implantacji ślimakowej u dzieci jednym z głównych obszarów oceny są tzw. korzyści słuchowe, rozumiane jako stopień poprawy funkcjonowania słuchowego, percepcji mowy, rozumienia języka oraz ogólnego rozwoju kompetencji komunikacyjnych po zabiegu. Wśród analizowanych publikacji zaobserwowano znaczną różnorodność metod służących do oceny tych aspektów. Wykorzystywano zarówno narzędzia obiektywne, skupiające się na mierzalnych wynikach językowych i audiologicznych, jak i subiektywne, oparte



Rycina 2. Średnie wyniki kwestionariusza IT-MAIS przed i po implantacji ślimakowej, opracowane na podstawie danych pochodzących z 7 analizowanych publikacji [26–28,32,39,41,43]

Figure 2. Average IT-MAIS questionnaire scores before and after cochlear implantation, compiled based on data from seven analyzed publications [26–28,32,39,41,43]

na obserwacjach rodziców, nauczycieli bądź na danych zebranych przy użyciu wystandaryzowanych kwestionariuszy i skal psychometrycznych. W przeprowadzonej analizie wyodrębniono szereg stosowanych przez autorów narzędzi diagnostycznych do oceny efektów terapeutycznych implantacji. Zestawienie najczęściej wykorzystywanych testów i skal przedstawiono w **tabeli 3**.

Na podstawie testów i skal zestawionych w **tabeli 3** wyodrębniono cztery kategorie ocen, sklasyfikowane według obszarów funkcjonalnych:

- funkcje słuchowe oraz percepcja dźwięków: IT-MAIS, CAP, GASP, LEAQ, QHS;
- nadawanie (produkcja) i zrozumiałość mowy: SIR, MUSS, PSI, CNC, BIT, GAEL-P;
- rozumienie języka i zasób słownictwa: PPVT, PLS, TROG, RDLS, PBK, LNT/MLNT;
- rozwój komunikacyjny i społeczny: MCDI, *Renfrew Bus Story*.

Funkcje słuchowe oraz percepcja dźwięków

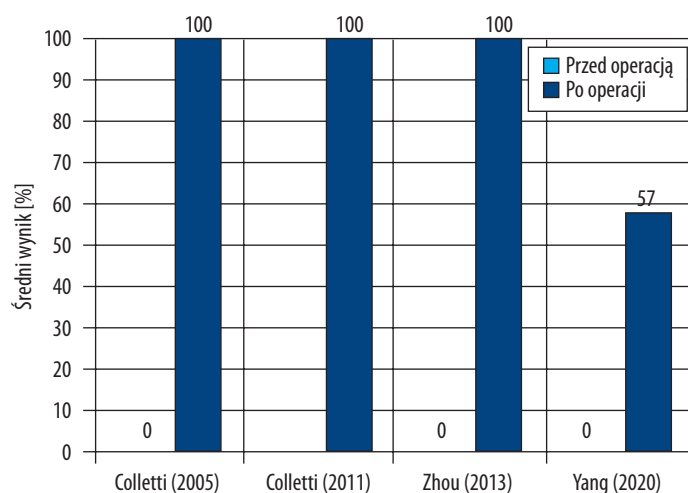
Funkcje słuchowe oraz percepcja dźwięków odnoszą się do zdolności dziecka do odbierania, rozróżniania i reagowania na bodźce akustyczne. Obejmują zarówno podstawowe umiejętności słuchowe, takie jak wykrywanie dźwięku, jak i bardziej złożone procesy, np. różnicowanie dźwięków czy identyfikowanie ich źródła.

IT-MAIS

Kwestionariusz służący do oceny integracji bodźców słuchowych u niemowląt i małych dzieci z niedosłuchem, umożliwiający monitorowanie efektów protezowania słuchu lub implantacji ślimakowej [45,46]. Składa się z 10 pytań dotyczących wokalizacji, reakcji na dźwięki i ich rozumienia, ocenianych w skali 0–4, z maksymalnym wynikiem 40 punktów.

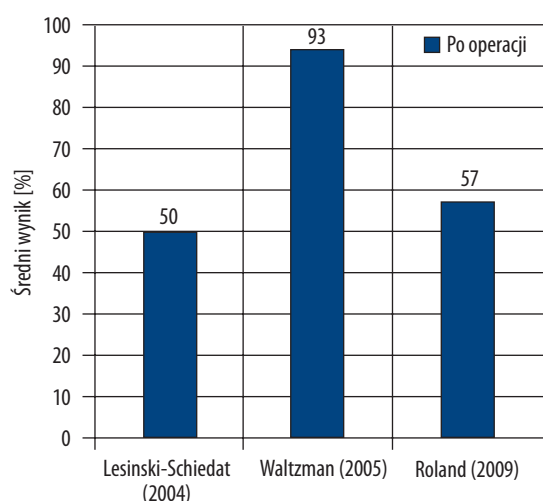
Średnie wyniki przed implantacją mieściły się w zakresie 0–15%, natomiast po zabiegu wzrosły do 31–90% [26,27,39,43], co świadczy o istotnej poprawie integracji bodźców słuchowych oraz ogólnego funkcjonowania słuchowego dzieci po wszczepieniu implantu ślimakowego (**rycina 2**).

Wyniki badań obejmujących dzieci implantowane przed 12. miesiącem życia wykazały znaczną poprawę funkcji słuchowych mierzonych skalą IT-MAIS. Colletti i wsp. [32] oraz Yang i wsp. [39] wykazali wyższe wartości IT-MAIS i szybszy rozwój percepcji słuchowej u dzieci implantowanych we wczesnym wieku. Podobne wyniki przedstawili Waltzman i wsp. [26], którzy przebadali 18 dzieci implantowanych przed ukończeniem pierwszego roku życia – po sześciu miesiącach od operacji wyniki IT-MAIS osiągały 75–80%, co odpowiadało funkcjonowaniu słuchowemu typowemu dla dzieci z prawidłowym słuchem w wieku około 6 miesięcy. Roland i wsp. [28] odnotowali wysokie wyniki w grupie 50 dzieci implantowanych przed 12. miesiącem życia, również wśród 8 pacjentów z powikłaniami pooperacyjnymi. Li i wsp. [43] porównali dwie grupy dzieci – implantowanych w wieku 1–2 lat oraz 2–3 lat. W obu grupach stwierdzono poprawę w domenach językowych: receptywnej (rozumienie mowy) i ekspresyjnej (produkowanie mowy). Wyniki wykazały, że efektem wcześniejszej implantacji był szybszy rozwój obu aspektów języka. Heterogeniczność wyników podkreślają badania uwzględniające czas ekspozycji na bodźce akustyczne po implantacji. Valencia i wsp. [27] zaobserwowali zmienność IT-MAIS od 33% do 100%, przy czym wyższe wartości odnotowano u dzieci badanych po dłuższym czasie od aktywacji implantu. Niparko i wsp. [41] potwierdzili, że wyniki IT-MAIS były niższe w ocenie przeprowadzonej bezpośrednio po zabiegu, niezależnie od wieku biologicznego dziecka, co sugeruje znaczącą rolę czasu ekspozycji na bodźce dźwiękowe.



Rycina 3. Średnie wyniki skali CAP przed i po implantacji ślimakowej, opracowane na podstawie danych pochodzących z czterech analizowanych publikacji naukowych [25,32,33,39]

Figure 3. Average CAP scale scores before and after cochlear implantation, compiled based on data from four analyzed scientific publications [25,32,33,39]



Rycina 4. Średnie wyniki testu GASP po implantacji ślimakowej, opracowane na podstawie [24,26,28]

Figure 4. Average GASP test scores after cochlear implantation [24,26,28]

Podsumowując, wczesna implantacja (< 12 miesięcy) przyspiesza rozwój percepcji słuchowej u dzieci z głębokim niedosłuchem, a tempo poprawy, jak wynika z IT-MAIS, zależy od wieku implantacji i czasu ekspozycji na bodźce akustyczne po aktywacji implantu.

CAP

Skala CAP [47] ocenia funkcjonalne zdolności słuchowe, ze szczególnym uwzględnieniem rozumienia mowy w codziennym życiu, w zakresie 0–7 punktów (0 – brak reakcji na dźwięki, 7 – możliwość prowadzenia rozmowy telefonicznej z dobrze znanym rozmówcą). Przed implantacją wszystkie analizowane grupy pacjentów [25,32,33,39] uzyskiwały wynik w skali CAP równy 0, co wskazuje na brak słyszenia funkcjonalnego. Wyniki pooperacyjne w tych samych badaniach mieściły się w zakresie 57–100%, co wskazuje na poprawę zdolności słuchowych (**rycina 3**).

Colletti i wsp. [25] porównali 3 grupy dzieci według wieku implantacji: < 12 miesięcy, 12–23 miesiące oraz 24–35 miesięcy. Mediany wyników CAP wynosiły odpowiednio: 7, 3,5 oraz 1,5, co wskazuje na korzystny wpływ wczesnej implantacji na tempo rozwoju funkcji słuchowych. W kolejnym badaniu tych autorów [32], obejmującym 73 dzieci, wszystkie grupy ostatecznie uzyskiwały maksymalny wynik w skali CAP, przy czym dzieci implantowane wcześniej (< 12. miesiąca) osiągały go szybciej. Podobne tendencje zaobserwowano w badaniach Yang i wsp. [39] – u 89 dzieci odnotowano systematyczny wzrost wyników CAP w miarę upływu czasu od momentu aktywacji implantu. Zhou i wsp. [33] ocenili wpływ terapii logopedycznej u 34 dzieci implantowanych w wieku 7–18 miesięcy, porównując grupy z terapią ($n = 19$) i bez terapii ($n = 15$). Wyniki CAP po 6, 12 i 24 miesiącach nie wykazały istotnych różnic między grupami, co wskazuje na brak znaczącego wpływu terapii logopedycznej w analizowanym zakresie czasowym i częstotliwości.

Podsumowując, efektem wczesnej implantacji (< 12. miesiąca) było szybsze osiąganie wyższych wyników w skali CAP, choć wszystkie grupy ostatecznie osiągnęły maksymalny poziom funkcji słuchowych. Wyniki potwierdzają znaczną poprawę zdolności słuchowych po implantacji, niezależnie od prowadzonej terapii logopedycznej, w krótkim okresie obserwacji.

GASP

Test ocenia funkcjonalną percepcję słuchową u dzieci z ubytkiem słuchu po implantacji ślimakowej. Obejmuje cztery etapy przetwarzania słuchowego: detekcję, różnicowanie, identyfikację oraz rozumienie mowy [48].

Analiza wyników pooperacyjnych uzyskanych w trzech badaniach [24,26,28] wykazała średni poziom poprawnych odpowiedzi w zakresie 50–93%, co wskazuje na różnicowanie wyników między uczestnikami (**rycina 4**).

Wpływ wieku implantacji na wyniki GASP analizowali Lesinski-Schiedat i wsp. [24] – porównali dzieci implantowane w wieku 4–12 miesięcy (średnio 8 miesięcy) oraz 12–24 miesięcy (średnio 1,6 roku). Po 24 miesiącach

od aktywacji implantu średni wynik testu wynosił 50% w grupie implantowanej wcześniej oraz około 30% w grupie implantowanej później. Z kolei Waltzman i wsp. [26] ocenili 18 dzieci implantowanych przed ukończeniem 12. miesiąca życia. Szczegółowe dane dotyczące testu GASP były dostępne dla pięciorga pacjentów; po 12 miesiącach od aktywacji implantu wszyscy osiągnęli wyniki przekraczające 85% poprawnych odpowiedzi. Roland i wsp. [28] przeanalizowali wyniki ośmiorga dzieci implantowanych w wieku 5–11 miesięcy. Średni wynik testu GASP w tej grupie wyniósł 57%, co odzwierciedlało rozwój podstawowych funkcji percepcji słuchowej w pierwszym okresie użytkowania implantu. Wskazano na potrzebę kontynuacji terapii i monitorowania postępów w czasie.

Podsumowując, wyniki testu GASP wskazują na poprawę funkcjonalnej percepcji słuchowej po implantacji ślimakowej, przy jednoczesnym zróżnicowaniu osiąganych wyników. Wyższe wartości testu obserwowano u dzieci implantowanych przed ukończeniem 12. miesiąca życia w porównaniu z grupami implantowanymi później, jednak bezpośrednie porównania między badaniami są utrudnione ze względu na różnice w wieku implantacji, liczebności prób i czasie obserwacji.

LEAQ

Standaryzowany kwestionariusz służący do oceny wczesnego rozwoju funkcji słuchowych u niemowląt i małych dzieci w wieku do 24. miesiąca życia [49]. Narzędzie obejmuje 35 pozycji i pozwala na ocenę postępów w zakresie reakcji na dźwięk oraz rozumienia prostych poleceń słownych.

Schramm i wsp. [31] przeanalizowali rozwój słuchowy u pięciorga dzieci po sekwencyjnej, obustronnej implantacji ślimakowej. Pierwszy implant został wszczepiony w wieku 9–16 miesięcy, a drugi – 17–21 miesięcy. Po 9–12 miesiącach od implantacji średnie wyniki kwestionariusza LEAQ mieściły się w przedziale 31–33 punktów, co odpowiadało wartościom referencyjnym dla dzieci z prawidłowym słuchem w tym samym wieku (31–34 pkt). Yang i wsp. [39] ocenili wyniki LEAQ u 89 dzieci implantowanych przed ukończeniem 12. miesiąca życia. W tej grupie 18% dzieci przeszło jednoczasową, obustronną implantację, natomiast pozostałe 82% korzystało z pojedynczego implantu i aparatu słuchowego w uchu nieimplantowanym. Mediana wyników kwestionariusza LEAQ wzrosła z 0 punktów przed operacją do 30 punktów po 12 miesiącach od aktywacji implantu, co może sugerować częściowe wyrównanie opóźnienia rozwoju słuchowego.

Podsumowując, wyniki w skali LEAQ wskazują na wyraźny rozwój wczesnych funkcji słuchowych w pierwszym roku po operacji u dzieci implantowanych we wczesnym wieku. Osiągane wartości mieściły się w zakresie zbliżonym do norm rozwojowych, przy uwzględnieniu różnic w strategii implantacji oraz ograniczonej liczebności próby w poszczególnych badaniach.

QHS

Narzędzie służące do subiektywnej oceny jakości słyszenia w codziennych sytuacjach życiowych, dokonywanej

przez rodziców lub samych pacjentów [44]. Skala obejmuje ocenę takich aspektów jak: rozumienie mowy, lokalizacja źródeł dźwięku, rozpoznawanie dźwięków otoczenia oraz wysiłek słuchowy, a odpowiedzi są punktowane w zakresie od 0 („w ogóle nie”) do 10 („całkowicie tak”).

W badaniu Kronenbergera i wsp. [44] przeanalizowano wyniki 43 dzieci z implantami ślimakowymi; średni wiek pacjentów w momencie implantacji wynosił 21,1 miesiąca. Średni całkowity wynik w skali QHS w grupie dzieci z implantami ślimakowymi wyniósł 6,4 (SD = 1,7), podczas gdy w grupie dzieci z prawidłowym słuchem wyniósł 8,9 (SD = 1,0). Różnica między grupami była istotna statystycznie.

Podsumowując, wyniki uzyskane w skali QHS w poszczególnych obszarach testu wykazały, że dzieci z implantami ślimakowymi osiągały niższe wyniki we wszystkich domenach, tj. rozumienie mowy, lokalizacja dźwięków, rozpoznawanie dźwięków otoczenia, a jednocześnie zgłaszały wyższy poziom wysiłku słuchowego w porównaniu do słyszących rówieśników. Największe różnice między grupami zaobserwowano w zakresie lokalizacji źródeł dźwięku oraz subiektywnego wysiłku wkładanego w proces słyszenia.

Nadawanie (produkcja) i zrozumiałość mowy

Nadawanie (produkcja) i zrozumiałość mowy dotyczą sposobu, w jaki dziecko mówi oraz tego, jak czytelna i zrozumiała jest jego mowa dla innych. Ocena tego obszaru pozwala określić, na ile rozwój artykulacji i płynności mowy umożliwia skuteczną komunikację.

SIR

Narzędzie służy do jakościowej oceny stopnia zrozumiałości mowy dziecka przez otoczenie i obejmuje pięć poziomów: od 1 (mowa całkowicie niezrozumiała) do 5 (mowa w pełni zrozumiała) [50].

W badaniu Artières i wsp. [29], obejmującym 74 dzieci podzielonych według wieku implantacji (przed 2. rokiem życia, 2–3 lata, 3–4 lata oraz 4–5 lat), wyższe wartości SIR uzyskiwały dzieci implantowane wcześniej. Dzieci implantowane przed ukończeniem 3. roku życia osiągały niemal maksymalny poziom zrozumiałości mowy (SIR = 5) w wieku 5–6 lat, podczas gdy w grupach implantowanych później zaobserwowano niższe wartości SIR na wszystkich etapach pomiaru. Podobne obserwacje potwierdziło badanie Collettiego i wsp. [32]. Po pięciu latach od implantacji wszystkie dzieci implantowane przed 12. miesiącem życia osiągnęły maksymalny wynik (SIR = 5). W grupach implantowanych w wieku 12–23 miesięcy oraz 24–35 miesięcy odsetek dzieci, które osiągnęły pełną zrozumiałość mowy, wyniósł odpowiednio 67% i 61%. Relację pomiędzy czasem, jaki upłynął od implantacji, a poziomem zrozumiałości mowy przedstawili Zhou i wsp. [33]. Mediana wartości SIR wzrosła z poziomu 1 przed implantacją do 2 po 6 miesiącach, 3 po 12 miesiącach oraz 5 po 24 miesiącach od implantacji. Analogiczny przebieg zmian odnotowano zarówno u dzieci objętych terapią logopedyczną przed implantacją, jak i u dzieci, które nie uczestniczyły w terapii. Zależność

pomiędzy wiekiem implantacji a czasem osiągnięcia maksymalnej zrozumiałości mowy wykazali Karltorpa i wsp. [37] w badaniu obejmującym 103 dzieci. Dzieci implantowane w wieku 5–8 miesięcy osiągały poziom SIR równy 5 średnio w wieku $4,2 \pm 1,2$ roku, natomiast dzieci implantowane w wieku 9–11 miesięcy – w wieku $5,3 \pm 2,1$ roku. W badaniu Yang i wsp. [39], obejmującym 89 dzieci implantowanych przed ukończeniem 12. miesiąca życia, zaobserwowano stopniowy wzrost wartości SIR w pierwszym roku po implantacji. Mediana SIR w okresie 0–9 miesięcy po zabiegu wyniosła 1, natomiast po 12 miesiącach wzrosła do 2, przy czym górny zakres wyników sięgnął 3.

Podsumowując, wyniki uzyskane w skali SIR wskazują na systematyczny wzrost zrozumiałości mowy po implantacji ślimakowej, przy czym dzieci implantowane we wczesnym wieku osiągały wyższe poziomy SIR w krótszym czasie. Jednocześnie różnice w wieku implantacji, czasie obserwacji oraz liczności badanych grup ograniczają możliwość bezpośredniego porównywania wyników między poszczególnymi badaniami.

MUSS

Narzędzie służy do oceny funkcjonalnego wykorzystania mowy w codziennych sytuacjach komunikacyjnych u dzieci z niedosłuchem. Ocena obejmuje trzy obszary: kontrolę głosu, kompetencje orofacialne oraz preferowaną strategię komunikacyjną [51].

Lesinski-Schiedat i wsp. [24] przeanalizowali wyniki 116 dzieci z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, implantowanych przed 12. miesiącem życia (średnio 0,8 roku) oraz między 1. a 2. rokiem życia (średnio 1,6 roku). Przed implantacją w obu grupach odnotowano niskie wartości kontroli głosu (30–40%). Po 12–24 miesiącach od implantacji obie grupy osiągały wysokie wyniki (90–100%), przy czym w grupie implantowanej wcześniej wartości były wyższe. W zakresie kompetencji orofacialnych wyniki przed implantacją były bliskie 0. Po 12–24 miesiącach dzieci implantowane przed 12. miesiącem życia uzyskiwały wyniki rzędu 70–80%, natomiast dzieci implantowane później – 50–60%. Różnice odnotowano również w zakresie preferowanej strategii komunikacyjnej: mowa jako główny środek komunikacji była częściej wybierana przez dzieci implantowane wcześniej (około 70%) niż przez dzieci implantowane w wieku 1–2 lat (50–60%). Yang i wsp. [39] ocenili wyniki uzyskane w skali MUSS u 89 dzieci implantowanych przed ukończeniem 12. miesiąca życia. W ciągu pierwszego roku po implantacji mediana wyników wzrosła z 0 do 4, co wskazuje na stopniowy rozwój ekspresji werbalnej w codziennych sytuacjach komunikacyjnych. Jakkolwiek tempo rozwoju mowy ekspresywnej, będącej złożonym procesem neuronalnym, było wolniejsze niż rozwój percepcji słuchowej.

Podsumowując, wyniki w skali MUSS wskazują na poprawę funkcjonalnego użycia mowy po implantacji ślimakowej, przy czym dzieci implantowane we wczesnym wieku osiągały wyższe wartości w krótszym czasie. Zróżnicowanie wieku implantacji, czasu obserwacji oraz ocenianych komponentów mowy ogranicza jednak możliwość bezpośredniego porównywania wyników między badaniami.

PSI

Kwestionariusz ten służy do oceny zrozumiałości mowy dziecka z perspektywy osób spoza jego najbliższego otoczenia, koncentrując się na funkcjonalnej czytelności wypowiedzi [52].

Houston i wsp. [38] ocenili 15 dzieci z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, podzielonych na grupę implantowaną wcześniej (7–13 miesięcy życia) oraz później (16–23 miesiące życia). Po 2–4 latach użytkowania implantu dzieci implantowane wcześniej uzyskiwały średnio około 80% poprawnych odpowiedzi w teście PSI, natomiast dzieci implantowane później – około 65%.

Podsumowując, wyniki testu PSI wskazują na wyższą zrozumiałość mowy u dzieci implantowanych we wczesnym wieku, przy czym wyniki te były nadal niższe niż wyniki uzyskane w testach oceniających rozwój słownictwa i struktur gramatycznych.

CNC

Test ten służy do oceny rozumienia mowy u osób z ubytkiem słuchu, w szczególności u dzieci po implantacji ślimakowej [53,54]. Polega na rozpoznawaniu jednosylabowych słów o strukturze spółgłoska–samogłoska–spółgłoska, a wyniki wyrażane są jako procent poprawnych odpowiedzi na poziomie słów lub fonemów.

Leigh i wsp. [55] przebadali 120 dzieci z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, podzielonych na grupę implantowaną w wieku 6–12 miesięcy ($n = 35$) oraz w wieku 13–24 miesięcy ($n = 85$). Nie stwierdzono istotnych różnic między grupami, ani w rozpoznawaniu słów, ani fonemów. Ponadto nie zaobserwowano istotnych zależności między wynikami testu a wiekiem w momencie implantacji, wiekiem dopasowania aparatu słuchowego czy progami słyszenia w lepszym uchu. Zarejestrowano natomiast słabą, lecz istotną dodatnią korelację między wynikami testu a metodą komunikacji stosowaną przez dziecko.

Podsumowując, w analizowanym zakresie wiekowym (6–24 miesiące) wiek pacjenta w momencie implantacji nie wpływał na wyniki testu CNC w zakresie percepcji mowy segmentalnej.

BIT

BIT [56] służy do oceny zrozumiałości mowy dzieci przez osoby postronne i pozwala określić funkcjonalny poziom komunikacji werbalnej w codziennych sytuacjach.

Habib i wsp. [30] przebadali 40 dzieci po implantacji ślimakowej. Wyniki testu BIT wskazały, że średnia zrozumiałość mowy pacjentów implantowanych wcześniej (grupy: 8–12 i 13–24 miesiące) wyniosła 93%, podczas gdy u pacjentów implantowanych później (25–36 miesięcy) zrozumiałość osiągnęła 80%.

Podsumowując, choć dzieci implantowane wcześniej osiągały wyższy poziom zrozumiałości mowy w teście BIT, różnice między grupami nie były statystycznie istotne, co sugeruje, że w badanej grupie wiek pacjenta

w momencie implantacji nie miał jednoznacznego wpływu na funkcjonalny poziom komunikacji werbalnej.

GAEL-P

Test ten służy do oceny wczesnych umiejętności gramatycznych u dzieci z wadą słuchu [57]. Składa się z trzech sekcji: gotowości językowej, pojedynczych słów oraz kombinacji słów, a wypowiedzi dziecka są wywoływane w ramach ustrukturyzowanej zabawy z użyciem materiałów obrazkowych.

Houston i wsp. [38] przebadali 15 dzieci z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, podzielonych na dwie grupy według wieku w momencie aktywacji implantu ślimakowego: wcześniej implantowane (7–13 miesięcy) oraz późno implantowane (16–23 miesiące). Wyniki testu GAEL-P wykazały istotne różnice między grupami – dzieci wcześniej implantowane osiągnęły średnio około 95% poprawnych odpowiedzi, natomiast grupa późno implantowana uzyskała 75–80%.

Podsumowując, dzieci wcześniej implantowane osiągały wyższy poziom umiejętności gramatycznych w teście GAEL-P niż dzieci późno implantowane.

Rozumienie języka i zasób słownictwa

Kategorie *rozumienie języka* i *zasób słownictwa* odnoszą się do zdolności dziecka do interpretowania znaczeń wypowiedzi oraz do poziomu rozwoju słownictwa, którym posługuje się ono w codziennych sytuacjach. W tym obszarze funkcjonalnym ocenia się, jak dziecko przyswaja język i jak rozumie przekazywane mu treści.

PPVT

Standaryzowane narzędzie do oceny rozumienia słownictwa receptywnego u dzieci i dorosłych. Badanie polega na wskazywaniu ilustracji odpowiadającej usłyszанemu słowu [58]. Test umożliwia szybką i obiektywną ocenę zasobu słownictwa oraz kompetencji językowych.

Houston i wsp. [38] przebadali 15 dzieci z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, podzielonych według wieku aktywacji implantu ślimakowego: 7–13 miesięcy (implantacja wczesna) oraz 16–23 miesiące (implantacja późna). Dzieci implantowane wcześniej osiągały średnio 85% poprawnych odpowiedzi, a grupa późno implantowana – 70–75%, co wskazuje na przewagę wczesnej interwencji słuchowej w rozwoju słownictwa. Colletti i wsp. [32] w badaniu 73 dzieci potwierdzili, że najwyższe wyniki PPVT osiągały dzieci implantowane przed 12. miesiącem życia, podczas gdy opóźnienie rosło wraz z późniejszym wiekiem implantacji. Podobnie Leigh i wsp. [55] wykazali, że średni wynik dzieci implantowanych w wieku 6–12 miesięcy wyniósł 90,8, tym samym zbliżył się do normy wyznaczonej dla dzieci słyszących, natomiast grupa implantowana w wieku 13–24 miesięcy uzyskała 80,6, co było różnicą istotną statystycznie ($t = 2,23$; $p = 0,033$). Karltorp i wsp. [37] przeanalizowali przyrost słownictwa receptywnego u 103 dzieci i wykazali, że był on największy u dzieci implantowanych w wieku 9–11 miesięcy, a najniższy – u dzieci implantowanych między 18. a 23. miesiącem życia.

Prognozy rozwoju językowego do 6. roku życia sugerują, że najwyższe wyniki w zakresie słownictwa receptywnego uzyskują dzieci, które implantowano przed 9. miesiącem życia.

Podsumowując, wczesna implantacja ślimakowa (przed 12. miesiącem życia) sprzyja rozwojowi słownictwa receptywnego, a im wcześniej zostanie przeprowadzona, tym większe są szanse na uzyskanie wyników zbliżonych do wyników osiągniętych przez dzieci słyszące.

PLS

Narzędzie diagnostyczne służące do oceny rozwoju językowego dzieci w wieku 0–7 lat, obejmujące zarówno język receptywny (rozumienie), jak i ekspresywny (mówienie) [59].

Hammes i wsp. [60] przeanalizowali rozwój językowy 47 dzieci z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, implantowanych w wieku 9–48 miesięcy. Autorzy nie udostępnili szczegółowych wyników, co ogranicza możliwości interpretacyjne i porównawcze badania. Mitchell i wsp. [40] przebadali 111 dzieci implantowanych przed 12. miesiącem życia oraz między 12. a 24. miesiącem życia. Dzieci sklasyfikowano według wyjściowego poziomu rozumienia języka (PLS) przed implantacją, a wyniki analizowano w dwóch okresach po zabiegu. Wykazano, że dzieci implantowane przed ukończeniem 12. miesiąca życia uzyskiwały istotnie wyższe wyniki w zakresie języka receptywnego, niezależnie od wieku, płci oraz wyjściowego poziomu rozwoju językowego.

Podsumowując, wyniki PLS wskazują, że wczesna implantacja ślimakowa znacząco wspomaga rozwój języka receptywnego.

TROG

Standaryzowane narzędzie psychometryczne służące do oceny rozumienia struktur gramatycznych u dzieci i dorosłych [61]. Test znajduje zastosowanie szczególnie w diagnozie zaburzeń językowych, takich jak: specyficzne zaburzenia rozwoju językowego (ang. *specific language impairment*, SLI) oraz rozwojowe zaburzenie językowe (ang. *developmental language disorder*, DLD) – termin obecnie częściej stosowany, afazja oraz trudności językowe u dzieci niesłyszących, w tym korzystających z implantów ślimakowych.

Colletti i wsp. [32] przebadali 73 dzieci z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, podzielonych na trzy grupy według wieku w momencie implantacji: 2–11 miesięcy ($n = 19$, średni wiek 6,4 miesiąca), 12–23 miesięcy oraz 24–35 miesięcy. Po pięciu latach za pomocą testu TROG oceniono poziom rozumienia struktur gramatycznych. Dzieci implantowane najwcześniej (2–11 miesięcy) osiągały zdecydowanie najlepsze wyniki – około 80% z nich uzyskiwało wyniki mieszczące się w najwyższym przedziale percentylowym (76–100), natomiast pozostałe 20% nie znalazło się w najniższym przedziale (0–25 percentyl). W grupie implantowanej między 12. a 23. miesiącem życia wykazano większą zmienność wyników – około 60% dzieci uzyskiwało wyniki w przedziale średnim (26–75 percentyl), a około 30% osiągnęło najwyższy przedział.

Najmniejszą efektywność zaobserwowano w grupie implantowanej najpóźniej (24–35 miesięcy) – dominowały wyniki w przedziale średnim (26–75 percentyl), a znacząca część dzieci uzyskiwała wyniki w najniższym przedziale (0–25 percentyl); tylko niewielki odsetek osiągał wyniki na poziomie 76–100 percentyla.

Podsumowując, wczesna implantacja ślimakowa, najlepiej przed 12. miesiącem życia, znacząco wspomaga rozwój rozumienia struktur gramatycznych u dzieci z głębokim niedosłuchem prelingwalnym. Im późniejszy wiek implantacji, tym większa zmienność wyników i niższe osiągnięcia w zakresie kompetencji gramatycznych.

RDLS

Standaryzowany test językowy służący do oceny rozumienia i ekspresji językowej u dzieci w wieku 1–7 lat [62]. Składa się z: *Receptive Language Scale* oraz *Expressive Language Scale* (tłumaczenie własne autorów: *Skala rozumienia języka* oraz *Skala ekspresji językowej*). Badanie polega na interakcji z dzieckiem, które wykonuje zadania z wykorzystaniem obrazków i konkretnych instrukcji.

Niparko i wsp. [41] przebadali 188 dzieci z implantami ślimakowymi, podzielonych według wieku implantacji: < 18 miesięcy ($n = 72$), 18–36 miesięcy ($n = 64$) i > 36 miesięcy ($n = 52$). Najwyższe wyniki w zakresie rozumienia i ekspresji językowej uzyskiwały dzieci implantowane najwcześniej, a najniższe – dzieci implantowane po 36. miesiącu życia. Poziom wyników we wszystkich grupach był niższy niż u dzieci ze słuchem w normie, co wskazuje na utrzymujące się trudności w rozwoju językowym wynikające z opóźnionego dostępu do bodźców słuchowych. W badaniu Karltorp i wsp. [37], obejmującym 103 dzieci, również stwierdzono zależność między wiekiem dziecka w momencie implantacji a wynikami uzyskiwanymi w teście RDLS. Dzieci implantowane przed 12. miesiącem życia osiągały najlepsze wyniki: w grupie implantowanych w wieku 5–8 miesięcy średni wiek rozwoju językowego wynosił 3,95 roku wobec wieku chronologicznego 4 lat, co wskazuje na minimalne opóźnienie (0,25 roku). Dzieci implantowane w wieku 9–11 miesięcy osiągały nieco niższe, ale wciąż korzystne wyniki. U pacjentów implantowanych w wieku 12–29 miesięcy zaobserwowano większe opóźnienia (0,69–0,94 roku) i wolniejsze tempo rozwoju językowego (0,91–0,99). Średnie tempo rozwoju językowego wszystkich dzieci z implantami wyniosło 1,03, co sugeruje, że mimo początkowego opóźnienia dzieci te rozwijały się porównywalnie do słyszących rówieśników.

Podsumowując, wyniki testu RDLS wskazują, że wcześniej implantacja ślimakowa koreluje z wyższym poziomem rozwoju językowego, zarówno w zakresie rozumienia, jak i ekspresji mowy, a opóźnienie względem rówieśników ze słuchem w normie jest minimalne.

PBK

Test oceniający rozumienie mowy u dzieci w wieku przedszkolnym, oparty na listach fonetycznie zrównoważonych słów, co pozwala na precyzyjną ocenę percepcji mowy, zwłaszcza u dzieci z ubytkiem słuchu, w tym użytkowników implantów ślimakowych [63,64].

Hammes i wsp. [60] przeanalizowali wyniki 47 dzieci z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, podzielonych na cztery grupy w zależności od wieku [w miesiącach] w momencie implantacji (9–18, 19–30, 31–40 i 41–48). Najlepsze wyniki osiągały dzieci implantowane przed 18. miesiącem życia (średnio ok. 80%, mediana 83%), a późniejszy wiek implantacji korelował z systematycznym spadkiem wyników: 19–30 miesięcy – 55–60%, 31–48 miesięcy – 35–45%. Podobne obserwacje przedstawili Roland i wsp. [28] – dzieci implantowane między 5. a 11. miesiącem życia uzyskiwały wysoki poziom rozpoznawania mowy (średnio 93%).

Podsumowując, wczesna implantacja ślimakowa znacząco zwiększa zdolność rozumienia mowy u dzieci z głębokim niedosłuchem prelingwalnym, a późniejszy wiek implantacji koreluje ze stopniowym spadkiem wyników.

LNT i MLNT

Narzędzia służące do oceny percepcji mowy u dzieci z ubytkiem słuchu, w tym użytkowników implantów ślimakowych [65]. Testy mierzą poziom rozpoznawania słów wypowiedzianych w izolacji, bez wsparcia kontekstu, co pozwala ocenić zdolność fonologicznego przetwarzania mowy. LNT obejmuje słowa jednosylabowe, a MLNT – wielosylabowe, które dostarczają więcej wskazówek fonologicznych.

W badaniu Waltzman i wsp. [26] dzieci implantowane przed 12. miesiącem życia uzyskiwały w teście LNT wysoki poziom rozpoznawania słów (84–97%) i fonemów (93–98%), a w MLNT – jeszcze wyższe wyniki, co wskazuje na umiejętność sprawnego przetwarzania fonologicznego. Roland i wsp. [28] odnotowali średni wynik obu testów – na poziomie 93%, co potwierdza skuteczne rozpoznawanie zarówno słów prostych, jak i wielosylabowych. Houston i wsp. [38] wykazali, że dzieci implantowane wcześniej (w wieku 7–13 miesięcy) osiągały średnio około 80% poprawnych odpowiedzi w teście LNT, natomiast implantowane później (w wieku 16–23 miesięcy) – około 60%. Mimo uzyskiwania wysokich wyników w testach fonologicznych dzieci z implantami nadal osiągały niższe rezultaty w porównaniu z wynikami dzieci ze słuchem w normie, co sugeruje, że dobra percepcja fonologiczna nie zawsze prowadzi do efektywnego wykorzystania słuchu w codziennej komunikacji, a zatem dzieci wymagają dalszego wsparcia terapeutycznego w tym obszarze.

Podsumowując, wczesna implantacja ślimakowa, najlepiej przed 12. miesiącem życia, znacząco podnosi poziom zarówno rozpoznawania słów i fonemów, jak i przetwarzania fonologicznego u dzieci z głębokim niedosłuchem, jednak pomimo uzyskiwania wysokich wyników w testach fonologicznych dzieci te nadal wymagają wsparcia w codziennej komunikacji.

Rozwój komunikacyjny i społeczny

W obszarze tym istotną rolę odgrywają następujące umiejętności: nawiązywanie i podtrzymywanie interakcji społecznych, rozumienie zasad komunikacji społecznej oraz wykorzystywanie języka w relacjach z innymi. Badania w tym obszarze umożliwiają określenie, jak dziecko funkcjonuje w środowisku społecznym i w jaki

sposób wykorzystuje komunikację w codziennych kontaktach. Rozumienie języka i zasób słownictwa odnoszą się do zdolności dziecka do interpretowania znaczeń wypowiedzi oraz do poziomu rozwoju słownictwa, którym posługuje się ono w codziennych sytuacjach. Obszar ten pozwala ocenić, jak dziecko przyswaja język i jak rozumie przekazywane mu treści.

MCDI

Narzędzie do oceny poziomu rozwoju językowego dzieci oparte na informacjach przekazywanych przez rodziców [66]. W celu skrócenia czasu badania opracowano jego wersję skróconą – Short Form MCDI (SSF-MCDI) [67].

Cuda i wsp. [34] za pomocą kwestionariusza MCDI ocenili poziom rozwoju języka ekspresywnego u 30 dzieci wyposażonych w implant ślimakowy wszczepiony w wieku 8–17 miesięcy. W momencie badania wiek dzieci wynosił 36 miesięcy. Pacjenci implantowani przed 12. miesiącem życia ($n = 14$) uzyskiwali wyższe wyniki we wszystkich analizowanych wskaźnikach w porównaniu do wyników dzieci implantowanych po ukończeniu 12. miesiąca życia ($n = 16$). Średnia liczba wypowiadanych słów wynosiła odpowiednio 566,3 oraz 355. Wraz ze wzrostem wieku w momencie implantacji odnotowywano niższe wartości zasobu słownictwa. Różnice między płciami były niewielkie. Średnia długość wypowiedzi wynosiła 8–9 słów u dzieci implantowanych między 8. a 10. miesiącem życia i często nie przekraczała czterech słów w grupie implantowanej po 12. miesiącu życia. Najwyższy odsetek zdań złożonych (80–90%) odnotowano u dzieci implantowanych przed 10. miesiącem życia, natomiast w grupie implantowanej po 12. miesiącu życia wartości te w wielu przypadkach nie przekraczały 20%. Li i wsp. [43] przeanalizowali rozwój rozumienia i ekspresji słów u 24 dzieci implantowanych w wieku 1–2 lat ($n = 12$) oraz 2–3 lat ($n = 12$), w odniesieniu do norm rozwojowych dla dzieci z prawidłowym słuchem. W zakresie rozumienia słów dzieci słyszące osiągały wartości bliskie 100% około 20. miesiąca życia. Dzieci implantowane w wieku 1–2 lat osiągały około 90% w 36. miesiącu życia, natomiast dzieci implantowane w wieku 2–3 lat – około 80% w 40. miesiącu życia. W zakresie ekspresji słów dzieci słyszące osiągały poziom 90–100% około 20. miesiąca życia, dzieci implantowane w wieku 1–2 lat – około 80% w 36. miesiącu, natomiast w grupie implantowanej w wieku 2–3 lat wartości te nie przekroczyły 60% nawet w 40. miesiącu życia. We wszystkich grupach zaobserwowano wyższe wyniki w zakresie rozumienia słów niż ich ekspresji.

Podsumowując, badania oparte na kwestionariuszu MCDI/SSF-MCDI wykazały zróżnicowanie poziomu rozwoju leksykalnego i składniowego u dzieci z implantem ślimakowym w zależności od wieku pacjentów w momencie implantacji, przy czym wyższe wyniki zaobserwowano w grupach implantowanych wcześniej, a różnice między dziećmi wynikały m.in. z różnic wiekowych w momencie implantacji i czasu obserwacji.

Renfrew Bus Story (lub Bus Story Test)

Narzędzie diagnostyczne wchodzące w skład *Renfrew Language Scales*, stosowane do oceny zdolności

narracyjnych dzieci w wieku przedszkolnym [68]. Test polega na samodzielnym odtworzeniu historii obrazkowej (powtórzeniu narracji) i umożliwia ocenę treści oraz struktury gramatycznej wypowiedzi.

W badaniu Murri i wsp. [35] narzędzie to zastosowano do oceny 30 dzieci z implantami ślimakowymi aktywowanymi średnio w wieku 14,7 miesiąca. Analiza wyniku całkowitego (ang. *total-information score*) wykazała istotną zależność od wieku aktywacji implantu – każdy miesiąc opóźnienia aktywacji wiązał się ze spadkiem wyniku o 1,09 punktu ($SE = 0,20$; $p < 0,001$). Istotną zależność odnotowano również w odniesieniu do średniej długości zdań: każdy miesiąc opóźnienia aktywacji wiązał się ze skróceniem wypowiedzi o 0,23 słowa ($SE = 0,023$; $p < 0,001$).

Podsumowując, wyniki z badania wskazują, że zarówno wczesna aktywacja implantu ślimakowego, jak i stymulujące środowisko językowe, reprezentowane przez wyższy poziom wykształcenia matki, odgrywają zasadniczą rolę w kształtowaniu umiejętności narracyjnych u dzieci z głębokim niedosłuchem.

Zdarzenia niepożądane związane z implantacją ślimakową u dzieci

W 7 badaniach [24,26–28,32,37,39] spośród 23 publikacji oceniono bezpieczeństwo implantacji ślimakowej oraz częstość wystąpienia zdarzeń niepożądanych u niemowląt i małych dzieci. We wszystkich badaniach powikłania okołoperacyjne i pooperacyjne występowały stosunkowo rzadko. Podkreślono jednak, że ze względu na specyfikę anatomiczną w tej grupie pacjentów, należy wybrać optymalną technikę chirurgiczną oraz zachować zwiększoną ostrożność podczas przeprowadzania zabiegu.

Lesinski-Schiedat i wsp. [24] opisali powikłania okołoperacyjne u dziecka implantowanego w wieku 4 miesięcy, u którego wystąpiła hipowolemia wymagająca intensywnej terapii przez 24 godziny. Autorzy zwrócili uwagę na konieczność dostosowania techniki chirurgicznej ze względu na anatomiczne cechy niemowląt, takie jak: mniejsze wyrostki sutkowate oraz cieńsze sklepienie czaszki. U wszystkich pacjentów operowanych poniżej 1 roku życia [24] odnotowano odsłonięcie opony twardej podczas tworzenia łoża kostnej, jednak bez jej uszkodzenia. W części przypadków stwierdzono brak kostnej osłony nerwu twarzowego, bez wystąpienia jego porażenia. Nie ustalono, czy podobne sytuacje występują u pacjentów implantowanych w późniejszym wieku.

Valencia i wsp. [27] opisali trudności związane z insercją elektrody u pacjenta z wadą rozwojową ucha wewnętrznego w postaci malformacji Mondiniego oraz wyciekami płynu mózgowo-rdzeniowego. Autorzy opisali trzy późne zdarzenia niepożądane: dwie awarie urządzeń oraz jedno zakażenie bakteryjne wokół cewki implantu. Każdy z tych przypadków wymagał przeprowadzenia eksplantacji oraz późniejszej reimplantacji.

Roland i wsp. [28] wykazali, że powikłania wystąpiły u 16% pacjentów w ciągu 10 miesięcy po operacji, z czego trzy przypadki zaklasyfikowano jako poważne. Obejmowały one: wyciek płynu mózgowo-rdzeniowego u pacjenta

z malformacją ucha wewnętrznego wymagający repozyycji elektrody, awarię urządzenia wymagającą reimplantacji oraz zakażenie skóry przez *Staphylococcus epidermidis*, skutkujące eksplantacją i późniejszą reimplantacją. Autorzy zwrócili uwagę, że cienka skóra oraz niewielka grubość kości czaszki u niemowląt mogą zwiększać ryzyko uszkodzenia mechanicznego w obrębie odbiornika i cewki implantu.

Waltzman i wsp. [26] opisali przewlekłe zakażenie skóry *Staphylococcus epidermidis* wokół implantu związane z długotrwałym uciskiem, zakończone eksplantacją i reimplantacją po trzech miesiącach.

Colletti i wsp. [32] wymienili pojedyncze przypadki torbieli surowiczej oraz zakażenia bakteryjnego rany pooperacyjnej, leczone zachowawczo.

Karltorp i wsp. [37] odnotowali drobne powikłania pooperacyjne u 7,8% pacjentów, obejmujące: przejściowe zmiany skórne, obecność płynu surowiczego oraz ból w miejscu operacji. Nie wykazano związku między występowaniem powikłań a wiekiem dziecka w momencie operacji.

Yang i wsp. [39] nie zaobserwowali żadnych poważnych powikłań neurologicznych dzięki zastosowaniu śródoperacyjnego monitorowania nerwu twarzowego oraz profilaktyce antybiotykowej. U dwóch pacjentów z malformacją Mondiniego wystąpiły przemijające zaburzenia równowagi, które ustąpiły samoistnie. Inne zgłoszone powikłania obejmowały krwiaki oraz zaczerwienienia skóry w miejscu cewki implantu.

Dyskusja

Analiza 23 badań włączonych do przeglądu literatury wykazała ogólnie korzystne wyniki słuchowe i językowe u dzieci poddanych wczesnej implantacji ślimakowej. Porównania grup implantowanych w różnym wieku potwierdzają przewagę wczesnej interwencji – dzieci implantowane przed 12. miesiącem życia osiągały lepsze wyniki w zakresie funkcji słuchowych, percepcji dźwięków oraz rozwoju językowego. Ze względu na porównywalny profil bezpieczeństwa oraz znaczenie krytycznego okresu nabywania mowy i języka, wczesna implantacja ślimakowa wydaje się klinicznie uzasadniona.

Dane z analizowanych badań potwierdzają, że wczesna implantacja sprzyja rozwojowi funkcji słuchowych i integracji percepcyjnej bodźców akustycznych. Wyniki uzyskane z wykorzystaniem narzędzi, takich jak: IT-MAIS, CAP, LEAQ i GASP wskazują, że dzieci implantowane przed 12. miesiącem życia osiągają kolejne etapy rozwoju funkcji słuchowych szybciej niż dzieci implantowane w późniejszym okresie [25,26,32,39,43]. Jednocześnie wyniki te są modulowane przez czynniki dodatkowe, takie jak: długość ekspozycji na bodźce słuchowe i ich jakość [41], ogólny rozwój neurologiczny, jakość rehabilitacji, zaangażowanie rodziny czy współistniejące zaburzenia rozwojowe [27]. Pomimo poprawy wyników w testach, takich jak: CAP, IT-MAIS i LEAQ, subiektywne kwestionariusze, np. QHS, wskazują na ograniczoną jakość odbioru dźwięków, większy wysiłek słuchowy i trudności w lokalizacji źródeł dźwięku w porównaniu z dziećmi słyszącymi [44].

Ograniczenia wynikają także z charakteru narzędzi – większość z nich opiera się na ocenach rodziców, co może prowadzić do błędów interpretacyjnych, natomiast obiektywne testy, takie jak GASP czy CAP, nie zawsze w pełni odzwierciedlają funkcjonowanie słuchowe w naturalnym środowisku [33]. Ponadto według aktualnej wiedzy autorów spośród analizowanych narzędzi do oceny rozwoju funkcji słuchowych jedynym zwalidowanym i zaadaptowanym do języka polskiego kwestionariuszem jest LEAQ [69], którego właściwości psychometryczne uzasadniają fakt, że jest on rekomendowany do stosowania w praktyce klinicznej. Badania dotyczące produkcji i zrozumiałości mowy, prowadzonych z wykorzystaniem narzędzi, takich jak: SIR, MUSS, PSI, CNC, BIT, GAEL-P, wskazują na lepsze wyniki u dzieci poddanych wczesnej implantacji, zwłaszcza przed 12. miesiącem życia, w zakresie: zrozumiałości mowy, kompetencji artykulacyjnych, kontroli głosu oraz rozwoju struktur gramatycznych. Interpretacja wyników wymaga jednak ostrożności ze względu na ograniczenia metodologiczne, w tym niewielką liczebność prób (< 40 pacjentów) [30,37,38] oraz subiektywny charakter niektórych narzędzi [70]. Nie we wszystkich badaniach potwierdzono, że znaczące różnice wiążą się z wiekiem implantacji – np. Leigh i wsp. [55] nie zaobserwowali istotnych różnic między dziećmi implantowanymi przed i po ukończeniu 12. miesiąca życia. Wyniki są również modulowane przez dodatkowe czynniki, takie jak: sposób komunikacji (język mówiony vs migowy), długość obserwacji pooperacyjnej [39] oraz zmienne socjodemograficzne, w tym wykształcenie rodziców, status społeczno-ekonomiczny i dostęp do rehabilitacji [71]. Dłuższa obserwacja pokazuje, że pełna zrozumiałość mowy jest osiągana dopiero po kilku latach intensywnej terapii logopedycznej i stałej stymulacji słuchowej [32,37]. Analiza wyników dotyczących rozumienia języka i rozwoju słownictwa u dzieci z implantami ślimakowymi potwierdza istotną rolę wczesnej interwencji słuchowej. Wyniki testów PPVT, PLS i RDLs wskazują, że efektem wczesnej implantacji ślimakowej jest uzyskiwanie wyższych wyników w zakresie słownictwa receptywnego, rozumienia i ekspresji językowej [32,37,38,40,41,55,60]. Z kolei Mitchell i wsp. [40] wykazali, że w grupach o bardzo niskim poziomie wyjściowym rozwoju języka wcześniejszy wiek implantacji nie determinuje tempa rozwoju, natomiast w grupach o średnim i wysokim poziomie wyjściowym wczesna implantacja przynosi wyraźne korzyści. Wyniki testu TROG wskazują na lepsze rozumienie struktur gramatycznych u dzieci implantowanych we wczesnym okresie życia [32], a testy fonologiczne (PBK, LNT, MLNT) wskazują na lepsze przetwarzanie fonologiczne u dzieci implantowanych bardzo wcześnie [26,28,38,60]. Mimo wysokich wyników uzyskiwanych w testach fonologicznych efektywne wykorzystanie słuchu przez użytkowników implantu ślimakowego w codziennej komunikacji pozostaje ograniczone, z czego wynika konieczność zapewnienia im wieloaspektowego wsparcia terapeutycznego [38].

Wczesna implantacja ślimakowa, szczególnie przed 12. miesiącem życia, ma istotny wpływ na rozwój językowy obejmujący ekspresję, składnię i kompetencje narracyjne, a umiejętności w tym zakresie determinują funkcjonowanie społeczne [34,35,43]. U dzieci implantowanych wcześniej obserwuje się bogatsze słownictwo, większą złożoność wypowiedzi i wyższy poziom kompetencji narracyjnych, co

sprzysia skutecznej komunikacji społecznej i wspiera rozwój akademicki [34,35]. Opóźniona implantacja, w szczególności po 24. miesiącu życia, prowadzi do deficytów ekspresji językowej oraz ograniczeń w funkcjonowaniu społecznym. To z kolei może skutkować trudnościami emocjonalnymi, objawiającymi się wycofaniem czy obniżoną samooceną [43]. Jednocześnie wyniki badań Murri i wsp. [35] podkreślają, że istotną rolę odgrywają czynniki środowiskowe, np. poziom wykształcenia matki, co wskazuje na konieczność kompleksowego podejścia do terapii i wsparcia rodzin.

Dane literaturowe wskazują, że wczesna implantacja korzystnie wpływa na aktywację centralnych i obwodowych szlaków słuchowych w okresie największej neuroplastyczności [14]. Badania na modelach zwierzęcych wykazały, że brak stymulacji słuchowej w tym okresie może prowadzić do degeneracyjnych zmian, takich jak spadek aktywności synaptycznej w połączeniach korowo-korowych i korowo-wzgórzowych oraz zmniejszenie gęstości komórkowej w zwoju spiralnym i jądrach ślimaka [72]. Pierwsze miesiące życia charakteryzują się wysoką neuroplastycznością i intensywną synaptogenezą, a brak stymulacji słuchowej w tym okresie prowadzi do degeneracyjnych zmian w centralnych i obwodowych szlakach słuchowych [72]. Wczesna implantacja aktywuje te szlaki, co potwierdzają wyniki badań nad falą P1 – dzieci implantowane przed 3,5 rokiem życia osiągały prawidłową latencję już po sześciu miesiącach, podczas gdy u dzieci implantowanych po 7. roku życia latencja pozostawała nieprawidłowa nawet po kilku latach [14]. Deprywacja słuchowa wpływa również na rozwój funkcji wykonawczych (ang. *executive functions*, EF), które definiuje się jako zestaw procesów poznawczych obejmujących m.in.: pamięć roboczą, uwagę, hamowanie reakcji, samokontrolę, elastyczność poznawczą oraz zdolności organizacyjne [73]. Język ma zasadnicze znaczenie dla EF – umożliwia formułowanie i modyfikowanie reprezentacji mentalnych oraz kontrolę zachowań [74]. Dzieci wcześnie implantowane, a szczególnie przed 12. miesiącem życia, osiągają wyższe wyniki w zakresie elastyczności poznawczej, kontroli impulsów (inhibicji) i pamięci roboczej, co w dłuższej perspektywie odgrywa dużą rolę w rozwoju ich umiejętności werbalnych [75,76]. Pomimo rosnącej świadomości znaczenia wczesnej implantacji ślimakowej poszczególne doniesienia naukowe wskazują, że nadal średni wiek dzieci z prelingwalnym niedosłuchem w momencie implantacji wynosi 2–3 lata [77–79]. Dane z Kanady z lat 2000–2005 wykazują, że mniej niż połowa dzieci otrzymuje implant przed ukończeniem 3. roku życia [77]. Podobne wyniki odnotowano także w Stanach Zjednoczonych Ameryki, mimo wprowadzenia tam przesiewowych badań słuchu noworodków [78]. Do najczęstszych przyczyn tego opóźnienia należą: postępujący charakter niedosłuchu (53%), obecność chorób współistniejących (17%), niezdecydowanie rodziny (9%) oraz czynniki geograficzne (6%) [77]. Dodatkowo dzieci z obszarów wiejskich w porównaniu do pacjentów z miast częściej mają utrudniony dostęp do specjalistycznej diagnostyki i terapii, co wydłuża cały proces leczenia [79].

Analiza siedmiu publikacji [24,26–28,32,37,39] dotyczących bezpieczeństwa implantacji ślimakowej u niemowląt i małych dzieci wykazała, że procedura ta jest względnie bezpieczna, z niską częstością występowania poważnych zdarzeń

niepożądanych. Mimo korzystnego profilu bezpieczeństwa implantacja w tej grupie pacjentów wiąże się z ryzykiem powikłań około- oraz pooperacyjnych, czasem wymagających dodatkowej interwencji lub eksplantacji implantu. Do głównych czynników ryzyka należą anatomiczne cechy niemowląt, takie jak: niedorozwinięty wyrostek sutkowaty, zwiększona zawartość szpiku kostnego, cienka czaszka, powierzchowny przebieg nerwu twarzowego i delikatne tkanki miękkie [80]. Lesinski-Schiedat i wsp. [24] opisali przypadek, w którym u czteromiesięcznego dziecka konieczne było zastosowanie intensywnej opieki pooperacyjnej w związku z hipowolemią. Z kolei Lai i wsp. [81] zwrócili uwagę, że pacjenci pediatryczni są bardziej podatni na hipotermię i mają ograniczoną objętość krwi – u niemowlęcia o masie 9 kg utrata 100 ml odpowiada około 15% całkowitej objętości krwi [82]. Do zgłaszanych powikłań należały m.in. wycieki płynu mózgowo-rdzeniowego, infekcje, awarie urządzeń, eksplantacja i ponowna implantacja. Według Lai i wsp. [81] szczególnie narażone na występowanie zdarzeń niepożądanych są dzieci z wrodzonymi malformacjami ucha wewnętrznego, jednakże dostępne dane są ograniczone pod względem liczebności próby i długości obserwacji, co utrudnia jednoznaczną ocenę długoterminowego bezpieczeństwa. W przeglądzie literatury Sbeih i wsp. [83] odnotowali poważne zdarzenia niepożądane u 2,3% niemowląt, w tym: awarie urządzeń, eksplantacje, wycieki płynu mózgowo-rdzeniowego, porażenia nerwu twarzowego, krwawienia wymagające transfuzji oraz usunięcie potencjalnej neurotoksyczności znieczulenia w okresie niemowlęcym, jednak prospektywne, randomizowane badanie kontrolowane nie wykazało związku między krótkotrwałą ekspozycją na znieczulenie ogólne (< 1 godziny) a deficytami neurokognitywnymi [85,86].

Niniejszy przegląd literatury podlega określonym ograniczeniom metodologicznym, które należy uwzględnić podczas interpretacji wyników. Strategię wyszukiwania literatury ograniczono do jednej bazy danych (PubMed), co spowodowało pominięcie publikacji dostępnych w innych bazach naukowych (np. Embase, Scopus czy Web of Science). Analizowane badania charakteryzują się znaczną heterogenicznością pod względem zastosowanych narzędzi pomiarowych oraz kryteriów włączenia uczestników, co utrudnia porównywanie wyników i formułowanie spójnych wniosków. Różnice w długości okresów obserwacji, w tym przewaga badań krótkoterminowych, ograniczają możliwość oceny długoterminowej efektywności wczesnej implantacji ślimakowej. Ponadto większość prac opierała się na niewielkich próbach, co wpływa na obniżenie mocy statystycznej i utrudnia ekstrapolację wyników na szerszą populację. Często nieuwzględniane były istotne czynniki kliniczne, takie jak charakter implantacji (jedno- vs obustronna), etiologia niedosłuchu czy współistniejące zaburzenia neurorozwojowe, a także zmienne socjodemograficzne – status społeczno-ekonomiczny rodziny, wykształcenie rodziców czy język dominujący w otoczeniu dziecka. Pominięcie tych czynników może prowadzić do niepełnej lub potencjalnie mylącej interpretacji wyników. Chociaż większość autorów uznaje implantację przed 12. miesiącem życia za wczesną i optymalną z punktu widzenia rozwoju słuchowego i językowego dziecka, pojęcie „wczesnej implantacji” pozostaje niejednoznaczne.

Wnioski

Wczesna implantacja ślimakowa znacząco wpływa na rozwój słuchowy i językowy u dzieci z prelingwalną głuchotą, przy czym najwyższe korzyści obserwuje się u dzieci implantowanych przed 12. miesiącem życia. Prezentowane w publikacjach naukowych wyniki terapeutyczne są dodatkowo modulowane przez czas użytkowania implantu,

zastosowane narzędzia do oceny umiejętności słuchowych i językowych oraz czynniki kliniczne i środowiskowe.

Finansowanie

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

Piśmiennictwo

- Naik AN, Varadarajan VV, Malhotra PS. Early pediatric Cochlear implantation: an update. *Laryngoscope Invest Otolaryngol*, 2021; 6(3): 512–21; doi.org/10.1002/lio2.574.
- De Raeve L, Archbold S, Lehnhardt-Gorjany M, Kemp T. Prevalence of cochlear implants in Europe: trend between 2010 and 2016. *Cochlear Implants Int*, 2020; 21(5): 275–80; https://doi.org/10.1080/14670100.2020.1771829.
- Dettman SJ, Dowell RC, Choo D, Arnott W, Abrahams Y, Davis A i wsp. Long-term communication outcomes for children receiving cochlear implants younger than 12 months: a multicenter study. *Otol Neurotol*, 2016; 37(2): e82-95; https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000000915.
- Dazert S, Peter Thomas J, Loth A, Zahnert T, Stöver T. Cochlear implantation. *Dtsch Arztebl Int*, 2020; 117(41): 690–700; https://doi.org/10.3238/arztebl.2020.0690.
- National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Recommendations. In: Cochlear implants for children and adults with severe to profound deafness; 2019; https://www.nice.org.uk/guidance/ta566/chapter/1-Recommendations [dostęp: 2.06.2025].
- Quality Standards – HEARING, 2017. https://www.hearing.com/hearing-quality-standards/ [dostęp 12.05.2025].
- World Health Organisation (WHO). World report on hearing: 2021. https://www.who.int/publications-detail-redirect/world-report-on-hearing [dostęp: 11.05.2025].
- WHA.70.13. World Health Assembly resolution on prevention of deafness and hearing loss. In: Seventieth World Health Assembly, Geneva, 31 May 2017. Resolutions and decisions, annexes. 2017 http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA70/A70_R13-en.pdf?ua=1 hearing [dostęp: 11.05.2025].
- Fagan MK, Pisoni DB. Perspectives on multisensory experience and cognitive development in infants with cochlear implants. *Scand J Psychol*, 2009; 50(5): 457–62; https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2009.00743.x.
- Kisilevsky BS, Hains SMJ, Lee K, Xie X, Huang H, Ye HH i wsp. Effects of experience on fetal voice recognition. *Psychol Sci*, 2003; 14(3): 220–4; https://doi.org/10.1111/1467-9280.02435.
- Harrison RV, Gordon KA, Mount RJ. Is there a critical period for cochlear implantation in congenitally deaf children? Analyses of hearing and speech perception performance after implantation. *Dev Psychobiol*, 2005; 46(3): 252–61; https://doi.org/10.1002/dev.20052.
- Kruszyńska M, Kochanek K, Piłka A, Skarżyński H. Zależność pomiędzy wynikami badań przesiewowych wykonywanych w okresie noworodkowym i szkolnym. *Now Audiofonol*, 2013; 2(4): 44–8; https://doi.org/10.17431/889855.
- Friedmann N, Rusou D. Critical period for first language: the crucial role of language input during the first year of life. *Curr Opin Neurobiol*, 2015; 35: 27–34; https://doi.org/10.1016/j.conb.2015.06.003.
- Sharma A, Dorman MF, Spahr AJ. A sensitive period for the development of the central auditory system in children with cochlear implants: implications for age of implantation. *Ear Hear*, 2002; 23(6): 532–9; https://doi.org/10.1097/00003446-200212000-00004.
- Knudsen EI. Sensitive periods in the development of the brain and behavior. *J Cogn Neurosci*, 2004; 16(8): 1412–25; https://doi.org/10.1162/0898929042304796.
- Glennon E, Svirsky MA, Froemke RC. Auditory cortical plasticity in cochlear implant users. *Curr Opin Neurobiol*, 2020; 60: 108–14; https://doi.org/10.1016/j.conb.2019.11.003.
- Hardie NA, Shepherd RK. Sensorineural hearing loss during development: morphological and physiological response of the cochlea and auditory brainstem. *Hear Res*, 1999; 128(1–2): 147–65; https://doi.org/10.1016/S0378-5955(98)00209-3.
- Gordon KA, Papsin BC, Harrison RV. Activity-dependent developmental plasticity of the auditory brain stem in children who use cochlear implants. *Ear Hear*, 2003; 24(6): 485–500; https://doi.org/10.1097/01.AUD.0000100203.65990.D4.
- Allothman N, Abdelsamad Y, Almuhawes F, Allami H, Hagr A. Cochlear implantation in pediatrics: impact of newborn hearing screening on intervention time. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2024; 181: 111990; https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2024.111990.
- Connor CM, Craig HK, Raudenbush SW, Heavner K, Zwalan TA. The age at which young deaf children receive cochlear implants and their vocabulary and speech-production growth: Is there an added value for early implantation? *Ear Hear*, 2006; 27(6): 628; https://doi.org/10.1097/01.aud.0000240640.59205.42.
- MeSH Browser, https://meshb-prev.nlm.nih.gov/record/ui?ui=D010040 [dostęp: 11.05.2025].
- Humphries T, Kushalnagar P, Mathur G, Napoli DJ, Rathmann C. Global regulatory review needed for cochlear implants: A call for FDA leadership. *Matern Child Health J*, 2020; 24(11): 1345–59; https://doi.org/10.1007/s10995-020-03002-5.
- PRISMA, 2020. http://www.prisma-statement.org/prisma-statement/flowdiagram [dostęp: 2.06.2025].
- Lesinski-Schiedat A, Illg A, Heermann R, Bertram B, Lenarz T. Paediatric cochlear implantation in the first and in the second year of life: a comparative study. *Cochlear Implants Int*, 2004; 5(4): 146–59; https://doi.org/10.1179/cim.2004.5.4.146.
- Colletti V, Carner M, Miorelli V, Guida M, Colletti L, Fiorino FG. Cochlear implantation at under 12 months: report on 10 patients. *Laryngoscope*, 2005; 115(3): 445–9; https://doi.org/10.1097/01.mlg.0000157838.61497.e7.
- Waltzman SB, Roland JT. Cochlear implantation in children younger than 12 months. *Pediatrics*, 2005; 116(4): e487–93; https://doi.org/10.1542/peds.2005-0282.
- Valencia DM, Rimell FL, Friedman BJ, Oblander MR, Helmbrecht J. Cochlear implantation in infants less than 12 months of age. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2008; 72(6): 767–73; https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2008.02.009.

28. Roland JT, Cosetti M, Wang KH, Immerman S, Waltzman SB. Cochlear implantation in the very young child: long-term safety and efficacy. *Laryngoscope*, 2009; 119(11): 2205–10; <https://doi.org/10.1002/lary.20489>.
29. Artières F, Vieu A, Mondain M, Uziel A, Venail F. Impact of early cochlear implantation on the linguistic development of the deaf child. *Otol Neurotol*, 2009; 30(6): 736–42; <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e3181b2367b>.
30. Habib MG, Waltzman SB, Tajudeen B, Svirsky MA. Speech production intelligibility of early implanted pediatric cochlear implant users. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2010; 74(8): 855–9; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2010.04.009>.
31. Schramm B, Bohnert A, Keilmann A. Auditory, speech and language development in young children with cochlear implants compared with children with normal hearing. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2010; 74(7): 812–9; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2010.04.008>.
32. Colletti L, Mandalà M, Zoccante L, Shannon RV, Colletti V. Infants versus older children fitted with cochlear implants: performance over 10 years. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2011; 75(4): 504–9; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2011.01.005>.
33. Zhou H, Chen Z, Shi H, Wu Y, Yin S. Categories of auditory performance and speech intelligibility ratings of early-implanted children without speech training. *PloS One*, 2013; 8(1): e53852; <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053852>.
34. Cuda D, Murri A, Guerzoni L, Fabrizi E, Mariani V. Pre-school children have better spoken language when early implanted. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2014; 78(8): 1327–31; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2014.05.021>.
35. Murri A, Cuda D, Guerzoni L, Fabrizi E. Narrative abilities in early implanted children. *Laryngoscope*, 2015; 125(7): 1685–90; <https://doi.org/10.1002/lary.25084>.
36. Phan J, Houston DM, Ruffin C, Ting J, Holt RF. Factors affecting speech discrimination in children with cochlear implants: evidence from early-implanted infants. *J Am Acad Audiol*, 2016; 27(6): 480–8; <https://doi.org/10.3766/jaaa.15088>.
37. Karltorp E, Eklöf M, Östlund E, Asp E, Tideholm B, Löfkvist U. Cochlear implants before 9 months of age led to more natural spoken language development without increased surgical risks. *Acta Paediatr*, 2020; 109(2): 332–41; <https://doi.org/10.1111/apa.14954>.
38. Houston DM, Miyamoto RT. Effects of early auditory experience on word learning and speech perception in deaf children with cochlear implants: implications for sensitive periods of language development. *Otol Neurotol*, 2010; 31(8): 1248–53; <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e3181f1cc6a>.
39. Yang Y, Chen M, Zheng J, Hao J, Liu B, Liu W i wsp. Clinical evaluation of cochlear implantation in children younger than 12 months of age. *Pediatr Investig*, 2020; 4(2): 99–103; <https://doi.org/10.1002/ped4.12202>.
40. Mitchell RM, Christianson E, Ramirez R, Onchiri FM, Horn DL, Pontis L i wsp. Auditory comprehension outcomes in children who receive a cochlear implant before 12 months of age. *Laryngoscope*, 2020; 130(3): 776–81; <https://doi.org/10.1002/lary.28061>.
41. Niparko JK, Tobey EA, Thal DJ, Eisenberg LS, Wang N-Y, Quittner AL i wsp. Spoken language development in children following cochlear implantation. *J Am Med Assoc (JAMA)*, 2010; 303(15): 1498–506; <https://doi.org/10.1001/jama.2010.451>.
42. Nicholas JG, Geers AE. Sensitivity of expressive linguistic domains to surgery age and audibility of speech in preschoolers with cochlear implants. *Cochlear Implants Int*, 2018; 19(1): 26–37; <https://doi.org/10.1080/14670100.2017.1380114>.
43. Li G, Zhao F, Tao Y, Zhang L, Yao X, Zheng Y. Trajectory of auditory and language development in the early stages of prelingual children post cochlear implantation: a longitudinal follow-up study. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2020; 128: 109720; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109720>.
44. Kronenberger WG, Bozell H, Henning SC, Montgomery CJ, Ditmars AM, Pisoni DB. Functional hearing quality in prelingually deaf school-age children and adolescents with cochlear implants. *Int J Audiol*, 2020; 60(4): 282; <https://doi.org/10.1080/14992027.2020.1826586>.
45. Zimmerman-Phillips S, Osberger M, Robbins A. Assessment of auditory skills in children two years of age or younger (materiały konferencyjne). 5th International Cochlear Implant Conference, 1–3.05.1997, New York.
46. Zimmerman-Phillips S, Robbins AM, Osberger MJ. Assessing cochlear implant benefit in very young children. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*, 2000; 185: 42–3; <https://doi.org/10.1177/0003489400109s1217>.
47. Archbold S, Lutman ME, Marshall DH. Categories of auditory performance. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*, 1995; 166: 312–4.
48. Erber N. Auditory Training, 1982. https://www.researchgate.net/publication/265788196_Auditory_Training [dostęp: 11.06.2025].
49. Weichbold V, Tsiakpini L, Coninx F, D'Haese P. [Development of a parent questionnaire for assessment of auditory behaviour of infants up to two years of age] (abstrakt). *Laryngorhinootologie*, 2005; 84(5): 328–34 [w jęz. niemieckim]; <https://doi.org/10.1055/s-2004-826232>.
50. Cox RM, McDaniel DM. Development of the Speech Intelligibility Rating (SIR) Test for hearing aid comparisons. *J Speech Lang Hear Res*, 1989; 32(2): 347–52; <https://doi.org/10.1044/jshr.3202.347>.
51. Robbins AM, Osberger MJ. Meaningful Use of Speech Scale (MUSS), 1990. https://digitalcommons.wustl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1309&context=pacs_capstones.pdf [dostęp: 11.06.2025].
52. Jerger S, Lewis S, Hawkins J, Jerger J. Pediatric Speech Intelligibility Test: generation of test materials. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 1980; 2(3): 217–30; [https://doi.org/10.1016/0165-5876\(80\)90047-6](https://doi.org/10.1016/0165-5876(80)90047-6).
53. Peterson GE, Lehiste I. Revised CNC lists for auditory tests (abstrakt). *J Speech Hear Disord*, 1962; 27: 62–70; <https://doi.org/10.1044/jshd.2701.62>.
54. Causey GD, Hood LJ, Hermanson CL, Bowling LS. The Maryland CNC Test: normative studies. *Audiol*, 1984; 23(6): 552–68; <https://doi.org/10.3109/00206098409081538>.
55. Leigh J, Dettman S, Dowell R, Briggs R. Communication development in children who receive a cochlear implant by 12 months of age. *Otol Neurotol*, 2013; 34(3): 443–50; <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e3182814d2c>.
56. Osberger MJ, Maso M, Sam LK. Speech intelligibility of children with cochlear implants, tactile aids, or hearing aids. *J Speech Lang Hear Res*, 1993; 36(1): 186–203; <https://doi.org/10.1044/jshr.3601.186>.
57. Moog JS. Grammatical Analysis of Elicited Language (GAEL-P): pre-sentence level. *Pozyskano z*: https://www.books.google.pl/books/about/Grammatical_Analysis_of_Elicited_Languag.html?id=z-pqHAAACAAJ&redir_esc=y Central [dostęp: 11.06.2025].

58. Dunn DM. Peabody Picture Vocabulary Test, 1981. <https://www.scribd.com/doc/60252222/Peabody-Picture-Vocabulary-Test.pdf> [dostęp: 11.06.2025].
59. Zimmerman I, Steiner VG, Pond RE. Preschool Language Scale. Wyd. 5. Pozyskano z: <https://www.psychnet.apa.org/doiLanding?doi=10.1037%2F15141-000> [dostęp: 11.06.2025].
60. Hammes DM, Novak MA, Rotz LA, Willis M, Edmondson DM, Thomas JF. Early identification and cochlear implantation: critical factors for spoken language development. *Ann Otol Rhinol Laryngol Suppl*, 2002; 189: 74–8; <https://doi.org/10.1177/00034894021110s516>.
61. Bishop DVM. Test for Reception of Grammar: Version 2; TROG-2. Pozyskano z: <https://www.books.google.pl/books?id=gFNNKAAACAAJ> [dostęp: 11.06.2025].
62. Reynell J, Huntley RMC. New scales for the assessment of language development in young children (abstrakt). *J Learn Disabil*, 1971; 4(10): 549–57; <https://doi.org/10.1177/002221947100401002>.
63. Haskins H. A phonetically balanced test of speech discrimination for children. Pozyskano z: https://www.books.google.pl/books/about/A_Phonetically_Balanced_Test_of_Speech_D.html?id=8Kh6nQEACAAJ&redir_esc=y [dostęp: 11.06.2025].
64. Meyer TA, Pisoni DB. Some computational analyses of the PBK test: effects of frequency and lexical density on spoken word recognition. *Ear Hear*, 1999; 20(4): 363–71; <https://doi.org/10.1097/00003446-199908000-00008>.
65. Kirk KI, Pisoni DB, Osberger MJ. Lexical effects on spoken word recognition by pediatric cochlear implant users. *Ear Hear*, 1995; 16(5): 470–81; <https://doi.org/10.1097/00003446-199510000-00004>.
66. Fenson L, Marchman VA, Thal DJ, Dale PS, Reznick JS, Bates E. The MacArthur-Bates Communicative Development Inventories: updates from the CDI Advisory Board. *Front Psychol*, 2023; 14: 1170303; <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1170303>.
67. Jackson-Maldonado D, Marchman VA, Fernald LCH. Short-form versions of the Spanish MacArthur–Bates Communicative Development Inventories, 2013. https://www.mb-cdi.stanford.edu/documents/JacksonMaldonadoMarchmanFernald_AppPsyling_2013.pdf [dostęp: 21.07.2025].
68. Renfrew C. Bus story test: a test of narrative speech. Pozyskano z: https://search.library.uq.edu.au/discovery/fulldisplay?docid=alma991008209839703131&context=L&vid=61UQ_INST:61UQ&lang=en&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=61UQ_All&query=sub,exact,Communicative%20disorders,AND&mode=advanced&offset=0 [dostęp: 21.07.2025].
69. Obrycka A, Lorens A, Padilla García J-L, Piotrowska A, Skarzynski H. Validation of the LittleEARS Auditory Questionnaire in cochlear implanted infants and toddlers. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2017; 93: 107–16; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.12.024>.
70. Warner-Czyz AD, Nelson JA, Kumar R, Crow S. Parent-reported quality of life in children with cochlear implants differs across countries. *Front Psychol*, 2022; 13: 966401; <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.966401>.
71. Meinhardt G, Sharrer C, Perez N, Downes A, Davidowitz T, Schuh M i wsp. Reporting of sociodemographic data in cochlear implant clinical trials: a systematic review. *Otol Neurotol*, 2023; 44(2): 99–106; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000003766>.
72. Kral A, Sharma A. Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends Neurosci*, 2012; 35(2): 111–22; <https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.09.004>.
73. Kronenberger WG. Executive functioning and language development in children with cochlear implants. *Cochlear Implants Int*, 2019; 20 (Suppl 1): 2–5; <https://doi.org/10.1080/14992027.2020.1826586>.
74. Petersen IT, Bates JE, Staples AD. The role of language ability and self-regulation in the development of inattentive-hyperactive behavior problems. *Dev Psychopathol*, 2015; 27(1): 221–37; <https://doi.org/10.1017/S0954579414000698>.
75. Nicastrì M, Giallini I, Amicucci M, Mariani L, Vincentiis M de, Greco A i wsp. Variables influencing executive functioning in preschool hearing-impaired children implanted within 24 months of age: an observational cohort study. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2021; 278(8): 2733–43; <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06343-7>.
76. Castellanos I, Kronenberger WG, Beer J, Henning SC, Colson BG, Pisoni DB. Preschool speech intelligibility and vocabulary skills predict long-term speech and language outcomes following cochlear implantation in early childhood. *Cochlear Implants Int*, 2014; 15(4): 200–10; <https://doi.org/10.1179/1754762813Y.00000000043>.
77. Fitzpatrick EM, Ham J, Whittingham J. Pediatric cochlear implantation: Why do children receive implants late? *Ear Hear*, 2015; 36(6): 688–94; <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000184>.
78. Gordon SA, Waltzman SB, Friedmann DR. Delayed cochlear implantation in congenitally deaf children-identifying barriers for targeted interventions. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 2022; 155: 111086; <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2022.111086>.
79. Noblitt B, Alfonso KP, Adkins M, Bush ML. Barriers to rehabilitation care in pediatric cochlear implant recipients. *Otol Neurotol*, 2018; 39(5): e307–13; <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001777>.
80. James AL, Papsin BC. Cochlear implant surgery at 12 months of age or younger. *Laryngoscope*, 2004; 114(12): 2191–5; <https://doi.org/10.1097/01.mlg.0000149456.75758.4c>.
81. Lai L-L, See M-H, Rampal S, Ng K-S, Chan L. Significant factors influencing inadvertent hypothermia in pediatric anesthesia. *J Clin Monit Comput*, 2019; 33(6): 1105–12; <https://doi.org/10.1007/s10877-019-00259-2>.
82. Howie SRC. Blood sample volumes in child health research: review of safe limits. *Bull World Health Organ*, 2011; 89(1): 46–53; <https://doi.org/10.2471/BLT.10.080010>.
83. Sbeih F, Bouzaher MH, Appachi S, Schwartz S, Cohen MS, Carvalho D i wsp. Safety of cochlear implantation in children 12 months or younger: systematic review and meta-analysis. *Otolaryngol Neck Surg*, 2022; 167(6): 912–22; <https://doi.org/10.1177/01945998211067741>.
84. Vutskits L, Davidson A. Update on developmental anesthesia neurotoxicity. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2017; 30(3): 337–42; <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000461>.
85. McCann ME, Graaff JC de, Dorris L, Disma N, Withington D, Bell G i wsp. Neurodevelopmental outcome at 5 years of age after general anaesthesia or awake-regional anaesthesia in infancy (GAS): an international, multicentre, randomised, controlled equivalence trial. *Lancet*, 2019; 393(10172): 664–77; [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32485-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32485-1).

86. Davidson AJ, Disma N, Graaff JC de, Withington DE, Dorris L, Bell G i wsp. Neurodevelopmental outcome at 2 years of age after general anaesthesia and awake-regional anaesthesia in infancy (GAS): an international multicentre, randomised controlled trial. *Lancet*, 2016; 387(10015): 239–50; [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00608-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00608-X).

Dr n. med. i n. o zdr. Beata Dziendziel, email: b.dziendziel@ifps.org.pl •  0000-0001-6607-2355

Lek. Małgorzata Dębińska, email: m.debinska@ifps.org.pl •  0009-0005-1247-2712

Mgr Kalina Cyz, email: k.cyz@ifps.org.pl •  0009-0001-7794-331X

Mgr Marta Mrówka, email: marta.mrowka@ifps.org.pl •  0009-0002-4339-2959

Dr hab. n. med. i n. o zdr. Elżbieta Włodarczyk, email: e.wlodarczyk@ifps.org.pl •  0000-0003-3737-5730

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