



University of Zagreb

Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Doktorski studij "Poremećaji jezika, govora i slušanja"

Ivana Šimić

**PREDIKTORI RECEPTIVNIH JEZIČNIH
VJEŠTINA DJECE S KOHLEARNIM
IMPLANTATOM**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2025.



University of Zagreb

Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Doktorski studij "Poremećaji jezika, govora i slušanja"

Ivana Šimić

**PREDIKTORI RECEPTIVNIH JEZIČNIH
VJEŠTINA DJECE S KOHLEARNIM
IMPLANTATOM**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Izv. prof. dr. sc. Luka Bonetti

Prof. dr.sc. Tamara Martinac Dorčić

Zagreb, 2025.



University of Zagreb

Faculty of Education and Rehabilitation Sciences

Postgraduated doctoral study Speech, Language and Hearing
Disorders

Ivana Šimić

PREDICTORS OF RECEPTIVE LANGUAGE SKILLS IN CHILDREN WITH COCHLEAR IMPLANTS

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisors:

Assoc. Prof. Luka Bonetti, PhD

Prof. Tamara Martinac Dorčić, PhD

Zagreb, 2025.

Mentori:

Izv. prof. dr. sc. Luka Bonetti

Luka Bonetti rođen je 06.08.1976. godine u Zagrebu, gdje je završio II. gimnaziju i diplomirao na Edukacijsko-rehabilitacijskom fakultetu. Na istom fakultetu najprije magistrira (2003.), a potom stječe titulu doktora znanosti (2008.). Izvanredni profesor je Edukacijsko-rehabilitacijskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, gdje predaje na prijediplomskom i diplomskom studiju Logopedije te poslijediplomskom specijalističkom i doktorskom studiju Poremećaji jezika, govora i slušanja. Njegovi istraživački i stručni interesi su habilitacija govorenog jezika kod gluhe djece i rehabilitacija komunikacije osoba sa stečenim oštećenjem sluha.

Aktivno je sudjelovao na preko 40 znanstvenih i stručnih kongresa i radionica i autor je preko 26 znanstvenih i stručnih radova objavljenih u međunarodnim i domaćim časopisima i zbornicima te suautor jedne monografije i jednog priručnika. Kao suradnik ili voditelj sudjelovao je provedbi znanstveno-istraživačkih i stručnih projekata iz područja zdravlja, edukacije i socijalne skrbi, financijski podržanih europskim fondovima ili od strane ministarstava i agencija/institucija Republike Hrvatske te lokane samouprave.

Sudjelovao je u organizaciji stručnih događanja i međunarodnih znanstvenih skupova te u akcijama usmjerenim na popularizaciju logopedskih tema i promociju većeg društvenog angažmana u susretanju potreba osoba s komunikacijskim teškoćama. Bio je član uredništva časopisa Logopedija i Hrvatske revije za rehabilitacijska istraživanja. Recenzirao je radove za domaće i strane znanstvene časopise te je sudjelovao u organizaciji znanstvenih konferencija u funkciji tajnika ili člana organizacijskih ili programskih odbora.

Bio je voditelj Centra za rehabilitaciju ERFa u jednom mandatu i pročelnik Odsjeka za oštećenja sluha Fakulteta u dva mandata te je član Povjerenstava za kvalitetu ERFa. Trenutno obnaša dužnost prodekana za studije i studente ERF-a. Usavršavao se u području (re)habilitacije jezično-govorne komunikacije gluhe i nagluhe djece i višegodišnji je djelatnik (i bivši voditelj) Kabineta za oštećenja sluha Nastavno-kliničkog centra ERFa, u kojem obavlja klinički i savjetodavni logopedski rad. Dobitnik je Državne nagrade „Ivan Filipović“.

Prof. dr. sc. Tamara Martinac Dorčić

Dr.sc. Tamara Martinac Dorčić redovita je profesorica na Odsjeku za psihologiju Filozofskog fakulteta na Sveučilištu u Rijeci. Diplomirala je psihologiju na Pedagoškom fakultetu u Rijeci, a diplome magistra znanosti te doktora znanosti stekla je na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Sudjeluje u nastavi obaveznih i izbornih predmeta na prijediplomskom, diplomskom, specijalističkom i doktorskom studiju psihologije te drugim studijima Filozofskoga fakulteta u Rijeci i Sveučilišta u Rijeci iz područja razvojne psihologije, razvojne psihopatologije i poučavanja učenika s teškoćama u razvoju. Mentorirala je izrade diplomskih, specijalističkih i doktorskih radova.

Do sada je kao istraživač sudjelovala na više znanstvenoistraživačkih projekata koje je podupiralo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta RH te Sveučilište u Rijeci. Bila je suradnica na europskom projektu OBZOR „e-Confidence“ te kao članica Centra za primijenjenu psihologiju pri Odsjeku za psihologiju Filozofskog fakulteta u Rijeci istraživač na više projekata CARNET-a ("e-Škole: Uspostava sustava razvoja digitalno zrelih škola"). Bila je suradnica u međunarodnom Tempus projektu „EduQuality“ namijenjenom izjednačavanju mogućnosti za studente s invaliditetom.

Objavila je 36 znanstvenih i stručnih radova, 3 poglavlja u knjigama i monografijama, a sudjelovala je na više od 60 znanstvenih i stručnih skupova u zemlji i inozemstvu. Članica je uredništva znanstvenog časopisa „Psihologijske teme“ te aktivan recenzent za domaće i strane časopise.

Koordinatorica je Ureda za studente s invaliditetom (danas Savjetovališta za akademsku prilagodbu) Sveučilišnog savjetovališnog centra Sveučilišta u Rijeci od njegovog osnutka 2011. Dobitnica je Godišnje nagrade Zaklade Sveučilišta u Rijeci za 2015. godinu.

Zahvala

Od srca zahvaljujem svom mentoru na nesebičnoj podršci, usmjeravanju i povjerenju tijekom nastajanja ovoga rada.

Neizmjernu zahvalnost dugujem svojim roditeljima na beskrajnoj ljubavi, podršci i vjeri u mene – ne samo kroz cijelo školovanje, već i kroz život. Vaša snaga i uporište omogućili su mi da ostvarim ovaj cilj.

Mojim sinovima, Filipu i Nikoli – svjetlu mog života – hvala na neizmjernom razumijevanju i strpljenju tijekom svih izazova ovoga puta. Vaša ljubav i podrška davale su mi snagu kad je bilo najpotrebnije.

Mojoj seki Ani, hvala što me uvijek potiče da budem najbolja verzija sebe. Bratu Brani i seki Maji, hvala na strpljenju i podršci tijekom mojih brojnih nenajavljenih dolazaka u Zagreb zbog potreba doktorskog studija. Mojoj Kali, hvala na bezuvjetnoj ljubavi i mentalnoj podršci koja mi je bila oslonac u svakom trenutku.

Posebnu zahvalnost dugujem malim, velikim ljudima – Luki, Ivanu, Ani, Lani, Filipu, Ivanu, Dominiku i Draganu – koji su mi otvorili vrata u čudesni svijet kohlearne implantacije i neprestano me inspirirali svojim hrabrošću i upornošću.

I na kraju, najveće hvala mojoj Maji. Bez nje, ovo ne bi bilo moguće.

Sažetak

Uvod: Jezično-govorni ishodi djece s kohlearnim implantatom uvelike su varijabilni nekada čak i usprkos odličnim predoperativnim predispozicijama. Obzirom da je prediktivni potencijal demografskih, audioloških i habilitacijskih čimbenika previše ograničen za objašnjenje navedene varijabilnosti recentna istraživanja su se usmjerila na kognitivne čimbenike, preciznije, karakteristike verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja.

Cilj: istraživanja je utvrditi koji do sada predloženi pojedinačni kognitivni, demografski, audiološki i habilitacijski čimbenici nude optimalan multivarijatni model predikcije vještina receptivnog jezika prirođeno teško nagluhe ili gluhe djece s kohlearnim implantatima.

Ispunjenje definiranog cilja obuhvatilo je ispitivanje jezičnog razumijevanja, kao i mogućih osobitosti verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja kod djece korisnika kohlearnih implantata te njihovog doprinosa varijabilnosti u jezičnim ishodima kod ove djece, u zajedništvu s demografskim, audiološkim i habilitacijskim čimbenicima.

Metodologija: U istraživanju je sudjelovalo 35 djece s kohlearnim implantatom i 23 čujuća djeteta, osnovnoškolske dobi (6 do 15,9 godina). Kriteriji odabira sudionika s kohlearnim implantatom su bili: prirođena gluhoća, rana implantacija (prije 4. godine života), oralna komunikacija, uključenosti u redovni obrazovni program, uredna neverbalna inteligencija te nepostojanja drugih teškoća.

Rezultati: Ovo istraživanje je pokazalo značajno slabije razumijevanje receptivnog jezika skupine djece s kohlearnim implantatom u odnosu na čujuće vršnjake. Djeca s kohlearnim implantatom pokazuju osobitosti radnog pamćenja u odnosu na čujuće vršnjake u njegovom verbalnom aspektu, ali ne i u neverbalnom aspektu, te imaju značajno bolje pohranu nego obradu i verbalnih i neverbalnih informacija u radnom pamćenju. Značajni prediktori receptivnih jezičnih vještina djece s kohlearnim implantatom prema rezultatima ovog istraživanja su audiološki prediktori koji se odnose na čujnost s kohlearnim implantatom i dob implantacije, te kognitivni prediktori koji se odnose na pohranu verbalnih i neverbalnih informacija u radnom pamćenju.

Ključne riječi: kohlearni implantat, jezični ishodi, verbalni i neverbalno radno pamćenje

Extended summary

Cochlear implants have become a standard option for children with severe hearing loss or deafness, enabling access to speech sounds sufficient for the development of receptive and expressive language (Crowson *et al.*, 2017). This access, in turn, supports emotional, social, and academic development in a hearing/verbal society (Wieringen & Wouters, 2014). However, language outcomes for children with cochlear implants are highly variable (Geers & Nicholas, 2013; Percy-Smith *et al.*, 2013; Boons *et al.*, 2012; Niparko *et al.*, 2010; Dettman *et al.*, 2016), sometimes despite excellent preoperative conditions (Pisoni *et al.*, 2017). Available research clearly shows that numerous personal, technical, and habilitative factors can influence a child's ability to function well in a hearing world, develop receptive language at a level comparable to hearing peers, and produce intelligible speech. One of the most critical factors for optimal cochlear implant outcomes is the age of implantation (Almomani, *et al.* 2021; Boons *et al.*, 2012; Nott *et al.*, 2009; Holt & Svirsky, 2008; Dettman *et al.*, 2007; Tait *et al.* 2007a; Tait *et al.* 2007b; Connor *et al.* 2006). The best outcomes are achieved when implantation occurs by the age of 4 years, as the plasticity of the auditory pathway and auditory centers in the brain is maximal at this age (Kral & Sharma, 2012). Specific personal and environmental factors—such as gender, non-verbal IQ, affinity for developing listening and oral language, and family educational and socio-economic characteristics—also play significant roles in the ultimate outcomes of cochlear implantation (Geers & Sedey, 2011; Nicholas & Geers, 2007; Geers, 2003; Moog & Geers, 2010). Language outcomes in children with cochlear implants can be influenced by technical variables—speech processing strategies, the number of active electrodes, regular programming (Velandia *et al.*, 2020; Wouters *et al.*, 2015; Patrick *et al.*, 2006)—as well as the duration of use (months/years) and daily usage (hours) of the cochlear implant (Geers *et al.*, 2003). Habilitative factors are also crucial, as studies have shown better language outcomes in children who grow up in an oral environment, receive more hours of therapy, have continuous support from a specialized team, and are educated in regular programs (Geers *et al.*, 2003).

Authors in the field agree that the predictive potential of all listed factors is too limited to fully explain the significant individual differences in language skills among this population (Harris *et al.*, 2013). Therefore, recent research has focused on the neurobiological and neurocognitive aspects of spoken language learning (Pisoni *et al.*, 2017), leading to the development of two

opposing theories: cognitive and sensory. According to the cognitive theory, cochlear implants cannot compensate for early auditory deprivation, which is evident in the impaired and modest development of skills for coding stimuli from the cochlear implant and their linguistic processing. This theory focuses on the weak verbal working memory skills of children with cochlear implants, suggesting that the absence of early auditory pathway stimulation hinders the development of phonological awareness mechanisms in the neurocognitive development of some children with cochlear implants (Pisoni et al., 2017; Kronenberger et al., 2014; Conway et al., 2009). The sensory theory posits that the verbal working memory of children with cochlear implants does not develop typically due to the poor quality of stimuli from the implant (Nitttrouer et al., 2014), which prevents the formation of standard acoustic images of phonemes (Nitttrouer et al., 2017). The poor signal resolution from the cochlear implant prevents the development of good sequential memory skills (phonological awareness), thus hindering (meta)linguistic skills because information storage for processing is compromised (Nitttrouer et al., 2013).

Recent research in this area suggests that a large part of the variance in language outcomes after cochlear implantation in children can be explained by cognitive factors responsible for the efficiency of information storage and retrieval, specifically the characteristics of verbal and non-verbal working memory. Both cognitive and sensory theories are based on the information processing approach and related working memory. Verbal working memory, as part of working memory, is crucial for the development of speech perception and spoken language. Recent research on individual differences among deaf children with cochlear implants who experienced auditory deprivation during early, critical years for the development of skills dependent on verbal information processing has focused on this aspect (Davidson et al., 2019; Pisoni & Cleary, 2003; Pisoni & Geers, 2000). Previous research implies that prelingually deaf children with cochlear implants show deficiencies in verbal working memory compared to their hearing peers. The question of whether these children have problems storing verbal information in working memory or if the problem also exists in processing verbal information remains unanswered based on current research. Further studies are needed to better understand the neurocognitive factors influencing language outcomes after cochlear implantation. To gather evidence for stronger arguments in favor of cognitive or sensory theories, further research has focused on non-verbal (visual-spatial) working memory, which some authors suggest is inferior in children with

cochlear implants compared to hearing peers (AuBuchon et al., 2015; Kronenberger et al., 2014; Harris et al., 2013; Pisoni et al., 2011). However, Davidson et al. (2019) and Conway et al. (2011) believe that weak working memory skills primarily pertain to its verbal aspect, even with good hearing, while in the visual-spatial aspect (storage and processing of non-verbal information), children with cochlear implants demonstrate skills comparable to hearing peers. Thus, it is possible that the different organization of working memory in children with cochlear implants is not solely a consequence of early auditory deprivation but results from difficulties in coding speech sounds in its verbal component and from verbal mediation of visual information in its non-verbal component. When verbal mediation of visual information is controlled, the performance of non-verbal tasks by children with cochlear implants improves (Davidson et al., 2019).

Research Objective

Given that personal, audiological, technical, and habilitative factors cannot fully explain the significant variability in language outcomes of children with cochlear implants, further research needs to include factors pointed out by recent studies on cognitive processes in children with cochlear implants. At the same time, it is necessary to observe their synergistic effect through testing a predictive model of specific cognitive factors (specifically verbal and non-verbal working memory), auditory and related language experiences enabled by the cochlear implant, and personal, environmental, technical, and habilitative variables. Continuing research on new predictive models of receptive language skills in children with cochlear implants offers several scientific and clinical benefits: it contributes to gathering new evidence for sensory or cognitive theories of variability in language outcomes after cochlear implantation by establishing the relationship between verbal and non-verbal working memory and receptive language skills of children with cochlear implants; it advances scientific knowledge related to evaluating existing explanations for weaker language skills of children with cochlear implants compared to hearing peers; it points out variables relevant to the development of receptive language skills after cochlear implantation, indicating the specifics on which the success of spoken language development in this population depends. Understanding the reasons for specificities in spoken language development due to the specific participation of all mentioned factors in children using cochlear implants can help refine these devices, accelerate decision-making on optimal ways of

early stimulation of auditory centers in the brain, specify language interventions according to verbal working memory function characteristics, involve families in habilitation to maximize natural early language input, and identify individuals with early noticeable delays in language outcomes after implantation, necessitating changes in intervention.

Research Aim

The aim of this study is to determine which proposed individual cognitive, demographic, audiological, technical, and habilitative factors provide an optimal multivariate model for predicting receptive language skills in children with congenital severe hearing loss or deafness using cochlear implants.

The research examined how verbal and non-verbal working memory in children with cochlear implants affects their language outcomes, while also considering individual, technical, and rehabilitation factors. In accordance with the defined research objectives, the following research hypotheses were formulated:

H1: Children with cochlear implants will have significantly poorer results on standardized measures of receptive language than hearing peers.

H2: Children with cochlear implants will have significantly poorer verbal working memory skills than hearing peers.

H3: Children with cochlear implants will have significantly poorer non-verbal working memory skills than hearing peers.

H4: The development of verbal and non-verbal working memory skills in children with cochlear implants is significantly different.

H5: Children with cochlear implants will have significantly poorer working memory skills in the domain of processing compared to the domain of storing verbal and non-verbal information.

H6: Cognitive working memory skills contribute significantly more to predicting receptive language skills in children with cochlear implants than their demographic, audiological, technical, and habilitative characteristics.

Methodology

Participants. The study involved 58 children: 35 children with cochlear implants, of primary school age (6 to 15.9 years), and 23 hearing children matched by age and gender with the group

of children using cochlear implants. All participants had a normal nonverbal intelligence quotient, confirmed by psychological testing using Raven's Progressive Matrices. Given the highly heterogeneous population of children with hearing loss, the participants were homogenized by selecting only those who were congenitally deaf. The criteria for early implantation (before the age of 4), oral communication, inclusion in the regular education program, normal nonverbal intelligence, and the absence of other difficulties aimed to encompass children with the best predispositions for good language outcomes after cochlear implantation. All participants with hearing loss were equipped with modern cochlear implant systems from Cochlear and Med-el, used advanced speech processing strategies, regularly programmed their cochlear implant speech processors, and actively used the device during all waking hours. Most participants had only one cochlear implant.

Materials. The Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT-III-HR) and the Test for Reception of Grammar (TROG-2: HR) were used to assess language comprehension. PPVT-III-HR (Kovačević et al., 2009) is the Croatian version of the Peabody Picture Vocabulary Test – 3rd Edition (PPVT-III; Dunn & Dunn, 1997). It contains 204 words divided into 17 sets, each set consisting of 12 words arranged by difficulty. The words are depicted by pictures, with the target word shown alongside three other pictures (Kovačević et al., 2009). Testing begins with the set corresponding to the chronological age and ends when the participant makes 8 mistakes in one set. TROG-2: HR is a receptive language test that assesses the understanding of Croatian grammar, based on the TROG-2 test developed by Dorothy Bishop in 1989. It contains 80 test items divided into 20 blocks with specific grammatical structures progressing in complexity. Each block contains four grammatically and lexically different items accompanied by four pictures, from which the participant selects the one corresponding to the sentence read by the examiner. A block is completed when all items are answered correctly, and five consecutive block errors end the testing. For assessing verbal working memory, the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC) - Digit Span subtest (Wechsler, 1991) was used, which measures the capacity to process verbal information. The task requires participants to repeat a list of numbers in the correct order, starting with two-digit sequences and progressing to longer sequences. Testing continues with correct repetition of at least one sequence of the given length, and stops when the participant fails to repeat two sequences of the same length. Forward digit span tests

the storage of verbal information, while backward digit span tests both storage and processing of verbal information. The longer the correctly remembered sequence, the better the result. Nonverbal working memory was assessed using the Corsi Block-Tapping Task (Corsi, 1972). The participant's task is to tap the blocks, fixed on a board, in the same order as the examiner. To assess nonverbal data storage, the participant must tap the blocks in the order presented by the examiner, while for processing assessment, the blocks must be tapped in reverse order (Kessels et al., 2008). The final test score is the longest sequence the participant successfully reproduced correctly, represented as the number of correctly recalled sequences.

Procedure and Data Processing. After administrative and preparatory tasks, individual data collection began. Testing was conducted individually with each research participant in a quiet, well-lit, and comfortable room, adhering to the original instructions for standardized test administration, scoring, and interpretation. Collected data were statistically processed after appropriate preparation (coding and scaling). Descriptive analysis was first performed for the sample data. Comparisons of receptive language, verbal and nonverbal working memory between the cochlear implant group and their hearing peers were conducted using descriptive analysis and the Mann-Whitney U test, with results considered significant at $p < 0.05$. Comparisons of verbal and nonverbal information storage and processing among participants with cochlear implants were conducted using the non-parametric sign test (at a significance level of $p < 0.05$). To determine which cognitive, demographic, audiological, technical, and habilitation factors observed in the study offer a good multivariate model for predicting receptive language skills in children with cochlear implants, multiple regression analysis was performed. The Shapiro-Wilk test was used to check the distribution of the dependent language variable and the cognitive, demographic, audiological, technical, and habilitation variables, and logarithmic transformation of the dependent variable Language Comprehension and continuous independent demographic and cognitive variables was also performed. Since the sample of independent variables included categorical variables, indicator variables were introduced for the analysis of the relationship with the dependent variable Language Comprehension after recoding to fewer categories. Further analysis was performed using a stepwise procedure to define the regression solution with the most important predictors for the dependent variable and reduce the initial set of predictors in the final regression model.

Results

The results showed statistically significant differences in vocabulary and grammatical knowledge and the overall receptive language comprehension between the group of children with cochlear implants and their hearing peers, confirming the first hypothesis. The study found poorer storage and processing of verbal information (confirming the second hypothesis), which can be linked to the cognitive theory suggesting that weaknesses in verbal working memory in children with cochlear implants are generally a result of early auditory deprivation, preventing the development of cognitive skills necessary for oral language development. However, equally nonverbal working memory between children with cochlear implants and their hearing peers (disproving the third hypothesis) can be partly explained by the spectrally degraded signal provided by the cochlear implant, suggesting that early auditory deprivation is not generally related to cognitive functions as the cognitive theory claims, but specifically and limitedly to its verbal aspect, supporting the sensory theory. Given the established peculiarities of working memory in children with cochlear implants compared to hearing peers, the nature of these peculiarities was examined within the group of children with cochlear implants, and it was found that there is no significant difference between the storage of verbal and nonverbal information in working memory. However, there are statistically significant differences between the processing of verbal and nonverbal information, making it possible to partially accept the fourth hypothesis. Furthermore, it was found that children with cochlear implants have significantly less developed working memory skills in processing than in storing information in working memory, confirming the fifth hypothesis.

Although the specific characteristics of working memory in children with cochlear implants are simultaneously a consequence of poorer storage and processing of verbal information, supporting the so-called cognitive theory, which posits that the weaknesses in working memory among pediatric cochlear implant users are a result of early auditory deprivation, this group of children does not differ from their hearing peers in nonverbal working memory skills. This challenges the cognitive theory's claim about a different cognitive structure of working memory. The weak verbal working memory in children with cochlear implants could be explained not only by early auditory deprivation but also by linguistic deprivation, that is, an underdevelopment of specific strategies for complex processing of spoken language information. At the same time, their strong

nonverbal working memory could be explained by the so-called sensory theory, specifically the incomplete auditory input provided by the cochlear implant, but also more broadly – by the general issue of access to language.

This research has identified a model of predictive factors whose synergistic effect determines the receptive language skills of congenitally deaf children with cochlear implants. The study demonstrated that average post-implant hearing threshold and age of implantation are significant audiological predictors of receptive language, while verbal and nonverbal working memory capacity are important cognitive predictors. Therefore, the sixth hypothesis, which stated, "Cognitive working memory skills contribute significantly more to the prediction of receptive language skills in children with cochlear implants than their demographic, audiological, and habilitation characteristics," can be partially accepted.

A lower hearing threshold in the implanted ear enables better speech perception, which contributes to more successful language development, while implantation within the sensitive period further optimizes outcomes. Good practice in Croatia regarding audiological intervention – systematic early detection of hearing loss on a national level and provision of funds for cochlear implantation and habilitation – should be enhanced by efforts to achieve the best possible audibility and by creating conditions for more accessible and frequent device programming based on clinical need. The research also showed that children with better working memory have better language outcomes and that nonverbal working memory assists children without optimal auditory capabilities, providing visual support for language comprehension and use. Although habilitation factors were not retained in the final predictive model, a more detailed analysis revealed the importance of early habilitation, in terms of the number of sessions, for final language outcomes, as well as providing more sessions in later habilitation for children who show delays in language development. In addition to continuous investment in intensive habilitation, the poor language outcomes of children with cochlear implants indicate that spoken language habilitation should be modernized, becoming more flexible and oriented towards scientific evidence and best practices. This would account for the pronounced heterogeneity of this population and recent neurocognitive insights that highlight the complex relationships between receptive abilities and learning strategies, specifically the unique learning processes of children with congenital or early-acquired severe hearing loss or deafness. In this context,

working memory capacity should be considered in relation to the success of cochlear implantation and spoken language intervention for these children, particularly through its potential to quickly indicate the failures of the original intervention plan and contribute to understanding other factors that may positively influence it.

Conclusion

Modern cochlear implant technology allows prelingually deaf children to hear speech and develop spoken language similarly to their hearing peers. However, this study found that children with cochlear implants still showed significantly lower performance in both vocabulary and grammar compared to children with typical hearing. Although such results are consistent with numerous previous studies, they are still disappointing, especially considering that the study included early-implanted children (before the age of 4), without additional difficulties, who use oral communication and are enrolled in the regular education system—children with cochlear implants who have favorable conditions for language outcomes comparable to those of hearing peers. To identify potential sources of variance in language comprehension among these children, in addition to personal, audiological, and habilitative factors, this study also examined factors highlighted in recent research on cognitive processes—verbal and nonverbal working memory, as well as their synergistic effect.

This research has identified a model of predictive factors whose synergistic effect determines the receptive language skills of congenitally deaf children with cochlear implants and which could serve as a foundation for planning and defining intervention strategies for these children, as well as for adjusting currently used therapy standards.

Sadržaj

1. UVOD	19
1.1. Slušanje – osnova za usvajanje jezika	23
1.2. Jezični razvoj djece s teškim oštećenjem sluha	25
1.2.1. Predjezične komunikacijske vještine	26
1.2.2. Fonološki razvoj	27
1.2.3. Razvoj rječnika	29
1.2.4. Razvoj gramatike	30
1.2.5. Pragmatički razvoj	30
1.2.6. Osvrt na kašnjenja u jezičnom razvoju djece s oštećenjem sluha	31
1.3. Suvremena tehnološka rješenja u rehabilitaciji oštećenja sluha kod djece	34
1.3.1. Tehnologija kohlearnih implantata	38
1.3.2. Strategije procesiranja govora	41
1.3.3. Programiranje i telemetrija	44
1.4. Ishodi kohlearne implantacije	45
1.4.1. Predverbalna komunikacija nakon kohlearne implantacije	48
1.4.2. Jezični razvoj nakon kohlearne implantacije	51
1.4.3. Osvrt na jezične ishode nakon kohlearne implantacije	59
1.5. Prediktori jezičnih ishoda kohlearne implantacije kod djece	61
1.5.1. Osobno-audiološki čimbenici	61
1.5.2. Tehničko-audiološki čimbenici	66
1.5.3. Osobno-habilitacijski čimbenici	70
1.5.4. Osvrt na do sada poznate prediktore jezičnih ishoda kohlearne implantacije kod djece	74
1.6. Neurokognitivni čimbenici jezičnih ishoda kohlearne implantacije kod djece	75
1.6.1. Karakteristike verbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom	81
1.6.2. Karakteristike neverbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom	84

1.6.3. Povezanosti radnog pamćenja i jezika kod djece s kohlearnim implantatom.....	87
1.7. Predmet istraživanja.....	90
1.8. Cilj istraživanja.....	91
2. PROBLEMI ISTRAŽIVANJA.....	92
3. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....	94
4. METODE ISTRAŽIVANJA.....	95
4.1.Uzorak ispitanika.....	95
4.2.Varijable.....	101
4.3.Mjerni instrumenti.....	105
4.4.Način provođenja ispitivanja.....	108
4.5. Obrada podataka.....	111
5. REZULTATI.....	114
5.1. Razumijevanje jezika.....	114
5.2. Radno pamćenje.....	118
5.3. Predikcija vještina receptivnog jezika djece s kohlearnim implantatom...	127
6. RASPRAVA.....	156
6.1. Razumijevanje jezika djece s kohlearnim implantatom.....	156
6.2. Radno pamćenje djece s kohlearnim implantatom.....	159
6.3. Predikcija vještina receptivnog jezika djece s kohlearnim implantatom...	166
7. VERIFIKACIJA HIPOTEZA.....	175
8. ZAKLJUČAK.....	177
9. OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA.....	179
10. LITERATURA.....	180
11. PRILOG.....	210
12. ŽIVOTOPIS.....	211

1. UVOD

Oštećenjem sluha se u najširem smislu smatra odstupanje u funkciji bilo kojeg dijela složenog slušnog sustava zbog bilo kakve etiologije. Oštećenja sluha višeg stupnja koja su prisutna rođenjem ili u mjesecima/godinama nedugo nakon rođenja imaju najozbiljnije i najdalekosežnije posljedice. Djeca s prirođenim ili rano stečenim teškim oštećenjem sluha i gluhoćom zbog nemogućnosti neometanog, cjelovitog primanja slušnih podražaja ne mogu učiti njihovo ispravno tumačenje, što se posebno negativno odražava na razvoj jezika, budući da se on usvaja slušanjem govornih podražaja. Uredna recepcija govornih podražaja iz okoline i njihova odgovarajuća percepcija (usvajanje njihovog točnog značenja) preduvjet su razvoja receptivnih jezičnih vještina, ali i ekspresivnih jezičnih vještina uslijed posredovanja povratne slušne sprege (recepcije i percepcije vlastitih govornih pokušaja iz kojih izranja govoreni jezik sredine u kojoj se dijete razvija).

Napretkom moderne tehnologije kohlearnih implantata, koji omogućuju pristup cjelokupnom spektru govornih zvukova čak i onoj djeci s najvećim stupnjem prirođenog oštećenja sluha, termin *gluhoća* koji označava nemogućnost pristupa zvuku poprima posve drukčije značenje. Istraživanja mozga, probir novorođenčadi na oštećenje sluha i vrlo rana upotreba suvremenih tehnologija doveli su do potpuno drukčije populacije djece s prirođenim i rano stečenim oštećenjem sluha, koja su danas u mogućnosti postići jezične ishode u skladu s čujućim vršnjacima. Na žalost, bez obzira na najraniju intervenciju i povoljne tehnološke okolnosti, znatan broj te djece ne uspijeva doseći dobno primjerene jezične ishode.

Gotovo svi korisnici kohlearnog implantata u svakodnevnom životu imaju komunikacijsku korist od ove tehnologije, no procjenjuje se da oko 50% djece koja imaju odlične predispozicije – rano otkrivanje oštećenja sluha, najraniji mogući početak intervencije i savjetovanja obitelji, ranu implantaciju, uredne kognitivne sposobnosti, obostrano slušanje, intenzivnu i sustavnu oralnu rehabilitaciju te kasnije obrazovanje po redovnom programu – ne postiže dobno prikladne rezultate na jezičnim i govornim testovima (Wieringen i Wouters, 2014). S druge strane, djeca s istim predoperativnim uvjetima korištenjem kohlearnog implantata postižu jezične rezultate na razini čujućih vršnjaka, čime si u kliničkim istraživanjima osiguravaju naziv „zvijezda“ (Pisoni i sur. 2017). Stoga je opravdano reći da djelotvornost sofisticirane tehnologije kohlearnih implantata

može biti vrlo visoka i to je, uostalom, opsežno dokumentirano; međutim, opsežno je dokumentirana i velika varijabilnost u jezičnim ishodima nakon kohlearne implantacije, čime je ostavljen veliki broj otvorenih kliničkih i teorijskih pitanja o učinkovitosti kohlearnih implantata kod djece.

Dostupna istraživanja pokazuju da brojni osobni, tehnički i rehabilitacijski čimbenici mogu utjecati na sposobnost djeteta s kohlearnim implantatom za razvoj jezika na razini čujućih vršnjaka. Jednim od najvažnijih čimbenika optimalnih ishoda kohlearne implantacije smatra se dob implantacije (Boons i sur., 2012; Connor i sur., 2006; Dettman i sur., 2007; Holt i Svirsky, 2008; Nikolopoulos i sur., 2004; Nott i sur., 2009; Svirsky i sur., 2004; Tait i sur. 2007a). Ostali čimbenici čiji se utjecaj na konačne ishode kohlearne implantacije spominje u literaturi su neverbalni kvocijent inteligencije, spol, obrazovanje roditelja i njihova primanja, brojnost kućanstva te razvijenost slušnih vještina djeteta prije implantacije (Bavin i sur., 2018; Geers i Sedey, 2011; Geers, 2003; Holt i Kirk, 2005; Moog i Geers, 2010; Tobey i sur., 2003). Osim navedenih osobnih, kao bitni za ishode kohlearne implantacije navode se tehnološko-tehnički čimbenici, odnosno noviji uređaji sa sofisticiranijim strategijama govornog procesiranja, većim brojem aktivnih elektroda i većim dinamičkim rasponom (Patrick i sur., 2006; Skinner i sur., 2002; Wolf i Schafer, 2014; Wouters i sur., 2015) te duljina njihovog korištenja (mjeseci/godine) i njihova dnevna uporaba (broj sati), koji su bitni zbog iskorištavanja optimalne neuralne plastičnosti (Busch i sur., 2017; Easwar i sur., 2018; Wiseman i Warner-Czyz, 2018; Yuksel i sur., 2017). Naposljetku, dosadašnja istraživanja upućuju da na varijabilnost u jezičnim ishodima djece s kohlearnim implantatom mogu utjecati i rehabilitacijski čimbenici poput modaliteta komunikacije (Boons i sur., 2012; Geers, 2004), većeg ukupnog broja sati rehabilitacijskog rada i podrške stručnog tima (Ganek i sur., 2012) te oblika obrazovanja (Tobey i sur. 2003).

Usprkos potvrđenom doprinosu navedenih čimbenika jezičnim ishodima djece s kohlearnim implantatima, opće je slaganje autora u ovom istraživačkom prostoru da je njihov pojedinačan prediktivni potencijal jednostavno previše ograničen, da bi na zadovoljavajući način objasnio velike individualne razlike u jezičnim vještinama populacije djece s kohlearnim implantatom (Harris i sur., 2013). Stoga je tijekom posljednja dva desetljeća istraživački interes u području jezičnih ishoda nakon kohlearne implantacije usmjeren na mozak i središnje mehanizme

kognitivne obrade, koji igraju ključnu ulogu u prepoznavanju i obradi govorenog jezika. Svijest o složenim interakcijama između funkcije uha i mozga te njihovoj uzajamnoj povezanosti neuronskim vezama potaknuli su razvoj dva nova, blisko povezana područja istraživanja koja se odnose na sluh, slušnu kogniciju i percepciju govora – kognitivnu znanost o sluhu i kognitivnu audiologiju. Razvoj ovih znanstvenih područja je pružio nove spoznaje o temeljnim neurokognitivnim čimbenicima koji mogu biti odgovorni za varijabilnost u ishodima kohlearne implantacije i rezultirao dvama teorijama: *neurokognitivnom* i *osjetilnom* (Pisoni i sur., 2017).

U središtu *neurokognitivne teorije* varijabilnosti jezičnih ishoda pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata je kognitivna obrada informacija i s njom povezan konstrukt radnog pamćenja (Pisoni, i sur., 2017) – moždanog sustava za privremeno pohranjivanje i manipulaciju informacijama potrebnim za složene kognitivne zadatke poput razumijevanja jezika, učenja i rasuđivanja (Baddeley, 2003), za koji recentna istraživanja smatraju da može objasniti značajan dio varijance u jezičnim ishodima ove populacije (Pisoni i sur., 2017). Prema ovoj teoriji, zbog rane slušne deprivacije (izostanka slušne stimulacije mozga prije dobivanja kohlearnog implantata) izostaje i učenje ispravne obrade vremenskih i sekvencijskih obrazaca govornih zvukova, što se pak negativno odražava na razvoj verbalnog radnog pamćenja (koje je, prema Pisoni i Geers (2000), dio radnog pamćenja presudan za razvoj percepcije govora i govorenog jezika kod djece s kohlearnim implantatom) jer ga čini nedostatnim za izvedbu kognitivnih zadataka neophodnih za jezično procesiranje: identifikaciju jedinica govornog jezika i manipulaciju njima, odnosno fonološku svjesnost (Conway i sur., 2009). Ovakvo objašnjenje usredotočeno je na deficit u kognitivnoj domeni, prije nego osjetilnoj (Kronenberg i sur., 2014).

Kao drugo objašnjenje varijabilnosti u jezičnim ishodima djece korisnika kohlearnih implantata predložena je *osjetilna teorija*, temeljena na nerazmjeru između velikih fonoloških teškoća te znatno manjih leksičkih teškoća te populacije. Ova teorija deficite verbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatima uzima kao posljedicu nedostatne kvalitete signala koji isporučuju kohlearnih implantati, uslijed čega se javljaju ograničenja u sposobnosti uporabe fonoloških kodova za pohranu jezičnih informacija u kratkoročnom pamćenju, odnosno u razvoju fonološke svjesnosti (Nitttrouer i sur., 2014). Prema ovom *osjetilnom* objašnjenju, teškoće razvoja verbalnog radnog pamćenja kod djece s kohlearnim implantatom javljaju se uslijed nedostupnosti diskretnih akustičkih tragova potrebnih za točnu identifikaciju slijeda

glasova kao osnovnih elemenata govornog signala (slabe rezolucije slušanja), zbog čega se slabije razvijaju složenije jezične vještine (Nittrouer i sur., 2017).

Višekomponentni model radnog pamćenja, koji se primjenjuje za objašnjavanje varijabilnosti jezičnih ishoda pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata, sastoji se i od neverbalnog (vizualo-prostornog) radnog pamćenja (Baddeley, 2010), čije istraživanje može ponuditi daljnje dokaze za *osjetilnu* ili *kognitivnu teoriju* teškoća radnog pamćenja kod djece s kohlearnim implantatom. Zaključci tek nekoliko dosadašnjih istraživanja neverbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom upućuju da i ono može biti deficitarno u odnosu na čujuće vršnjake, te da ti deficiti imaju potencijal kao prediktor varijance jezičnih ishoda djece s kohlearnim implantatom (Pisoni i sur., 2011).

Bez razumijevanja neurokognitivnih čimbenika koji mogu biti odgovorni za individualne razlike u govornom i jezičnom ishodu, teško je zauzeti čvrst stav o odgovarajućem, najučinkovitijem pristupu rehabilitaciji govorno-jezične komunikacije nakon kohlearne implantacije jer se može pretpostaviti da će nove spoznaje o temeljnim senzornim i kognitivnim procesima koji pridonose uočenoj varijabilnosti ishoda u govoru i jeziku igrati važnu ulogu u preporukama novih oblika intervencija nakon kohlearne implantacije, u koje su uklopljene specifične rehabilitacijske metode usmjerene na individualne sposobnosti, slabosti i prekretnice pojedinog djeteta (Pisoni i sur., 2008). S obzirom da dosadašnja istraživanja nisu dala jednoznačne odgovore o uzrocima velikih razlika u jezičnim ishodima djece s kohlearnim implantatom, od daljnjih se istraživanja očekuje otkrivanje sinergijskog učinka već poznatih pojedinačnih, specifičnih doprinosa ranije navedenih čimbenika jezičnih ishoda i neurokognitivnih čimbenika, čiji se prediktivni potencijal posljednjih desetljeća ističe kao presudan u tom smislu. Međuodnosi specifičnih kognitivnih čimbenika (radnog pamćenja), slušnih i s njima povezanih jezičnih iskustava koje omogućava kohlearni implantat te osobnih i rehabilitacijskih varijabli time se promiču u jedno od najbitnijih istraživačkih pitanja u području pedijatrijske kohlearne implantacije. Spoznaja tih međuodnosa može biti klinički važna prilikom odlučivanja o raznim aspektima kohlearne implantacije (na primjer optimalnoj dobi implantacije, broju implantata i sl.) te za adekvatno planiranje svakodnevnih kliničkih i savjetodavnih aktivnosti u jezično-govornoj rehabilitaciji djece s kohlearnim implantatom. Važno je prikupiti nove dokaze za osjetilnu ili kognitivnu teoriju varijabilnosti jezičnih ishoda nakon kohlearne implantacije i time omogućiti odgovarajuću

prilagodbu i unapređenje rehabilitacije komunikacije, jezika, slušanja i govora djece s kohlearnim implantatom. Ovaj je rad usmjeren upravo na ispitivanje međuodnosa do sada predloženih pojedinačnih kognitivnih, demografskih, audioloških i rehabilitacijskih čimbenika u pokušaju definiranja multivarijatnog modela predikcije vještina receptivnog jezika djece s kohlearnim implantatom.

1.1. Slušanje – osnova za usvajanje jezika

Kako bi dijete usvojilo jezik, mora ga najprije moći ispravno čuti, što znači da djetetu treba biti dostupna *odgovarajuća* (ne bilo kakva) razina slušnog pristupa jezičnom kodu. Da bi čuli potrebno je više anatomsko urednog organa sluha: potrebno je neuralno obraditi ili percipirati primljene podražaje u mozgu. Osjet sluha zasnovan je na sposobnosti slušnog sustava da otkrije i prihvati (recipira) mehaničke vibracije te ih pretvori u živčani signal koji se obrađuje u središnjem živčanom sustavu i prepoznaje (percipira) kao određeni zvuk (Kral i sur., 2002). Slušna obrada kompleksan je proces koji se odvija na nekoliko razina: započinje enkodiranjem koje se odvija na perifernoj razini i bazira na temporalnim, spektralnim i intenzitetskim informacijama, a završava na središnjoj i složenijoj razini, na kojoj dolazi do percepcije obrađenog podražaja (Litovsky, 2015).

Osjetilo sluha obuhvaća periferni slušni organ, slušni put i slušnu koru, a za njegovo uredno funkcioniranje potreban je uredan rad svih navedenih dijelova. Fiziologija slušanja se jednostavno može opisati na sljedeći način (Bumber i sur., 2004): zvučni val iz okoline uške se centrira u zvukovod; putuje do bubnjića i prisiljava ga na titranje koje se prenosi na slušne koščiće u srednjem uhu, a koje ih dalje prenose u tekućinu u unutarnjem uhu; pomicanje tekućine unutarnjeg uha prenosi se na bazilarnu membranu na kojoj se nalazi Cortijev organ, čije gibanje rezultira savijanjem osjetnih stanica i mijenjanjem propusnosti stanične membrane za ione; unutarnje slušne stanice pretvaraju zvuk u promjene membranskog potencijala, a to mijenja učestalost odašiljanja podražaja vlaknima slušnog živca koji prenosi informacije u živčane jezgre slušnog sustava; slušne informacije iz uha centralnom živčanom sustavu prenosi osmi kranijalni (slušni) živac. Aktivnost unutar slušnog živca važna je za kodiranje frekvencije, intenziteta i vremenske karakteristike zvuka (Hall, 2014).

Zvuk određene frekvencije putuje bazilarnom membranom do mjesta svoje karakteristične frekvencije rezoniranja (mjesta gdje se membrana najviše odmiče od položaja mirovanja i najintenzivnije reagira prema osjetnim stanicama), što upućuje na njezinu tonotopsku organizaciju– više frekvencije se rezoniraju prema dnu pužnice, a niže frekvencije primarno prema vrhu pužnice (Kramer i Brown, 2021). Tonotopskoj organizaciji pužnice odgovara tonotopija na razini slušnog živca: zvuk relativno niskog intenziteta aktivira živčana vlakna svojom karakterističnom frekvencijom, dok su mnogo veće razine intenziteta zvuka potrebne za aktiviranje živčanog vlakna frekvencijom nešto višom ili nižom od njegove karakteristične frekvencije, a takva se (tonotopska) organizacija održava u cijelom slušnom sustavu, od pužnice i slušnog živca, preko moždanog debla do najviših područja slušne kore (Hall, 2014).

Odstupanje u funkcioniranju bilo kojeg dijela ovog složenog slušnog sustava dovest će do oštećenja sluha čiji je primarni problem taj što ometa dopiranje slušnih informacija do mozga (Kral i Lenarz, 2015). Stoga je oštećenje sluha u najširem smislu djelomična ili potpuna nemogućnost percepcije slušnih podražaja, koje se kategorizira najprije prema mjestu na kojem u različitim dijelovima slušnog puta nastaje: ako nastane u vanjskom ili srednjem uhu (najčešće zbog nakupljanja cerumena u zvukovodu ili zbog kroničnih i akutnih upala i ozljeda srednjeg uha) govorimo o provodnom oštećenju sluha, a ako nastane zbog oštećenja u pužnici, kortikalnim središtima i živčanim putevima riječ je o zamjedbenom oštećenju sluha, dok kod mješovitog tipa oštećenja sluha u isto vrijeme postoji i provodna i zamjedbena naglušost (Radovančić, 1995). Zamjedbeno ili senzoneuralno oštećenje sluha dovodi do smanjenja detekcije i diskriminacije zvukova ili smanjenja frekvencijske rezolucije zbog onemogućenog i/ili otežanog pristupa raznim detaljima spektralnog profila zvuka, što ima dramatične učinke na identifikaciju govornih signala, osobito u bučnom okruženju. Jedna od ključnih klasifikacija oštećenja sluha temelji se na težini, odnosno stupnju gubitka sluha. Normalan sluh kod djece definira se kao osjetljivost od 15 dB na svim frekvencijama i u oba uha s normalnom funkcijom srednjeg uha. Svako odstupanje od toga može dovesti dijete u rizik od problema s govorom, pismenošću i akademskim uspjehom ako ne poduzmemo potrebne mjere za stimulaciju i razvoj centara za sluh u mozgu kroz bogate auditivne informacije (Cole i Flexer 2019). Ako je stupanj oštećenja sluha kod djece teži imat će još značajniji utjecaj na razvoj jezika i govora, pa će bez adekvatne auditivne stimulacije, djeca s teškim oštećenjem sluha imati ozbiljna kašnjenja u usvajanju jezičnih vještina što može utjecati na njihovu sposobnost razumijevanja i proizvodnje

govora i posljedično na njihovu socijalnu interakciju i akademske uspjehe (Kral i O'Donoghue, 2010).

Oštećenje sluha može se dogoditi u bilo kojem trenutku života, a ako nastane pri rođenju ili se stekne rano u djetinjstvu – u mjesecima ili godinama koje ubrzo slijede, posljedice su ozbiljne i dalekosežne jer koegzistira s razvojem jezika, zbog čega se naziva i prelingvalnim ili predjezičnim. Prirođeno (kongenitalno) oštećenje sluha jedno je od najčešćih kroničnih stanja u djece i javlja se u 1-3 na 1000 novorođenčadi (Korver i sur., 2017). Ograničena mogućnost ili nemogućnost primanja slušnih podražaja od rođenja, kao što je slučaj kod kongenitalne naglušnosti ili gluhoće, utječe na cjelokupni razvoj funkcionalnog senzornog sustava (Kral i Sharma, 2012), organizaciju slušnih moždanih putova (Sharma i Glick, 2018), dovodi do gubitka uredne tonotopske organizacije slušnog korteksa (Kral i sur. 2009) i rezultira degeneracijom koja se događa i na perifernoj i centralnoj razini (Litovsky, 2015). Istraživanja razvoja mozga pokazuju da neuralni razvoj i organizacija slušnih moždanih centara zahtijevaju uredan senzorni unos i veliko slušno iskustvo (Kral i sur., 2016; Sharma i sur., 2005; Sharma i sur., 2004). Kod djece s prirođenim oštećenjem sluha informacije o zvučnim podražajima do središnjega slušnog sustava ne stižu cjelovite ili ne stižu uopće, a u oba slučaja njihova viša kognitivna obrada je onemogućena, što se negativno odražava na razvoj središnjeg slušnog sustava, odnosno na procese sazrijevanja moždanih struktura koji su u ovisnosti o zvučnom podražaju visoke rezolucije (Sharma i sur., 2004). Posljedica onemogućenog ili otežanog razvoja središnjih slušnih putova je izostanak razvoja perceptivne sposobnosti neophodne za proizvodnju jezika (Sharma i sur., 2004) jer je iskustvo slušanja u dojenačkoj dobi presudno za razvoj govora i jezika, a jaka slušna jezična osnova ključna je za usvajanje čitanja i učenje (Cole i Flexer, 2019). Djeca s prirođenim teškim oštećenjem sluha stoga su pod značajnim rizikom od ozbiljnih kašnjenja u razvoju govora i jezika, koja mogu utjecati na njihovu komunikaciju te kognitivni i društveni razvoj (Connor i sur., 2006).

1.2. Jezični razvoj djece s teškim oštećenjem sluha

Prisan odnos sluha i govornog jezika uvjetuje probleme s jezično-govornom komunikacijom djece s teškim oštećenjem sluha. Govoreni jezik sastoji se od zvukova koji reprezentiraju jezične pojmove, a diskretne promjene u tim zvukovima mijenjaju i značenja tih pojmova te značenja

odnosa između pojmova prema gramatičkim pravilima, čime učinkovito izražavamo unutarnje misli i osjećaje; očito, za kompetentno iskorištavanje ovako složenog sustava komunikacije ključno je slušno iskustvo (Cole i Flexer, 2019). Dijete urednog sluha od najranije dobi sluša govor, uči povezivati zvukove sa smislenim informacijama, oponaša što je čulo, te do treće godine života razvije većinu jezično-govornih obrazaca. Dijete s težim oštećenjem sluha će spontano razviti malo ili nimalo razumljivog govora jer ne može oponašati ono što ne čuje ili oponaša samo ono što čuje tek djelomično, a bez omogućavanja bolje razine čujnosti tehnološkom intervencijom, dijete će kroz najvažnije godine za jezični razvoj proći nespremno, što neminovno ostavlja negativne posljedice u komunikaciji, obrazovanju te socijalnom i emocionalnom razvoju.

1.2.1. Predjezične komunikacijske vještine

Tijekom prvih 12 mjeseci života događaju se presudna iskustva za usvajanje jezika, a mnoga od njih kod djece s prirođenim teškim oštećenjem sluha izostaju. Promatranje jezičnog razvoja čujuće djece otkriva složeni niz faza koje započinju s traženjem pažnje, uporabom gesti, razvojem vještina komunikacijskih izmjena i odgovarajućom vokalizacijom, koje su preteča formalnog jezičnog razvoja. Teško prirođeno oštećenje sluha ili gluhoća mogu izazvati kašnjenje pojave ili problem s odgovarajućom uporabom predjezičnih komunikacijskih vještina: vizualnog kontakta, komunikacijskih izmjena, združene pažnje i vokalizacije (Tait i sur., 2007b). Iako djeca urednog razvoja počinju proizvoditi svoje prve riječi oko 12. mjeseca života, do tog vremena se odvija značajan napredak u usvajanju jezika. Tijekom prve godine života upoznavanje dojenčadi s materinskim jezikom navodi ih da obrađuju govorne signale i mapiraju riječi, a sve to događa se u kontekstu interakcije sa socijalnom okolinom, naročito roditeljima (Levine i sur., 2016). Sposobnost dojenčadi za usvajanje jezika ovisi o učinkovitoj verbalnoj i neverbalnoj komunikaciji s roditeljima, a za stvaranje temelja ovakve komunikacije, korištenjem pogleda, vokalizacije i geste u dinamičnim interakcijama, presudno razdoblje je prva godina djetetovog života (Hirsh-Pasek i sur., 2015). Prirođeno ili rano stečeno teško oštećenje sluha dovodi do odsustva izloženosti slušnim podražajima, u čemu će odsustvo slušanja govora imati devastirajući utjecaj na kasniji jezični razvoj. Većina djece s oštećenjem sluha ima oba čujuća

roditelja i jezik koji se govori unutar obitelji je govoreni jezik (Yoshinaga-Itano, 2014). S obzirom da gluho dijete ne odgovara na oralnu komunikaciju, majke mijenjaju način interakcije s djetetom u negativnom smislu, odnosno smanjuju broj i složenost interakcije (Fagan i sur., 2014; Yoshinaga-Itano, 2014). Manjak interakcije između majke i djeteta rezultira slušnom deprivacijom, ali i nedostatkom stimulacije interakcije i komunikacije pa stoga problem djece s teškim oštećenjem sluha nije više samo slušni problem, već također postaje i komunikacijski problem.

1.2.2. Fonološki razvoj

Od prvih dana života novorođenče urednog sluha pokazuje izvrsnu sposobnost razlikovanja govornih zvukova, što predstavlja osnovu za usvajanje materinskog jezika (Juszyk, 2002). Primanje slušnih podražaja ima najmanje dvije dimenzije: prva je detekcija, a druga identifikacija. Identifikacija zahtijeva razlikovanje slušnih signala, što podrazumijeva kategorizaciju podražaja, odnosno procjenu čimbenika poput intenziteta, učestalosti i vremena. Sposobnost razlikovanja slušnih signala dijelom ovisi o oblikovanju središnjeg živčanog sustava. Ona omogućuje detekciju fonema i temelj je slušne recepcije i upotrebe jezika (Ruben, 1999). Tijekom prve godine života diskriminacijske sposobnosti dojenčadi postaju profinjenije i prilagođavaju se obradi određene zvučne organizacije njihovog materinskog jezika (Juszyk, 2002). Jezični input oblikuje mozak tako da stvara perceptivni sustav koji naglašava kontraste prisutne u jeziku, dok umanjuje važnost onih koji nisu. Ovaj proces se odvija prije nego što dođe do učenja riječi. Na taj način, promjena u fonetskoj percepciji olakšava usvajanje riječi, umjesto obratnog (Kuhl, 2000).

Između 6. i 7. mjeseca gluha djeca, kao i čujuća, počinju s govornom vokalizacijom koja sadrži reduplicirane zvučne jedinice sastavljene od suglasnika i samoglasnika. Čujuća novorođenčad uskoro prelazi na zrelije, govorne slogove koji se nazivaju kanoničko brbljanje, a od 7. do 12. mjeseca prozodijska i fonološka obilježja brbljanja počinju nalikovati jeziku njihove okoline (Lederberg i Spencer, 2001). Razlike u fonološkom razvoju između gluhe i čujuće djece počinju se javljati upravo u ovom razdoblju (fazi kanoničkog brbljanja), preciznije oko 10. mjeseca

života. U tom razdoblju djeca s oštećenjem sluha počinju pokazivati smanjenje učestalosti i raznolikosti vokalne proizvodnje (manja je širina glasova i produženo njihovo trajanje), odnosno ne proizvode jasne kanoničke slogove tipične za čujuću djecu, što se može objasniti nedostatkom dostatne slušne povratne informacije; brbljanje se kod gluhe djece pojavljuje u dobi kada čujući vršnjaci proizvode prve riječi, odnosno u dobi od 11. do 18. mjeseca života (Oller i Eilers, 1988). Uzimajući u obzir kako je pojava brbljanja prva stepenica rječničkog razvoja, logična je pretpostavka da će njegov nedostatan i neuobičajen razvoj kod djece s teškim oštećenjem sluha utjecati na kasniji jezični razvoj.

Djeca s prirođenim ili rano stečenim teškim oštećenjem sluha koja su lišena odgovarajućeg osjetilnog iskustva u istom razdoblju neće moći uspješno razvijati jezik jer se komunikativni potencijal njihove sintakse (gramatike) i semantičkog razvoja zasniva na ranom fonološkom razvoju koji je kompromitiran (Ruben, 1999). Fonemske jedinice tvore osnovu za pohranu jezika u kratkoročno pamćenje. Bez dobre osjetljivost na fonološkoj razini jezične strukture, teško je pohraniti duge nizove jezičnog materijala potrebnog za razumijevanje dugih rečenica sa složenom sintaksom. Dobro razvijena osjetljivost na fonološku strukturu važna je i za stjecanje svijesti o nekim morfološkim strukturama (morfemi se mogu sastojati od pojedinačnih fonema), a također je važna i zato što su riječi pohranjene u leksik prema fonemskoj strukturi (Hoff, 2013). Osim toga, razvoj odgovarajuće osjetljivosti na fonemsku strukturu bitan je za kasnije učenje čitanja jer su simboli sustava pisanja predstavljeni pojedinim fonemima (Nittrouer i Caldwell-Tarr, 2016). Djeca s teškim oštećenjem sluha imaju probleme u razvoju fonološke diskriminacije i fonološke svjesnosti (Briscoe i sur., 2001), što zajedno s drugim jezičnim teškoćama utječe na razvoj čitanja i pisanja, odnosno razinu pismenosti koja u do 80% slučajeva u kasnijoj dobi i dalje ostaje na razini nižih razreda osnovne škole (Harris i Terlektsi, 2011), a to u konačnici negativno utječe na njihovo cjelokupno akademsko postignuće (Kyle i Cain, 2015). Problem školskog uspjeha djece s oštećenjem sluha je složen, a njime dominiraju slabo razvijene fonološke vještine: djeca s teškim oštećenjem sluha vrlo se malo oslanjaju na fonološko kodiranje (Harris i Moreno, 2004) i značajno zaostaju za čujućim vršnjacima u razvoju vještina fonološke svjesnosti (Easterbrooks i sur., 2008). Međutim, iako razvoj fonološke svjesnosti kod djece s teškim oštećenjem sluha kasni, u općenitoj strukturi sličan je onom kod čujuće djece (Webb i sur., 2015).

1.2.3. *Razvoj rječnika*

Pojava brbljanja predstavlja prekretnicu u ranom predjezičnom razvoju jer prelaskom na slogovno glasanje djeca zapravo grade temelje za pojavljivanje prve riječi, a glasovi koji su se javili u brbljanju nalaze se i u prvim djetetovim riječima (Hoff, 2013). Razumijevanje značenja riječi počinje mjesecima prije nego što dijete izgovori prvu riječ. Oko 8. mjeseca života djeca počinju razumijevati nekoliko fraza, a ubrzo nakon toga, između 8. i 10. mjeseca, počinju razumijevati značenje pojedinih riječi. U dobi od 16 mjeseci dijete ima receptivni rječnik od 92 do 321 riječi, što pokazuje da se on usvaja ranije i raste brže od ekspresivnog rječnika koji u toj dobi obično ne prelazi 50 riječi. Od 16. do 18. mjeseca kod čujuće djece dolazi do naglog ubrzanja rasta rječnika, koji u dobi od 30 mjeseci doseže veličinu od oko 600 riječi (Hoff, 2013).

Više istraživanja pokazalo je da je opseg rječnika u snažnoj korelaciji s ukupnim jezičnim razvojem, da je pokazatelj sposobnosti korištenja jezika u različitim kontekstima i u višestruke svrhe te utječe na sposobnost komunikacije, razumijevanja pročitanog i postizanja akademskog uspjeha (Luckner i Cook, 2010).

Razvoj rječnika djece s teškim oštećenjem sluha je sporiji i varijabilniji nego kod čujuće djece: gluha i teško nagluha djeca kasne u usvajanju rječničkog znanja, imaju manji opseg vokabulara i usvajaju nove riječi sporijim tempom (Cole i Flexer, 2019; Easterbrooks i Estes, 2007). Specifičnosti između različitih skupina djece s oštećenjem sluha također su prisutne: uočene su velike razlike u ubrzanom rastu rječnika (rječničkom brzacu) između djece čije je oštećenje sluha identificirano ranije, a čiji rezultati su bili blizu ili se čak preklapali s čujućim vršnjacima, te djece čije je oštećenje sluha identificirano kasnije, a koja su ušla u fazu ubrzanog rasta rječnika tek nakon druge godine (Mayne i sur., 1998). Intragrupne razlike primijećene su i u kvantitativnim analizama rječnika ove djece, od kojih neke pokazuju da je njihov receptivni rječnik u dobi od 5 godina unutar jedne standardne devijacije u odnosu na norme čujućih vršnjaka (Moeller, 2000), a druge da je rječnik gluhe hodončadi (Ouellet i sur., 2001) te predškolske gluhe djece (Lederberg i sur., 2000) dvije standardne devijacije ispod čujućih vršnjaka.

1.2.4. *Razvoj gramatike*

Razvoj rječnika je prediktor ranog gramatičkog razvoja jer je za ovladavanje gramatikom potrebna kritična masa riječi u djetetovom rječniku (Bates i Dick, 2002). Gramatika proučava način na koji se riječi kombiniraju za izricanje značenja, a sastoji se od morfologije i sintakse (Bates i Dick., 2002). Morfologija je sustav za kombiniranje značenjskih jedinica (riječi i dijelova riječi), a sintaksa sustav kombiniranja riječi u rečenice (Hoff, 2013). S razvojem djeteta riječi, fraze i rečenice rastu duljinom i složenošću (Lederberg i sur., 2000). Nakon ulaska u jezičnu fazu djeca obično proizvode samo jednu riječ, što nakon nekoliko mjeseci prerasta u kombinacije dvije riječi u rečenicu, bez funkcionalnih riječi i morfema, a zatim prelazi u kombinacije tri i više riječi uz dodatak funkcionalnih riječi i morfema; kombinacijama riječi u rečenice prethodi svjesnost tipičnog obrasca reda riječi i značenja koje on nosi te razumijevanje da gramatički morfemi imaju ulogu u rečenici, čak i prije nego počne njihova proizvodnja (Hoff, 2013).

Gramatički, odnosno morfo-sintaktički razvoj djece s teškim oštećenjem sluha obilježen je raznim pogreškama i kašnjenjem u odnosu na čujuće vršnjake. Cannon i Kirby (2013) su pregledom višegodišnjih istraživanja zaključili da se ova djeca razlikuju od čujućih vršnjaka po pretjeranom korištenju engleskih leksičkih (tj. sadržajnih) čestica kao što su imenice i glagoli, uz isključivanje funkcionalnih (tj. gramatičkih) čestica kao što su zamjenice, veznici, pomoćni glagoli i prijedlozi. Kašnjenja se uglavnom odnose na kraće izričaje u mjerenju prosječne duljine izričaja, koja se uobičajeno koristi kao mjera općih sintaktičkih vještina, te na teškoće s usvajanjem morfosintakse. Nadalje je primijećeno da predškolci s teškim oštećenjem sluha imaju kraću prosječnu duljinu izričaja i slabiju sposobnost proizvodnje glagolske morfologije u odnosu na čujuće vršnjake (Koehlinger i sur., 2013), kao i da pokazuju kašnjenje u razvoju razumijevanja gramatike u odnosu na čujuće vršnjake (Figueras i sur., 2008).

1.2.5. *Pragmatički razvoj*

Pragmatika izučava jezik u kontekstu (Bates i Dick, 2002), što uključuje razumijevanje funkcije jezika: kako sudjelovati u razgovoru te kako govoriti na način koji je prikladan društvenoj

skupini (Hoff, 2013). Kod većine djece s teškim oštećenjem sluha komunikacija se prije svega sastoji od zahtjeva za akcijom ili pažnjom, a ne od razmjene informacija. Slijedom toga, njihova sposobnost da komuniciraju s okolinom je više ograničena u usporedbi s razvojnim očekivanjima (Lederberg i Spencer, 2001). Primijećeno je da djeca s oštećenjem sluha koriste različite pragmatičke funkcije, ali su one neprecizne, nekonzistentne i manje učinkovite u odnosu na čujuće vršnjake, što je objašnjeno manje fleksibilnom uporabom jezičnih struktura, poteškoćama u teoriji uma, poteškoćama u slušnoj percepciji govornog jezika i manjom izloženošću različitim pragmatičnim situacijama i strategijama u kojima bi se pragmatički mogla usavršiti (Most i sur., 2010). Djeca s oštećenjem sluha školske dobi pokazuju pragmatičke vještine poput poštivanja komunikacijskih izmjena, započinjanja i održavanja razgovora te odgovarajuće primjene jezika u zadanom socijalnom kontekstu na razini kronološki mlađe čujuće djece, a vjerojatno zbog osvijestjenosti skromnijih vlastitih komunikacijskih mogućnosti u toj dobi, pokušavaju preduhitriti komunikacijske lomove iniciranjem tema, zauzimanjem više prostora u komunikacijskim izmjenama i čestim postavljanjem pitanja ili davanjem odgovora nego čujuća djeca (Paatsch i Toe, 2013). Nezrelost pragmatičkih vještina djece s oštećenjem sluha ogleda se u neprimjerenim odgovorima u vlastitim komunikacijskim izmjenama i sadržajno odgovarajućim nadovezivanjem na sugovornikove izmjene (Most i sur., 2010) i ne pokazuju snalažljivost u popravku komunikacijskih lomova, odnosno u suradnji sa sugovornicima na njihovom razrješavanju (Jeanes i sur., 2000).

Navedeni pragmatički problemi najvjerojatnije su povezani sa skromnijim interakcijskim iskustvom, odnosno ulaganjem većine vremena u komunikacijskim situacijama u planiranje prevencije ili u popravljivanje komunikacijskih lomova, nego u produktivnom sudjelovanju u komunikaciji iz kakvog njihovi čujući vršnjaci napreduju u uporabi jezika (Tye-Murray, 2003).

1.2.6. Osvrt na kašnjenja u jezičnom razvoju djece s teškim oštećenjem sluha

Opisana kašnjenja u jezičnom razvoju odnose se na djecu s teškim oštećenjem sluha čiji su roditelji čujući. Hoff (2013) objašnjava kako samo 10% djece s oštećenjem sluha imaju jednog ili oba gluha roditelja, koji ih izlažu znakovnom jeziku od ranog djetinjstva pa njihov jezični

razvoj uglavnom podrazumijeva usvajanje znakovnog jezika kao prvog jezika, pri čemu nema nikakve zapreke za razvojem dobrih pragmatičkih i svih drugih komunikacijskih i jezičnih vještina. S druge strane, 90 % gluhe djece imaju čujuće roditelje koji žele da njihovo dijete komunicira govorenim jezikom pa jezično okruženje te djece obično ovisi o savjetima koje roditeljima daju stručnjaci orijentirani na oralnu komunikaciju. Ti se savjeti, u većini slučajeva odnose na uporabu govorenog jezika i obeshrabrivanje roditelja da koriste bilo koji znakovni komunikacijski sustav u komunikaciji s teško nagluhim ili gluhim djetetom iz uvjerenja da bi njegova primjena ometala djecu u usvajanju govorenog jezika (Haualand i Allen, 2009).

U novije vrijeme potpuno oralistički pristupi polako se zamjenjuju totalnim komunikacijskim pristupima obrazovanju teško nagluhih i gluhih osoba, u kojem se govoreni jezik kombinira s nekim manualnim sustavom, no i dalje velika većina djece s oštećenjem sluha nije sustavno i od rane dobi izložena znakovnom jeziku (Hoff, 2013). Spora promjena pogleda na rehabilitaciju komunikacije i jezika djece s teškim prirođenim ili rano stečenim oštećenjem sluha je razočaravajuća, budući da je već je prije više od dvadeset godina uočeno da gluha djeca koja komuniciraju samo govorenim jezikom pokazuju velika kašnjenja u leksičko-semantičkim i morfo-sintaktičkim sposobnostima, bez obzira jesu li koristila oralnu ili totalnu komunikaciju (Svirsky, 2000). Stoga je uputno još više mijenjati poglede provoditelja rehabilitacije kako bi se ona maksimalno temeljila na što ranijem i intenzivnijem uključivanju obitelji te na postizanju njezine što veće spremnosti za poticanje jezičnog razvoja kroz individualno preferirani način učenja (Davidson i sur., 2019; Nitttrouer i sur., 2013). Posljednje zapravo uključuje najbogatiju moguću stimulaciju djece s oštećenjem sluha jezikom radi stjecanja komunikacijske kompetencije ili vještina za kompetentno komuniciranje s okolinom u skladu s dobi i kognitivnim sposobnostima (McConkey Robbins, 2018). Fokus suvremene rehabilitacije komunikacije i jezika djece s oštećenjem sluha zato ne treba biti na govorenom jeziku, već na bilo kojem jeziku – govorenom ili znakovnom. Znanstveno je potvrđeno da djeca s prirođenim ili rano stečenim oštećenjem sluha koja usvajaju znakovni jezik na prirodan način (od najranije dobi i u krugu obitelji) nemaju razvojna kašnjenja kakva su dokumentirana kod djece s oštećenjem sluha koja nisu usvajala znakovni jezik (Hall i sur., 2017; Henner i sur. 2016; Humphries i sur., 2014). Štoviše, kohlearno implantirana djeca koja su od najranije dobi učila znakovni jezik u jezičnim i govornim vještinama ostvaruju bolje rezultate od kohlearno implantirane djece koja su bila izložena samo govorenom jeziku (Davidson i sur., 2014a; Hassanzadeh, 2012) i imaju

snažnije razvijena druga razvojna područja poput emocionalnih i socijalnih (Kushalnagar i sur., 2011).

Recentni znanstveni dokazi pokazuju da obitelji djece s oštećenjem sluha u stručnoj intervenciji treba upućivati na dobrobiti dvojezičnosti (usvajanja znakovnog jezika kao prvog jezika te usvajanja govorenog jezika kao drugog jezika) i na zastarjelost mišljenja da znakovni jezik ometa razvoj govora (Hall i sur., 2019). Također je uputno usmjeriti rehabilitacijske snage u nastojanja da se prirodnim učenjem znakovnog jezika postigne kognitivna arhitektura mozga djeteta s oštećenjem sluha potrebna za jezičnu komunikaciju, paralelni razvoj govora te posljedični socio-emocionalni i akademski razvoj (Šimić Šantić i Bonetti, 2023).

Do ranih osamdesetih godina prošlog stoljeća nije postojao tretman za djecu s gluhoćom i teškim prirođenim oštećenjem sluha koji bi omogućio slušanje i razumijevanje govorenog jezika a samim time i adekvatan razvoj ekspresivnog jezika. Konvencionalna slušna pomagala, koja su se do tada koristila u tretmanu ove djece, samo pojačavaju zvuk i omogućuju njegovu bolju detekciju, ali ne poboljšavaju frekvencijsku razlučivost te ne dovode do boljeg razumijevanja riječi (Govaerts i sur. 2002).

Tehnologija slušnih pomagala i kohlearnih implantata doživljava stalna unapređenja pa najmoderniji takvi uređaji omogućavaju čujnost čitavog govornog spektra (Velandia i sur., 2020) koja, u kombinaciji s protokolima za rano otkrivanje oštećenja sluha, u funkcionalnom smislu djeci s prirođenim ili rano stečenim oštećenjem sluha daje vrlo dobru priliku za komunikacijski, slušni, jezični, govorni, socio-emocionalni razvoj te posljedično razvoj pismenosti i obrazovni razvoj unutar očekivanih miljekaza (Cole i Flexer, 2019; Crowson i sur., 2017; Wieringen i Wouters, 2014).

1.3. Suvremena tehnološka rješenja u rehabilitaciji oštećenja sluha kod djece

Do osamdesetih godina prošlog stoljeća jedino dostupno tehnološko rješenje u tretmanu djece s prirođenom gluhoćom i teškim oštećenjem sluha bila su klasična slušna pomagala koja pomoću mikrofona primaju zvukove i pretvaraju ih u električne signale, pojačavaju njihovu snagu putem pojačala te ih putem zvučnika šalju prema srednjem uhu (Hoppe i Hesse, 2017). Starija slušna pomagala činila su zvukove pogodnijima za slušanje jer su pojačavala dijelove njihovog frekvencijskog spektra koji su uhu bili nedostupni, omogućavajući time njihovu bolju detekciju, ali ne i poboljšanje frekvencijske razlučivosti, zbog čega nisu dovođila do značajno boljeg razumijevanja riječi (Govaerts i sur. 2002), što nije bilo presudno za korisnike s postlingvalnim oštećenjem sluha koje su već naučile jezik, ali je bilo presudno za korisnike s prelingvalnim oštećenjem sluha kojima je za usvajanje jezika i kontrolu govorne produkcije bila potrebna velika rezolucija govornog signala.

Napredak u digitalnoj tehnologiji i sve veća brzina obrade govornog signala rezultirali su razvojem modernih slušnih pomagala, koja slušanje čine značajno ugodnijim, a razumljivost govora boljom (Faraji-Khiavi i sur., 2016) pa tako najmodernija slušna pomagala imaju veliku brzinu obrade govornog signala i opremljena su značajkama poput adaptivnog smanjenja buke, usmjerenih mikrofona i bežične povezivosti (Ching i sur., 2016). Usprkos navedenim poboljšanjima performansi, klasična slušna pomagala i dalje nisu adekvatno rješenje za djecu s teškim prirođenim oštećenjima sluha jer, bez obzira na sofisticiranost, i dalje ne mogu pružiti razinu slušanja potrebnu za razumijevanje govorenog jezika. Naime, u većini slučajeva zamjedbenog oštećenja sluha glavni je problem unutar pužnice pa slušni živac, koji općenito ostaje anatomske i funkcionalno uredan, ne prima adekvatnu stimulaciju iz pužnice te šalje neučinkovit, osiromašen signal centralnom slušnom sustavu u mozgu (Tamati i sur., 2022). Razvojem kohlearnog implantata u osamdesetim godinama prošlog stoljeća situacija se dramatično mijenja jer, za razliku od klasičnog slušnog pomagala koji selektivno pojačava zvuk, ovaj kirurški implantiran uređaj zaobilazi oštećene stanice unutarnjeg uha izravno stimulirajući funkcionalan slušni živac (Tamati i sur., 2022) pojačavajući zvuk i ujedno omogućujući frekvencijsku razlučivost, koja oštećenoj pužnici nedostaje, prostornom selektivnošću stimulacije u njenim različitim točkama (Govaerts i sur. 2002). Na taj način osigurava djeci s prirođenim teškim zamjedbenim oštećenjem sluha i gluhoćom pristup cjelokupnom spektru govornih

zvukova, što je neophodno za usvajanje jezika i govora (Zwolan, 2008). Od njezinog uvođenja do danas, tehnologija kohlearnih implantata kontinuirano doživljava unapređenja pa najmoderniji uređaji omogućavaju vrlo široku čujnost i u funkcionalnom smislu, pod uvjetom rane intervencije, pružaju priliku za dostizanje vršnjačkih jezičnih miljokaza (Purcell i sur., 2021). Štoviše, čak su i ranije verzije ovih uređaja bile dovoljno uspješne za vrlo široku primjenu koja je, prema autorima, kohlearni implantat uzdigla do statusa najuspješnijeg implantabilnog uređaja u modernoj medicini (Wilson i Dorman, 2008).

U kombinaciji s ranim otkrivanjem oštećenja sluha koje je presudno za postizanje maksimalnih jezičnih kompetencija (Ching i sur., 2016; Karltrap i sur., 2020; Mitchell i sur., 2020), najranija moguća dodjela modernih tehnoloških rješenja za pomoć slušanju te sustavno poučavanje slušanja od trena kada se tehnološko rješenje dodijeli (Eastabrooks i Estes, 2007) sprečavaju jezično-govorno kašnjenje te imaju dugotrajne blagotvorne učinke na društveni i emocionalni razvoj i kvalitetu života (Korver i sur., 2017). Stoga se danas u razvijenim zemljama provodi sveobuhvatni probir novorođenčadi na oštećenje sluha kako bi se, njegovim otkrivanjem odmah po rođenju, ispunio osnovni preduvjet rane intervencije i rehabilitacije (Butcher i sur., 2019; Farinetti i sur., 2018). Naime, probir novorođenčadi na oštećenje sluha rezultira najnižom dobi identifikacije oštećenja sluha i najranijim početkom intervencije te u konačnici boljom percepcijom i proizvodnjom govora, receptivnim i ekspresivnim jezikom, pismenosti, socijalnim razvojem i kvalitetom života (Yoshinaga-Itano i sur., 2021). Sveobuhvatni probir novorođenčadi na oštećenje sluha najčešće se radi metodom otoakustičke emisije (OAE; Marn i Kekić, 2016), kojom se može postaviti sumnja na oštećenje sluha kroz prvi mjesec života i na tom temelju nastaviti dijagnostičku obradu, audiometrijski potvrditi postojanje oštećenja do trećeg mjeseca života te dodijeliti slušna pomagala i započeti savjetovanje obitelji ili ranu intervenciju do šestog mjeseca života (Meinzen-Derr i sur., 2020).

Metoda OAE predstavlja odgovore pužnice na zvučni podražaj i ima za cilj otkrivanje djece s oštećenjem sluha, međutim ovom metodom možemo ustanoviti oštećenje, ali ne i stupanj gubitka sluha; djeca kod koje se temeljem OAE utvrdi sumnja na oštećenje sluha dalje su upućena na automatsko ispitivanje akustičkog odgovora moždanog debla (Automated Auditory Brainstem Response – A-ABR), pretragu kojom se dobiva odgovor pužnice, slušnog živca i struktura moždanog debla (Farinetti i sur., 2018; Zaputović, 2007). Ako ovi testovi pokažu potencijalne

probleme sa sluhom, provodi se dodatna dijagnostika za potvrdu oštećenja sluha koja može uključivati ponovljene testove OAE-a ili ABR-a, timpanometriju, ispitivanje slušnih refleksa i, ako je dijete dovoljno staro i suradljivo, bihevioralno ispitivanje sluha pomoću audiometrije (Gifford, 2016). Audiolog nakon navedenih pretraga, kojima dobiva podatke o stupnju i vrsti oštećenja sluha, dodjeljuje odgovarajuće konvencionalno slušno pomagalo, a ukoliko zbog jačine oštećenja sluha od njega nema koristi – timski se donosi odluka o ugradnji kohlearnog implantata.

Proces odabira kandidata za kohlearni implantat uključuje koordinaciju ranije spomenute detaljne audiološke obrade te rane intervencije i intenzivne rehabilitacije s prikladno odabranim slušnim pomagalom. Ovaj proces ne spada samo u djelokrug audiologa, već je u njega uključen multidisciplinarni tim stručnjaka, koji osigurava holistički pristup uzimajući u obzir potrebe djeteta, uključujući želje i ciljeve obitelji (Binos i sur., 2021). Pored audiologa koji prvi stručno reagira jer intervenciji prethodi audiološka potvrda oštećenja sluha, stručni tim čine drugi stručnjaci, čija se ekspretiza očekuje nakon potvrde oštećenja sluha – logoped i psiholog. Ovi stručnjaci stručnom timu osiguravaju informacije neophodne za donošenje odluka o kandidaturi djeteta s oštećenjem sluha za kohlearnu implantaciju (Warner-Czyz i sur., 2022). Uloga psihologa je procjena trenutnog kognitivnog statusa i kognitivnog razvoja djeteta s oštećenjem sluha u intervenciji, a pored toga psiholog može pomoći obiteljima u prihvaćanju gubitka sluha, kao i u prihvaćanju činjenice da će njihovo dijete za slušanje ovisiti o tehnologiji (Gifford, 2016). Logoped u multidisciplinarnom timu za kohlearnu implantaciju pruža informacije o razvoju slušanja, govora i jezika na temelju evaluacija prikladnih ranoj dobi djeteta (Binos i sur., 2021; Percy-Smith i sur., 2018; Thomas i Zwolan, 2019;).

Logopedska predoperativna procjena uključuje procjenu razvoja vještina slušanja i percepcije govora s dodijeljenim slušnim pomagalima, čime se dobivaju važne informacije o razvoju slušnih vještina koje se ne mogu dobiti samo iz audiograma pa je stoga logopedska procjena važan čimbenik u postupku odabira kandidata za kohlearnu implantaciju (Ganek i sur., 2020). Indikacija za kohlearnu implantaciju, iz logopedske perspektive, je ograničena korist od dodijeljenih slušnih pomagala što se dokazuje izostankom napretka u razvoju jednostavnih slušnih vještina (Gifford, 2016).

Procjena vještina slušanja kod vrlo male djece radi se uz pomoć upitnika procjene i roditeljskih izvješća, a u tu se svrhu najčešće koristi strukturirani intervju s roditeljima pomoću *Ljestvice smislene slušne integracije za djecu* (*Infant Toddler Meaningful Auditory Integration Skale – IT-MAIS*; Zimmerman-Phillips i sur., 2000) i *Upitnika slušanja LittleEARS* (*LittleEARS Auditory Questionnaire – LEAQ*; Coninx, Weichbold, i Tsiakpini 2003.), kojima se procjenjuje slušna reakcija djeteta kojem je dodijeljeno slušno pomagalo (Uhler i Gifford, 2014). Osim ispitivanja vještina slušanja, za procjenu učinkovitosti dodijeljenih slušnih pomagala važno je i ispitivanje razvoja komunikacijskih i jezično-govornih vještina – iako je ovakvo ispitivanje često teško napraviti zbog niske kronološke dobi djeteta. Još jedan razlog rane procjene i terapije logopeda, čak i za dojenčad, jest potreba savjetovanja obitelji o strategijama poticanja jezičnog razvoja i slušnih vještina (Cole i Flexer 2019) kao i zahtijevanju od obitelji da preuzmu aktivnu ulogu u podučavanju jezika na prirodan način, sličniji onome u svakodnevnom kućnom okruženju.

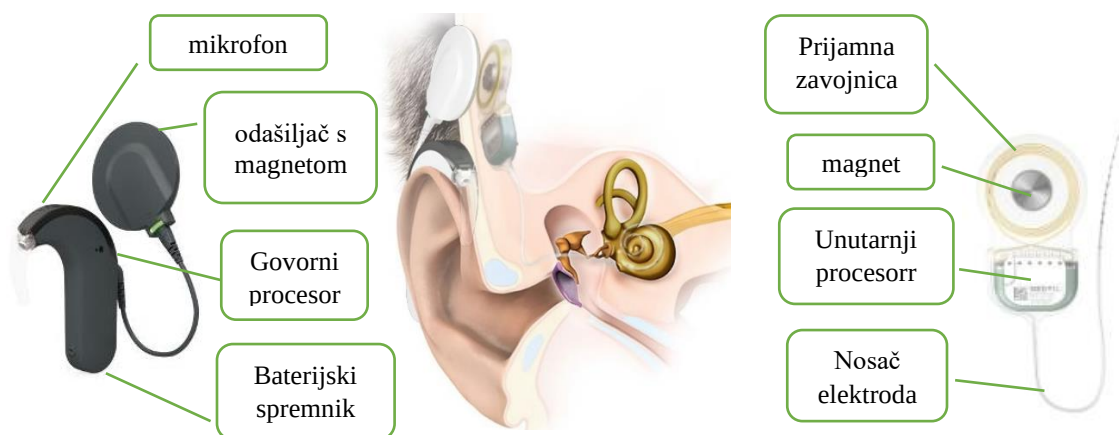
Kriteriji za kohlearnu implantaciju kod djece variraju između zemalja ili centara koji ju provode, no općenito se kandidatima smatraju djeca s teškom zamjedbenom nagluhošću ili gluhoćom koja nemaju korist od klasičnih slušnih pomagala, koja su dobrog općeg zdravlja i psihosocijalnog statusa te koja na slušnom putu nemaju anatomske prepreke za implantaciju (Young i sur., 2014). Na osnovu smjernica utemeljenih na dokazima djeca s prosječnim pragom sluha boljim od 65 dB trebala bi nastaviti s upotrebom konvencionalnih slušnih pomagala, djeca kod koje je on lošiji od 80 dB trebala bi biti kandidati za kohlearne implantate, dok bi djecu s prosječnim pragom sluha između 65 i 80 dB trebali pažljivo pratiti multidisciplinarni timovi za kohlearnu implantaciju (Leigh i sur., 2016). Naime, dijete bi iz mjeseca u mjesec trebalo pokazivati rast funkcionalnih slušnih vještina jer je u protivnom izloženo većem riziku od jezičnog kašnjenja i kasnijeg akademskog neuspjeha, s obzirom da izostaje rano izlaganje jeziku (Ganek i sur., 2020; Percy-Smith i sur., 2018; Thomas i Zwolan, 2019). Brz razvoj tehnologije i pozitivni ishodi implantacije stalno doprinose proširivanju i mijenjanju predoperativnih kriterija (Warner-Czyz i sur., 2022; Brown i Gifford, 2021) pa se danas implantiraju i djeca s boljim ostacima sluha te s jednostranom gluhoćom, ali i djeca mlađa od 12, pa čak i 9 mjeseci (Brown i Gifford, 2021). Važno je imati na umu da, bez obzira na težinu oštećenja sluha, slušna pomagala uvijek trebaju biti dodijeljena, čak i ako se očekuje malo slušne koristi jer ona djetetu pružaju priliku da se

prilagodi nošenju uređaja, a obitelji upoznavanje s održavanjem i njegom pomagala (Ganek i sur., 2020). S obzirom da neka djeca s teškim prirođenim oštećenjem sluha neće imati nikakve koristi od slušnih pomagala, Caselli i suradnici (2021) preporučuju rano usvajanje znakovnog jezika kako bi se preveniralo kašnjenje u jezičnom razvoju, no to nije kontraindicirano usvajanju govorenog jezika pa i u slučaju prirodnog usvajanja znakovnog jezika ostaje potreba razmatranja implantacije unutar prve godine života, s obzirom da rezultati brojnih istraživanja pokazuju kako ona doprinosi jezično-govornim ishodima unutar šireg raspona za dob (Mitchell i sur., 2020; Karltrap i sur., 2020; Miyamoto i sur., 2017; Bruijnzeel, 2016). Navedene činjenice trebaju biti dostupne roditeljima djeteta s oštećenjem sluha pa je stoga važno da budu detaljno savjetovani i u potpunosti informirani o svim mogućnostima i mogućim ishodima.

1.3.1. Tehnologija kohlearnih implantata

Suvremena tehnologija kohlearnih implantata omogućava čujnost svih frekvencija bitnih za slušanje govora i usvajanje jezika putem usvajanja govora, što je za ranu intervenciju vrlo povoljna činjenica jer u funkcionalnom smislu najmlađi korisnici kohlearnih implantata dobivaju priliku za jezični razvoj kao i čujućih vršnjaci (Cole i Flexer, 2019), zbog čega su danas kohlearni implantati najuspješniji implantabilni uređaji u modernoj medicini (Wilson i Dorman, 2008).

Kohlearni implantati zamjenjuju funkciju slušnih stanica unutarnjeg uha aktivirajući slušne osjete izravnom električnom stimulacijom slušnog živca (Lenartz, 2017), omogućujući tako gluhoj osobi detekciju govornih zvukova unutar normalnog raspona slušanja, kao i pristup frekvencijama važnim za percepciju govorenog jezika (Zwolan, 2008). Kod čujućih osoba slušne stanice u pužnici pretvaraju zvuk u živčani impuls koji se zatim prenosi preko slušnog živca u slušne centre u mozgu, a kohlearni implantat imitira izostalu funkciju oštećenih slušnih stanica u pužnici pomoću elektroda koje, umjesto živčanih stanica, stimuliraju vlakna slušnog živca. Intrakohlearni položaj elektrode omogućuje diferenciranu stimulaciju slušnog živca i time prijenos različitih percepcija visine te se na ovaj način složeni zvučni signali poput govora pretvaraju u diferencirane stimulacije neurona slušnog živca, što je osnova za razumijevanje govora s kohlearnim implantatom (Lenarz, 2017).



Slika 1. Unutarnja i vanjska komponenta kohlearnog implantata (slika preuzeta s: https://sf02.cdn.medel.com/images/librariesprovider3/hearing-implants/cochlear-implants/earanatomy_sonnet2.png?auto=format&sfvrsn=c8b8245_0&ch=Width%2cDPR)

Na svjetskom tržištu su trenutno tri vodeća proizvođača koja nude sustave kohlearnih implantata: Cochlear (Sydney, Australia; www.cochlear.com), MED-EL (Innsbruck, Austria; www.medel.com) i Advances Bionics (Sylmar, CA; www.advancedbionics.com). Neovisno o proizvođaču, svaki kohlearni implantat ima dvije osnovne komponente: a) unutarnju – koja uključuje prijemnu zavojnicu, magnet, unutarnji procesor i elektrode koje su smještene uzduž nosača elektroda i b) vanjsku – koju čine mikrofoni, govorni procesor, baterijski spremnik i odašiljač (zavojnica) s magnetom (slika 1). Ove komponente trebaju biti usklađene kako bi implantat korisniku prenosio zvuk. Vanjska komponenta nosi se iza uha na kojem je ugrađen kohlearni implantat i nalikuje zaušnom slušnom pomagalu. Vanjski dijelovi sustava kohlearnog implantata prikupljaju, analiziraju, obrađuju i šalju zvučne informacije u unutarnji implantirani uređaj. Unutarnji uređaj prima zvučne informacije iz vanjskih dijelova putem transkutanog prijenosa signala. Unutarnja zavojnica je povezana s prijenosnom zavojnicom koja je smještena izvana i koja stoji na mjestu zahvaljujući unutarnjim i vanjskim magnetima (Lenarz, 2017; Zwolan, 2008).

Kohlearni implantati općenito funkcioniraju na sljedeći način (Wolfe i Schafer, 2014): mikrofoni vanjskog govornog procesora prima zvučne signale iz okruženja i pretvara u električne signale,

koji se dalje šalju u predpojačalo za poboljšanje omjera signal/šum prije prijenosa u procesor; u govornom procesoru ulazni signal analizira se i kodira pomoću digitalnog signalnog procesiranja (DSP) prema intenzitetu, frekvenciji i vremenskoj domeni; kodirani digitalni signal zatim se ponovno pretvara u električni i žičano šalje u vanjsku zavojnicu, gdje se pretvara u elektromagnetski signal i prenosi indukcijom na unutarnju, prijemnu zavojnicu (antenu), koja ga po primitku ponovno pretvara u električni signal; isti signal dolazi do unutarnjeg procesora koji ga DSP-om pretvara u digitalni kod; digitalni kod se procesorom pretvara u električne impulse na temelju karakteristika ulaznog signala i skupa pravila definiranih strategijom kodiranja; električni impulsi se zatim šalju duž nosača do intrakohlearnih elektroda koje stimuliraju vlakna slušnog živca u pužnici, a iste stimulacije vraćaju se i na ekstrakohlearnu (referentnu ili uzemljivačku) elektrodu. Kohlearni implantat pokušava iskoristiti tonotopsku organizaciju pužnice, dostavljajući visokofrekvencijske signale elektrodama smještenim blizu bazalnog kraja kohlee i niskofrekvencijske signale na apikalne elektrode (Carlson, 2020).

Na području strukture i funkcije i unutarnjih i vanjskih dijelova kohlearnih implantata događale su se brojne promjene. U ranom sustavu kohlearnog implantata, koji se odnosio na jednokanalne uređaje, koristila se jedna elektroda, dok trenutni sustavi koriste između 12 i 24 elektrode (ovisno o proizvođaču) pa se stoga smatraju višekanalnim uređajima (Zwolan, 2008). Za razliku od jednokanalne tehnologije, višekanalni kohlearni implantati koriste prirodnu tonotopsku organizaciju pužnice isporukom visokofrekventnih signala na elektrode smještene prema bazalnom kraju pužnice i niskofrekventne signale na mjesta bliža vrhu pužnice (Wolfe i Schafer, 2014). Pri tome je cilj postići dovoljno pokrivanje pužnice kako bi se potencijalno stimulirale sve spiralne stanice ganglija pa je potrebna dubina umetanja od 360° ili više. Promjene su se kroz vrijeme događale i u strukturi nosača elektroda. Naime, rani višekanalni sustavi kohlearnih implantata koristili su ravne, ali fleksibilne nosače elektroda koji bi ležali uz bočni zid pužnice nakon umetanja, dok su današnji nosači elektroda savitljivi dopuštajući elektrodama da budu postavljene bliže centru modiolusa gdje su smještene spiralne stanice ganglija. Suvremene elektrode kohlearnog implantata su posebno dizajnirane da budu manje traumatične za osjetljive strukture pužnice tijekom operativnog umetanja pa se tako povećava vjerojatnost da ostaci sluha budu sačuvani (Lenarz, 2017; Wolfe i Schafer, 2014; Zwolan 2008).

Promjene su se tijekom vremena odvijale i u razvoju vanjske jedinice kohlearnog implantata. Tako moderni procesori, za razliku od početnih koji su sadržavali samo jedan mogući program, sadrže veći broj programa što korisniku pruža mogućnost da isproba različite programe ili različite strategije govornog procesiranja drugačije od kliničkih postavki, ali i da koristi iste programe prilagođene različitim uvjetima slušanja ovisno o tome što korisniku u trenutnoj situaciji treba (na primjer slušanje jedan na jedan, u školi, u kafiću,...). Moderni sustavi kohlearnih implantata opremljeni su mnoštvom dodatnih funkcija za obradu zvuka i eliminaciju buke, a također imaju mogućnost bežičnog interauralnog povezivanja sustava u slučajevima bilateralnog i bimodalnog tretmana, što omogućuje usklađivanje rada oba govorna procesora (Lenarz, 2017).

Suvremeni, višekanalni sustavi kohlearnih implantata tvrtke Cochlear odnose se na unutarnje implantate Nucleus Freedom CI24RE, Nucleus CI500, CI532 i CI800 te procesore govora, Nucleus 5 (CP810), Nucleus 6 (CP910 i CP920) i Nucleus 7, a tvrtke Med-el na unutarnje implantate Pulsar, Maestro i Sonata, te procesore govora Opus 1, Opus 2, Sonnet i Rondo. Iako su unutarnje komponente kohlearnog implantata uniformne neovisno o proizvođaču, postoje mnoge varijacije metoda koje se koriste za obradu zvukova, prijenos informacije unutarnjem implantatu i stimuliranje elektroda (Carlyon i Goehring, 2021; Grayden i Clark, 2006).

1.3.2. Strategije procesiranja govora

Postoje različiti načini konvertiranja akustičnog govornog signala u električni, odnosno različite strategije procesiranja govora u kohlearnom implantatu, određene spektralnim i vremenskim karakteristikama zvučnog signala (Wouters i sur., 2015). Strategija procesiranja je skup pravila za prijenos informacija o frekvencijskim, vremenskim i intenzitetskim karakteristikama zvuka u električne signale, te za njihovo slanje ugrađenim elektrodama, a podrazumijeva broj i lokaciju elektroda koje će biti podraživane, tip podražaja, te učestalost i amplitude podraživanja (American Speech-Language-Hearing Association – ASHA, 2004). Svi ovi čimbenici moraju biti usklađeni kako bi se važne značajke dolaznog zvučnog signala – amplituda, frekvencija i vrijeme – smisleno prenijelo slušnom živcu (Wolf i Schafer, 2014). Od uvođenja prvih strategija stimulacije u komercijalne višekanalne kohlearne implantate prije više od 30 godina, osmišljen je

i evaluiran niz različitih strategija obrade zvuka, koje se usredotočuju na bolji spektralni prikaz, bolju raspodjelu stimulacije kroz kanale i bolju vremensku zastupljenost ulaznog signala (Wouters i sur., 2015).

Krajem prošlog stoljeća u sustavu kohlearnih implantata uglavnom su se koristile dvije strategije: *Continuous Interleaved Samplig* – CIS i *Spectral Peak* - SPEAK strategija. Većina korisnika Med-el implantata koristila je standardnu CIS strategiju, dok je strategija SPEAK široko implementirana u Cochlearovom uređaju (Carlyon i Goehering, 2021). SPEAK strategija procesiranja govora koristi 20 pojasnih filtara, propusnosti od 200 i 10.000 Hz. Signal se najprije uzorkuje, a zatim identificira 6–10 vrhova u akustičkom spektru, te se u svakom ciklusu stimulira 6–10 elektroda. Stimulacija elektroda obavlja se učestalošću 180–300 pulsova u sekundi (Carlyon i Goehering, 2021). CIS strategija rastavlja dolazni zvuk u više različitih frekvencijskih pojaseva, koji se koriste za modulaciju električnih impulsa koji stimuliraju slušni živac (Gajecki i sur., 2023). Temelji se na spektralnoj analizi prethodno obrađenog digitalnog ulaznog zvučnog signala koji provode propusni filtri ukupne propusnosti od približno 100 do 8000 Hz. Svaki je filtar dodijeljen jednoj intrakohlearnoj elektrodi koja slijedi tonotopsku organizaciju pužnice, što pogoduje očuvanju finih vremenskih detalja u govornom signalu korištenjem pulsirajućih podražaja visoke brzine što je nužan uvjet za percepciju govora (Wouters i sur., 2015). CIS strategija je preteča za većinu trenutnih strategija kodiranja signala (Wolf i Schafer, 2014).

Najnovije strategije procesiranja govora koje se koriste u modernim sustavima kohlearnih implantata su *Advanced Combination Encoder (ACE)*– s odabirom kanala na temelju spektralnih značajki i *Fine Structure Processing (FSP)*– koji se temelji na poboljšanju vremenskih značajki (Wouters i sur., 2015). ACE je trenutna zadana strategija kodiranja signala koja se koristi s implantatima tvrtke Cochlear. Ova strategija slična je strategiji SPEAK a razlikuje se prvenstveno u povećanju brzine pulsa s 250 na 900 impulsa po sekundi u svakom kanalu (Carlyon i Goehering, 2021). ACE strategija ima mnogo modula za obradu signala zajedničkih sa CIS strategijom, međutim, ona reprezentira neke vrhove formanta govora i promjene frekvencije formanta tijekom vremena izrazitije od CIS strategije, posebno kada je prisutna pozadinska buka, što može poboljšati percepciju određenih spektralnih značajki od strane korisnika kohlearnog implantata (Wouters i sur., 2015). Tvrtka MED-EL također nudi još jednu

novu strategiju kodiranja signala tipa CIS koja se naziva *Fine Structure Processing (FSP)*, a koja ima dvije važne razlike u odnosu na izvornu CIS strategiju. Prvo, srednji tonovi se generiraju pomoću zvonolikog filtra kako bi se osigurala bolja spektralna razlučivost, što je važno za prepoznavanje visokofrekventnih fonema, ali i za poboljšanje kvalitete zvuka i prepoznavanje govora u buci. Druga razlika od tradicionalne CIS strategije je ta što se kod FSP strategije frekvencija stimulacije, prisutna u niskofrekventnim kanalima, prilagodljivo mijenja kako bi bila identična frekvenciji ulaznog signala. Na ovaj se način pruža bolji pristup finoj vremenskoj strukturi stimulirajući niskofrekventna slušna živčana vlakna istom brzinom kao što ima niskofrekventni ulazni signal, što poboljšava prepoznavanje govora, kvalitetu zvuka, te prepoznavanje visine glasa i glazbe (Wolf i Schafer, 2014). Naknadne modifikacije FSP strategije prvenstveno su se razlikovale u broju niskofrekventnih kanala koji su kodirali informacije fine strukture – na primjer, strategija FS4 primjenjuje FSP strategiju na četiri najniža kanala u usporedbi s dva u prethodnoj verziji (Carlyon i Goehring, 2021).

Iako su brojna istraživanja pokazala prednosti novijih strategija procesiranja govora (ACE i FSP) u usporedbi s prethodnim (SPEAK i CIS) strategijama, Carlyon i Goehring (2021) upozoravaju na nedostatke ovih istraživanja poput redosljeda testiranja, snažnog učinka učenja i slično te navode mogućnost njihovog utjecaja na razlike u ishodima, koje ionako u većini istraživanja nisu velike. Osim toga, procjena i usporedba različitih strategija uglavnom se temelji na bihevioralnim mjerama u zadacima identifikacije i diskriminacije koji se odnose na razumijevanje govora, percepcije glazbe, usmjeravanja slušanja, te mjerama kvalitete i preferencije, budući da trenutno ne postoje objektivni neurofiziološki markeri za električnu stimulaciju, pa su stoga bihevioralni testovi jedini referentni pristup ocjenjivanju (Wouters i sur., 2015).

Bez obzira na strategiju obrade signala koja se koristi većina trenutnih sustava kohlearnih implantata koristi intrakohlearne i ekstrakohlearne elektrode i dva načina strujne stimulacije – monopolarne i bipolarne. Kod monopolarne stimulacije, struja prolazi između jedne aktivne intrakohlearne elektrode i ekstrakohlearnih elektroda (koje osiguravaju put povratne struje) postavljenih ili kao kuglasta elektroda ispod temporalnog mišića (MP1) ili pločaste elektrode na kućištu prijamnika (MP2). Kada obje ove ekstrakohlearne elektrode djeluju paralelno kao povratne elektrode, to se naziva MP1+2 konfiguracija. Kod bipolarne stimulacije struja teče

između aktivne i povratne elektrode unutar pužnice. Osim ove dvije stimulacije kohlearni implantati tvrtke Cochlear koriste i stimulaciju zajedničkog uzemljenja (Common Ground - CG) gdje struja teče od jedne elektrode unutar pužnice do svih ostalih intrakohlearnih elektroda (Carlyon i Goehring, 2021).

1.3.3. Programiranje i telemetrija

Kako bi slušanje s kohlearnim implantatom bilo uspješno važno je kvalitetno programiranje govornog procesora kojim se određuje kako će kohlearni implantat prenijeti zvukove i govor slušnom živcu putem električne stimulacije (Wolfe i Schafer, 2014). Svaki proizvođač kohlearnih implantata nudi posebne softverske i hardverske alate za programiranje govornih procesora. Program govornog procesora stvara se odabirom različitih opcija stimulacije, a osnovni parametri koji određuju način na koji se zvuk kodira uključuju: strategije procesiranja govora, način stimulacije, širinu impulsa i električne razine naboja, stopu stimulacije te broj kanala i njihove postavke frekvencijskih granica (Teagle, 2016). Programiranjem govornog procesora za svaki se kanal pojedinačno određuju minimalne razine stimulacije ili T pragovi (Threshold Level – TL) te razine maksimalne ugodne glasnoće ili C pragovi (Comfort Level– CL), odnosno razine najjačih podražaja koji još ne izazivaju nelagodu (Wouters i sur., 2015).

Optimalno početno programiranje posebno je važno za malu djecu koja često ne mogu dati usmene povratne informacije o kvaliteti signala kojeg primaju. Djeca moraju imati dosljedan pristup govoru i okolnim zvukovima tijekom prvih nekoliko godina života kako bi se spriječila dugotrajna kašnjenja u govornom, jezičnom i slušnom razvoju pa je stoga važno da pacijent redovito dolazi na programiranje govornog procesora (Wolfe i Schafer, 2014). Govorni procesor kohlearnog implantata se aktivira i programira jedan do pet tjedana nakon operativnog zahvata, a tijekom prve godine programiranje se radi 2, 4, 8 i 12 tjedana, te 6 i 12 mjeseci nakon aktivacije uređaja (Zwolan 2008). Važno je imati na umu da su djeca s prirođenim teškim oštećenjem sluha i gluhoćom raznolika populacija pa samim time optimizacija postavki govornog procesa zahtijeva razumijevanje specifičnih potreba svakog djeteta, njegovih razvojnih faza kao i obiteljskog, obrazovnog i društvenog okruženja (Teagle, 2016).

Moderni sustavi kohlearnog implantata osim mogućnosti stimulacije imaju i mogućnost telemetrije. Svi suvremeni kohlearni implantati imaju mogućnost praćenja integriteta intrakohlearnih elektroda nakon ugradnje ispitivanjem električnih otpora (*impedance telemetry*) koji ovise o stanju na površini nosača elektroda te morfološkim i elektrokemijskim promjenama koje izaziva električna stimulacija. Ova brza i rutinska pretraga se provodi intraoperativno i nakon operacije svaki put kada pacijent dođe na programiranje govornog procesora. Ispitivanjem električnih otpora elektroda mogu se uočiti kvarovi i nefunkcionalnosti pojedinih elektroda koje se u tom slučaju deaktiviraju (Zwolan, 2008).

Zadnje generacije kohlearnih implantata omogućuju također i mjerenje ukupnog akcijskog potencijala slušnog živca (*Electrically Evoked Compound Action Potential– ECAP*) koji potvrđuje postojanje neuralnog odgovora na električnu stimulaciju, funkcionalnost ugrađenog uređaja i ispravan položaj elektroda. Pragovi, morfologija, amplitude i latencije odgovora reflektiraju funkcionalni status stanica spiralnog ganglija. Njihova funkcionalnost je neophodna za prijenos električnih podražaja središnjim dijelovima slušnog puta. Neuralna telemetrija se različito zove kod različitih proizvođača kohlearnih implanata: Neural Response Telemetry (NRT) kod Cochleara, Auditory Neural Response Telemetry (ANRT) kod MED-EL-a i Neural Response Imaging (NRI) kod Advanced Bionics. Osim što omogućuje intraoperativnu i postoperativnu kontrolu funkcioniranja implantata, služi i kao pomoć u programiranju govornog procesora što je izuzetna prednost u radu s malom djecom s kojom je teško raditi bihevioralna mjerenja (Sawaf i sur., 2022).

1.4. Ishodi kohlearne implantacije

Kohlearna implantacija postala je standardna rehabilitacijska opcija za osobe s teškim oštećenjem sluha koja nemaju koristi od klasičnih slušnih pomagala (Reddy i sur., 2022) jer omogućuje pristup jeziku zasnovan na slušanju, mijenjajući tako negativan učinak slušne deprivacije na usvajanje jezika (Zwolan, 2008). Broj rano implantirane djece je u stalnom porastu (Moura i sur., 2023), najvjerojatnije zahvaljujući uvođenju novorođenačkog probira na oštećenje sluha i posljedično vrlo ranoj intervenciji kohlearnim implantatima, koja općenito ima pozitivne

dugoročne učinke (Gordon i sur., 2023). Napredci u više znanstvenih područja bitnih za uspjeh rane intervencije za djecu s teškom nagluhošću ili gluhoćom stvorili su suvremeni potencijal kohlearne implantacije da omogući komunikacijski, slušni, jezični, govorni i socio-emocionalni razvoj, te posljedično razvoj pismenosti i obrazovni razvoj – sukladan čujućim vršnjacima (Cole i Flexer, 2019; Crowson i sur., 2017; Wieringen i Wouters, 2014). Zahvaljujući tome, relaksiraju se predoperativni kriteriji kandidature za kohlearnu implantaciju pa su tako uvriježeni kriteriji za najbolje kandidate u pedijatrijskoj populaciji – teži stupnjevi naglušnosti ili gluhoće zamjedbenog tipa, izostanak koristi od klasičnih slušnih pomagala, uredan zdravstveni status te izostanak strukturalnih ometajućih nalaza na slušnom putu – u skorije vrijeme prošireni na djecu s nižim stupnjevima naglušnosti i ne tako lošim rezultatima slušanja klasičnim slušnim pomagalima te djecu s jednostranom gluhoćom (Arnoldner i Lin, 2013). Stalno relaksiranje kriterija za kohlearnu implantaciju daje privid univerzalnog uspjeha ove (re)habilitacijske opcije, no znanstveno utemeljenih dokaza o značajnoj varijabilnosti njezinih ishoda ima na pretek. Iako ova suvremena tehnologija doživljava stalna poboljšanja ona još uvijek ne može uniformno nadoknaditi posljedice prirođenog ili rano stečenog oštećenja sluha na razvoj najprije slušanja, a potom komunikacije, jezika i govora, te time na kogniciju i u konačnici na akademski razvoj.

Ishodi kohlearne implantacije mogu se procijeniti na više različitih načina. Na samom početku, kada su kohlearni implantati tek predstavljeni, kliničari su bili nesigurni kakve ishode mogu očekivati, posebno kod male djece. S tim prvim, jedno-kanalnim uređajima, većina korisnika je pokazivala napredak u čitanju s usana, a samo nekolicina je pokazivala sposobnost percepcije govora (Zwolan, 2008). U to su vrijeme audiometrijska mjerenja bila glavna mjera ishoda kohlearne implantacije. Iako je poželjno procijeniti ishode kohlearne implantacije audiometrijskim tehnikama kako bi se dobila informacija o receptivnim mogućnostima nakon aktivacije uređaja (najčešće se mjeri prosječan prag sluha na govornim frekvencijama) ove mjere su „laboratorijske“ i ne pružaju cijelu sliku o učincima implantacije (Nunes i sur., 2005), a posebno o učincima ove tehnologije na svakodnevni život, odnosno razvojne domene koje ne mogu biti izražene audiometrijski poput socijalne, emocionalne, komunikacijske, jezične ili akademske. Zbog toga se audiometrijska mjerenja danas dopunjuju drugim kliničkim procjenama, a sama procjena slušnih sposobnosti nakon implantacije razgranata je na više postupaka poput više vrsta mjerenja slušne percepcije i razumljivosti govora.

Govorna percepcija je najizravniji ishod kohlearne implantacije i predstavlja temelj za planiranje razvoja učinkovite proizvodnje govora jer ona ovisi o dobrom slušanju, odnosno učinkovitoj slušnoj povratnoj sprezi. Za procjenu govorne percepcije koriste se subjektivne i objektivne mjere.

Subjektivne mjere su ljestvice izvještaja roditelja, koje se obično koriste za procjenu slušnih vještina i govorne percepcije kod djece u dobi od 1 do 3 godine. Najčešće korištene su: *Ljestvica smislene slušne integracije za djecu (Infant Toddler Meaningful Auditory Integration Skale – IT-MAIS*; Zimmerman-Phillips i sur., 2000), *Upitnik slušanja LittlEars (LittlEARS Auditory Questionnaire – LEAQ*; Coninx, Weichbold, i Tsiakpini, 2003) i *Kategorije slušne izvedbe (Categories of Auditory Performance – CAP*; Archbold i sur., 1995).

Ljestvica smislene slušne integracije za djecu (IT-MAIS) sadrži 10 pitanja o djetetovom spontanom slušnom ponašanju u svakodnevnim situacijama. Pitanja obuhvaćaju tri različita područja razvoja slušnih vještina: promjene vokalizacije povezane s upotrebom uređaja, svijest o zvukovima u svakodnevnom okruženju i razumijevanje značenja zvuka (Martines i sur., 2013). Ovaj instrument opetovano je korišten za procjenu ishoda kohlearne implantacije (Martines i sur., 2013; Wie i sur., 2007) u ranim fazama intervencije, kada je potrebno ustanoviti kako teče razvoj svakodnevnih vještina slušanja, u čemu se pokazao vrlo korisnim.

Upitnik slušanja LittlEars se sastoji od 35 pitanja „da“/“ne“ tipa o djetetovom slušnom ponašanju (npr. detekcija i identifikacija zvukova, odgovori na zvuk,...) i dnevnika koji omogućuje roditeljima da dokumentiraju opažanja o djetetovu slušnom razvoju tijekom 6 mjeseci nakon implantacije. Također je opetovano primjenjivan (Ezzeldin i sur., 2018; Kosaner i sur., 2013; May-Mederake i sur., 2010) za provjeru brzine dostizanja vještina slušanja u odnosu na čujuće vršnjake, a pokazao se i kao koristan instrument za ispitivanje prediktora uspjeha rane intervencije (Liu i sur., 2014).

Ljestvica Kategorije slušne izvedbe mjeri slušne receptivne sposobnosti kao što su svjesnost, prepoznavanje i interpretacija slušnih stimulacija (Archbold i sur., 1995). Korištena je kao mjera ishoda kohlearne implantacije u nekoliko istraživanja (Colletti, 2009; Govaerts i sur. 2002; Martines i sur., 2013; Peterson i sur., 2010; Wie i sur., 2007), u kojima se pokazala korisnom za izražavanje uspjeha djece nakon kohlearne implantacije u razvoju slušne recepcije.

Prednost navedenih mjera je u tome što su neovisne o jeziku pa ne zahtijevaju adaptaciju i potvrdu u različitim jezicima i stoga su pogodne za usporedbu rezultata diljem svijeta. Osim toga, one pružaju informacije o djetetovom napretku koje su lako razumljive svim stručnjacima uključenim u habilitaciju djeteta i obitelji (Kirk i Hudgins, 2016).

Objektivne mjere govorne diskriminacije i prepoznavanja zahtijevaju tehnološki naprednu metodologiju i imaju dugotrajnu administraciju pa se uglavnom koriste za istraživanja, a ne u svakodnevnim kliničkim uvjetima, dok se u kliničkom radu uglavnom koriste mjere fokusirane na ispitivanje detekcije (Kirk i Hudgins, 2016). Najčešće korištena metodologija za objektivnu procjenu govorne diskriminacije kod male djece s kohlearnim implantatom je *Vizualna procjena pojačanja percepcije kontrastnih uzorka govora (The Visual Reinforcement Assessment of the Perception of Speech Pattern Contrasts – VRA-SPAC; Boothroyd 1984)*. Ovom mjerom se procjenjuje sposobnost diskriminacije različitih uzoraka unutar ponavljajućih serija slogova vokal-konsonant-vokal (Kirk i Hudgins, 2016). Mjera se pokazala korisnom za praćenje usvajanja vještina govorne percepcije kod djece nakon kohlearne implantacije te za usporedbu s čujućim vršnjacima (Uhler i sur., 2011).

Iako daju važan uvid u korisnost kohlearne implantacije kod djece, mjerenja slušne percepcije i govorne razumljivosti, kao i audiometrijski testovi, nisu dovoljni za procjenu konačnih ishoda ove vrste intervencije. Stoga su se daljnja istraživanja usmjerila na jezik kao konačnu mjeru ishoda kohlearne implantacije u pedijatrijskoj populaciji. Još 1992. godine, na prvom Europskom simpoziju o pedijatrijskoj kohlearnoj implantaciji održanom u Nottinghamu, prezentirana je ideja da jezik treba biti mjera ishoda pedijatrijske kohlearne implantacije; četiri godine nakon toga, u Lyonu je održana Međunarodna konferencija o jezičnom razvoju kohlearno implantirane djece, na kojoj su prezentirani neki od prvih radova u ovom području. Od tada su provedena brojna istraživanja o obilježjima jezika djece s kohlearnim implantatom (Ruben, 2018).

1.4.1. Predverbalna komunikacija nakon kohlearne implantacije

Prije nego progovori prvu riječ, dijete proizvodi zvukove koji akustički nalikuju govoru i zbog toga indiciraju razvoj spone između slušanja i govora (Oller, 2000). Naime, stabilan, produktivan

slušni razvoj upravo se ogleda u djetetovom sve većem kapacitetu za proizvodnju zvukova nalik govoru prije pojave konvencionalne riječi, odnosno govorenih riječi nakon ulaska u jezičnu fazu, što pak snažno ovisi o slušnoj povratnoj sprezi (Easterbrooks i Estes, 2007).

Danas, kada djecu s oštećenjem sluha otkrivamo rano i kada tehnološku pomoć slušanju dodjeljujemo do otprilike 6 mjeseca djetetovog života ako se radi o oštećenju sluha otkrivenom pri rođenju, odnosno unutar dva-do-tri mjeseca nakon dijagnoze ako se radi o rano stečenom oštećenju sluha, u usporedbi s informacijama koje su bile dostupne kada intervencija za djecu s oštećenjem sluha nije mogla biti uistinu rana – znamo mnogo. No, prije 40-ak godina tek je trebalo dovesti u vezu kašnjenje u proizvodnji vokalizacija prije progovaranja, a posebno kašnjenje najvažnije preteče govora u prvoj godini života – faze brbljanja –s relativno kasnim progovaranjem u drugoj godini života (Oller i sur., 1997). Znakovi da se slušanje ne razvija uredno, koji se mogu povezati s kašnjenjem pojave govora kod djece s oštećenjem sluha, prisutni su i u ranijim fazama vokalizacijskog razvoja primjerice u vidu siromašnijih vokalizacija u prvoj godini života (Eilers i Oller, 1994; Yoder i sur., 1998). Stoga, temeljem tih starih istraživanja danas znamo da obilne i raznovrsne vokalizacije tijekom prve godine života jasno pokazuju da je govor na pomolu i da se slušanje, o kojem pojava govora ovisi, razvija dobro, odnosno da se analizom vokalizacija djece s oštećenjem sluha može doznati puno o učinkovitosti dodijeljenog slušnog aparata ili o potrebi njegove zamjene drugim tehnološkim rješenjem – kohlearnim implantatom.

Interes za istraživanje vokalizacija djece s oštećenjem sluha zadnja dva desetljeća prošlog stoljeća te početkom ovog stoljeća bio je izražen, s longitudinalnim podacima koji su jasno pokazali važnost ranog pristupa zvukovima za razvoj govora (Elbers, 1982; Oller i sur., 1998, Oller i sur., 1999; Stark, 1980). Ta su istraživanja oblikovala danas prihvaćenu općenitu podjelu na razvojne faze protofona kroz koje se, prema infrafonološkom modelu, vokalizacije fonetskim sadržajem sve više približavaju produkciji govornih zvukova kakvu ima odrasla okolina, odnosno govorni modeli (Oller, 2000; Oller i sur., 1999):

- **0-2 mjeseca** – faza fonacije, koju obilježavaju vegetativni i zvukovi plakanja te vokalizacije slične vokalima, uz sve stabilniju kontrolu fonacije;

- **1-4 mjeseca** – faza primitivne artikulacije, koju obilježavaju istovremena fonacija i pomaci vokalnog trakta, pretežito u stražnjem dijelu zbog čega se vokalizacije doživljavaju dominantno kao gukanje;
- **3-8 mjeseci** – faza ekspanzije, koju obilježava pojava mnoštva različitih protofona zbog raznovrsnih načina oblikovanja vokalnog trakta, u različitim kombinacijama s promjenama fonacije glasanja (visine, jačine trajanja i kvalitete glasa). U ovoj se fazi javljaju prepreke duž čitavog vokalnog trakta u kombinaciji s otvorima koji tvore prave vokala, čije kombinacije slične slogovima, ali nisu vremenski dobro definirani;
- **5-10 mjeseci** – kanonička faza, koju obilježavaju produkcije dobro vremenski definiranih uzastopnih zatvaranja i otvaranja vokalnog trakta.

Očito, pojava brbljanja ima važnu ulogu u razvoju govora jer ukazuje da je dijete sasvim spremno za produkciju prve riječi (Oller, 2000). Stoga, vokalizacije koje prethode govoru vrlo su informativne glede njegovog izranjanja, odnosno mogu biti snažan indikator razvoja slušanja jer za ulazak u određenu vokalizacijsku fazu dijete treba postići stupanj kontrole više mehanizama, što je jedino moguće dobrim slušanjem: primjerice, faza ekspanzije ostvaruje se kontrolom visine i intenziteta glasa, kontrolom pozicioniranja artikulatora te njihovom koordinacijom, što nije moguće u potpunosti postići bez odgovarajuće slušne povratne sprege. Dokaz su višestruka kvalitativna i kvantitativna odstupanja razvoja vokalizacija gluhe djece od vokalizacija čujuće djece, s najupečatljivijom razlikom ulaska u kanoničku fazu tek pred sam kraj ili iza prve godine života, a kod neke djece i puno kasnije (Clement i Koopmans-van Beinum, 1995; Oller i sur., 1985; Oller i Eilers, 1988; Stoel-Gammon i Otomo; 1986).

Pojava kohlarnog implantata promijenila je razvojne okolnosti pa su Sharma i suradnici (2004) prijavili povećanje udjela kanoničkih vokalizacija u odnosu na broj predkanoničkih vokalizacija kod dvoje djece koja se koristila kohlearni implantat 3 mjeseca, sugerirajući potencijal ove tehnologije da pruži priliku za razvoj rane komunikacije sličan tipičnom. Schauwers i suradnici (2004) longitudinalno su pratili vokalizacije 10 gluhe djece implantirane između 5. i 20. mjeseca života, ustanovivši da se dob početka brbljanja nalazila u očekivanim granicama, odnosno da se brbljanje javilo do 4 mjeseca nakon početka slušanja kohlearnim implantatima. Tait i suradnici (2007b) su uspoređivali predverbalna ponašanja desetero gluhe djece kohlearno implantirane

prije prve godine života i desetero čujuće djece te uočili da se njihov predverbalni razvoj ne razlikuje značajno, iako je kod djece s oštećenjem sluha bio sporiji.

Izneseno ukazuje da je dob u kojoj je odgovarajuće upregnut slušni put bitna utoliko, što se tim veće slušno iskustvo pozitivno odražava na sve složeniju kontrolu govornih pokreta. Pitanje je li slušno iskustvo apsolutno neophodno za ulazak u fazu kanoničkog brbljanja ostalo je donekle otvoreno, s obzirom da su pojedina starija istraživanja izvijestila o povoljnim učincima drugih senzornih kanala za poticanje kanoničkog brbljanja (Lynch i sur., 1989), sugerirajući da je ono svojevrsni „prirodni imperativ“ (Oller, 2000). I nešto noviji izvještaji upućivali su na važnost predverbalnih komunikacijskih vještina tijekom dojenačke dobi koje nisu isključivo slušne, uključujući komunikacijske izmjene i geste, a za koje je uočeno da poboljšavaju ishode kasnije kohlearne implantacije (Tait i sur., 2007a). Međutim, ipak se pokazalo da je tim bolja povratna sprega jaki čimbenik u razvoju i češćoj primjeni vokalizacija u predjezičnoj komunikaciji, pojavi i primjerenosti komunikacijskih izmjena (pogotovo koje se nisu bazirale na vizualnoj podršci) i primjeni gesti u komunikacijskim izmjenama te pratećoj komunikacijskoj autonomiji. Drugim riječima, uslijed traženja tehnološkog rješenja za razvoj slušanja, u ranoj intervenciji potrebno je razvijati komunikacijske vještine koje će razviti senzibilitet za smislenu interakciju s okolinom i na koje će se mogućnost čujnosti, kada se ostvari dodjelom pomagala ili kohlearnom implantacijom, razvojno moći nadovezati.

1.4.2. Jezični razvoj nakon kohlearne implantacije

Razvoj jezika može se opisati odvojenim domenama: rječnikom, morfologijom, sintaksom i pragmatikom. U većini istraživanja jezičnih ishoda djece s kohlearnim implantatom istraživana je domena rječnika, s obzirom da je intervenciju u području prirođenog oštećenja sluha moguće početi vrlo rano, te da se na rječnik kao pokazatelj jezičnog napretka najlakše usredotočiti u ranijim etapama intervencije. Standardizirana procjena rječnika može se provesti na dva načina: procjenom receptivnog i ekspresivnog rječnika. Testovi receptivnog rječnika zahtijevaju da dijete na slici identificira govorom prezentiranu riječ, dok testovi ekspresivnog rječnika zahtijevaju od djeteta da imenuje prezentiranu sliku.

Kod djece s kohlearnim implantatima navise je istraživana receptivni rječnik, uglavnom testom razumijevanja rječnika *Peabody Picture Vocabulary Test* (PPVT, Dunn i Dunn, 1997). iako je ovaj test standardiziran na djeci urednog sluha i nije posebno dizajniran za djecu s oštećenjem sluha, često je korišten u mjerenjima ishoda kohlearne implantacije. Istraživanja su pokazala da djeca koja koriste kohlearni implantat postižu značajno niže razumijevanja rječnika (jednu do dvije standardne devijacije ispod normi) od čujućih vršnjaka (Tablica 1) (Black i sur., 2014; Conway i sur., 2011; Connor i sur., 2006; Dettman i sur., 2016; Fitzpatrick i sur., 2012; Geers i sur., 2009; Hayes i sur., 2009; Hrastinski i sur., 2019; Luckhurst i sur. 2013; Percy-Smith i sur., 2013; Ruffin i sur., 2013; Schorr i sur., 2008), no čini se da postoje razlike u razvoju rječnika, u odnosu na kronološku dob u kojoj je kohlearna implantacija obavljena.

Tablica 1. Rezultati istraživanja receptivnog i ekspresivnog rječnika djece s kohlearnim implantatom osnovnoškolske dobi

Autor/godina	Ispitanici	Dob	Primijenjeni test	Rezultati
Schorr i sur. 2008	39 KI 37 čujućih	5–14 godina	PPVT	Čujućih = 112, KI = 87 KI = 1 SD ispod čujućih
Geers i sur. 2009	153 KI,	5–7 godina	PPVT, EOWPVT	PPVT = 86 EOWPVT = 91 KI = 1 SD ispod norme
Johnson i Goswami 2010	39 CI (20 rano implantirani i 19 kasno implantirani) 19 čujućih	5–15 godina	EOWPVT	Čujućih = 108, KI = 80 rano implantirani i 76 kasno implantirani KI = 2 SD ispod čujućih
Conway i sur. 2011	23 KI 26 čujućih	5–10 godina	PPVT	Čujućih = 114 KI = 86 KI = 2 SD ispod čujućih
Fitzpatrick i sur. 2012	21 KI	10 godina	PPVT	KI = 77 KI = 1 SD ispod norme
Boons i sur. 2013	70 KI 70 čujućih	5 – 13 godina	EOWPVT	KI = 1 SD ispod čujućih
Caldwell i sur. 2013	27 KI 19 čujućih	72-94 mjeseca	EOWPVT	Čujućih = 110 KI = 89 KI = 1 SD ispod čujućih
Leigh i sur. 2013	61 KI Norme	3 godine nakon implantacije	PPVT	KI = 84 KI = 1 SD ispod norme
Geers i Nicholas 2013	60 KI Norme	4,5 godina i 10,5 godina (longitudinalno)	PPVT EOWPVT	PPVT: 4,5 g = 83,5 (1 SD ispod norme); 10,5 g = 96 EOWPVT = 100
Percy-Smith i sur. 2013	68 KI Norme	46 mjeseci	PPVT	66% djece s KI ispod prosjeka za dob
Black i sur. 2014	174		PPVT	KI = 78
Davidson i sur. 2014b	101 KI 47 čujućih	9 godina	PPVT	Čujućih = 114 KI (dobro čujućih) = 102 KI (slabo čujućih) = 86
Nitttrouer i sur. 2014	55 KI 49 čujućih	9 godina	EOWPVT	Čujućih = 110 KI = 94
Ruffin i sur. 2013	51 KI Norme		PPVT	KI = 62 % djece 1 SD ispod norme

Dettman i sur. 2016	207 KI Norme	5,6	PPVT	KI = 75,5
Hrastinski i sur. 2019	10 KI Norme	11,9	PPVT	KI = 74

Legenda: PPVT = *Peabody Picture Vocabulary Test*, EOWPVT *Expressive One-Word Picture Vocabulary Test*, KI = kohlearni implantat, SD = standardna devijacija

Connor i suradnici (2006) istraživali su stopu rasta receptivnog rječnika tijekom vremena u skupini 100 djece kohlearno implantirane između 1. i 10. godine. Formirali su četiri starosne podskupine sudionika prema dobi implantacije: skupinu od 12. do 17. mjeseca, od 18. do 41. mjeseca, od 42. do 84. mjeseca te od 85. do 120. mjeseca života. Pokazalo se da su u prve 3 godine nakon implantacije djeca u najmlađoj podskupini (dakle, najranije implantirana djeca) imala veću stopu rasta receptivnog rječnika, u usporedbi s ostalim skupinama. Colletti (2009) je, longitudinalnim ispitivanjem stope rasta receptivnog jezika nakon kohlearne implantacije, zaključila da samo djeca implantirana prije 12. mjeseca života dostižu receptivni rječnik usporediv s čujućim vršnjacima, dok djeca implantirana od 12. do 36. mjeseca života ne dostižu rezultate čujućih vršnjaka čak ni 9 godina nakon implantacije. Hayes i suradnici (2009) ustanovili su da putanja rasta receptivnog rječnika pokazuje tipičan raspon razumijevanja, ako je kohlearna implantacija obavljena prije 2. godine života. Luckhurst i suradnici (2013) prijavili su slične rezultate za djecu implantiranu prije 30. mjeseca života, za koju su ustanovili da ostvaruju srednji standardni rezultat receptivnog rječnika unutar tipičnog raspona.

Osim dobi implantacije na rječnička postignuća kohlearno implantirane djece odražava se i čujnost na implantiranom uhu. Davidson i sur., (2014b) ispitivali su razumijevanje rječnika 101 djeteta s kohlearnim implantatom i 47 čujuće djece u dobi od 9 godina. Djecu s kohlearnim implantatima su, na osnovu rezultata tonske audiometrije na implantiranom uhu, podijelili u dvije podskupine: „dobro čujuće“ (srednji prag sluha od 8 do 20 dB) i „slabo čujuće“ (prag sluha od 21,7 do 48,3 dB); „dobro čujući“ su postigli prosječni rezultat nešto iznad normativnog prosjeka, dok je prosječni rezultat „slabo čujućih“ bio gotovo jednu standardnu devijaciju ispod prosjeka. Ovi podaci upućuju na utjecaj bolje čujnosti na razumijevanje rječnika kod djece s kohlearnim implantatom.

Za ispitivanje proizvodnje rječnika najčešće je korišten *Slikovni test proizvodnje rječnika* (*Expressive One-Word Picture Vocabulary Test*, EOWPVT; Gardner, 1983). Iako je normiran na

čujućoj populaciji, zbog njegove pouzdanosti i učestale primjene u istraživanjima korišten je i za ispitivanje proizvodnje rječnika kod djece s kohlearnim implantatom, koja komuniciraju govorom (Caldwell i sur., 2013; Geers i Nicholas, 2013; Geers i sur., 2009; Johnson i Goswami, 2010; Nittrouer i sur., 2014; Yoshinaga-Itano i sur., 2010). Pregledom istraživanja u kojima je korišten ovaj instrument ustanovljeno je da djeca s kohlearnim implantatom postižu rezultate proizvodnje rječnika jednu do dvije standardne devijacije ispod prosjeka čujućih vršnjaka (Tablica 1), iako pojedina longitudinalna istraživanja prijavljuju rast ekspresivnog rječnika djece s kohlearnim implantatom s porastom kronološke dobi. Tako su npr. Yoshinaga-Itano i suradnici (2010) ustanovili da djeca s kohlearnim implantatom u dobi od navršenih 7 godina za ekspresivnim rječnikom čujućih vršnjaka kasne tek 7 mjeseci, a Geers i Nicholas (2013) širenje receptivnog i ekspresivnog rječnika djece s kohlearnim implantatom nakon četvrte godine života i približavanje normama čujućih vršnjaka nakon desete godine života.

Rezultati ispitivanja razvoja rječnika djece s teškim oštećenjem sluha koja koriste kohlearni implantat nisu konzistentni, a otprilike polovina istraživanja koja prijavljuju raspon receptivnog i ekspresivnog vokabulara te djece u širim granicama čujućih vršnjaka, objašnjenje nalazi u čim ranijoj kohlearnoj implantaciji i dobroj čujnosti nakon kohlearne implantacije. Međutim, istraživanja koja prijavljuju odstupanja od 1 standardne devijacije ispod prosjeka ukazuju da otprilike polovina djece s kohlearnim implantatom ima receptivne i ekspresivne rječničke sposobnosti u najnižem, 15. percentilu postignuća čujuće djece; s takvim jezičnim sposobnostima uspješno sudjelovanje u redovnom obrazovanju je u najmanju ruku upitno, a istraživanja koja na spomenuto sugeriraju jasan su znak da se istraživački napori usmjereni na poboljšanje jezičnih ishoda djece s teškim oštećenjem sluha nakon implantacije moraju intenzivirati (Nittrouer i Caldwell-Tarr, 2016).

Iako su istraživanja rječnika najčešće korištena mjera ishoda kohlearne implantacije kod djece, ispitivanja rječnika samostalno ne mogu dati cijelu sliku o njihovom jezičnom razvoju jer ne pružaju informacije o strukturiranju jezika i učinkovitosti njegove primjene poput ispitivanja morfologije, sintakse ili pragmatike, koje detaljnije informiraju o jezičnom razvoju. Nikolopoulos i sur. (2004) naglašavaju da jezična kompetencija ovisi upravo o razvoju gramatike, čije je usvajanje dugotrajan proces čak i za čujuću djecu pa je vjerojatno da će djeca s

oštećenjem sluha biti u nepovoljnom položaju u stjecanju gramatičke kompetencije. No, unatoč njenoj važnosti, istraživanja razumijevanja gramatike kod djece s kohlearnim implantatom su rijetka. Za ispitivanje ishoda ovog aspekta jezika kod kohlearno implantirane djece najčešće je korišten *Test razumijevanja gramatike* (Test for Reception of Grammar – TROG; Bishop, 1989) (Colletti i sur., 2011; May-Mederake, 2012; Nikolopoulos i sur., 2004; Willstedt-Svensson i sur., 2004), dizajniran na principu višestrukih mogućnosti za procjenu razumijevanja gramatičkih kontrasta.

Koristeći spomenuti instrument, Nikolopoulos i sur. (2004) ispitali su razumijevanje gramatike 82 djeteta s kohlearnim implantatom i usporedili rezultate s čujućim vršnjacima. Ispitivanje gramatike napravljeno je prije implantacije, te 3 i 5 godina nakon implantacije. Rezultati su pokazali da djeca s kohlearnim implantatom kasne u razvoju razumijevanja gramatike govorenog jezika, no i da se tijekom vremena u gramatičkim znanjima približavaju čujućim vršnjacima: dok je prije implantacije samo 2% gluhe djece bilo iznad najnižeg percentila čujućih vršnjaka, taj se broj 5 godina nakon implantacije povećao na 67%, od kojih je 36% doseglo razinu čujućih vršnjaka, a najveće poboljšanje postigla su djeca implantirana prije 4. godine života.

Čini se da djeca s kohlearnim implantatom razvijaju gramatičke vještine gotovo dvostruko sporije u odnosu na čujuće vršnjake (Willstedt-Svensson i sur., 2004), no longitudinalna istraživanja daju bolju sliku o njihovom gramatičkom razvoju i otkrivaju veću uspješnost u gramatičkim znanjima s porastom kronološke dobi, odnosno s porastom korištenja kohlearnog implantata, s tim da najbolji uspjeh dominantno pokazuju djeca implantirana prije 12 mjeseca života (Colletti i sur., 2011). Posljednji je navod moguće potvrditi i istraživanjem May-Mederake (2012), koja je primjenom njemačke verzije TROG-a u skupini 19 djece implantirane prije 2. godine života ustanovila da je čak 50% sudionika postiglo rezultat jednak čujućim vršnjacima, te da je svaki od tih sudionika bio implantiran prije 12. mjeseca života.

Znatno nepovoljnije rezultate objavili su Hrastinski i suradnici (2019), koje su primjenom hrvatske inačice *TROG-a* kod 10 korisnika kohlearnog implantata osnovnoškolske dobi uočile niska gramatička postignuća (manje ili jednako 1. centilu), uz samo dva djeteta koja su postigla dobre rezultate: jedno prosječan (55. centil), a drugo vrlo visoki rezultat (90. centil).

Za opću procjenu jezičnih sposobnosti kod djece s kohlearnim implantatom najčešće korišteni standardizirani mjerni instrumenti su *Reynell razvojne jezične ljestvice* (Reynell Developmental

Language Scales – RDL5; Simmons, 2013) i *Klinička evaluacija jezičnih osnova* (Clinical Evaluation of Language Fundamentals – CELF; Semel u sur., 2013).

Svirski i suradnici (2004) korištenjem Reynell razvojne jezične ljestvice (ekspresivni dio) za analizu putanje jezičnog razvoja u longitudinalnom istraživanju 75 djece s kohlearnim implantatom utvrdili su da većina djece implantirane u drugoj godini života ima šansu za razvoj gotovo tipičnih jezičnih vještina do školske dobi, u odnosu na djecu koja su implantirana kasnije. Međutim, Miyamoto i suradnici (2008) su istim instrumentom utvrdili da su opće jezične sposobnosti 91 djeteta s kohlearnim implantatom ispodprosječne i u receptivnom, i u ekspresivnom aspektu. Stoga se (ponovno) može primijetiti da su uobičajena i češće korištena transverzalna istraživanja jezika djece s kohlearnim implantatom manje informativna od longitudinalnih. Na primjer, iako su Niparko i suradnici (2010) istim instrumentom utvrdili ispodprosječne srednje vrijednosti općih jezičnih sposobnosti 188 djece s kohlearnim implantatom nakon 3 godine njegovog korištenja, također su uočili i stabilan godišnji rast receptivnog i ekspresivnog jezika, a slično sugerira i istraživanje Percy-Smith i suradnika (2013). Promjena jezičnih vještina bitna je klinička informacija – možda i bitnija od usporedbe s čujućim vršnjačkim standardom – jer otkriva potrebu unošenja promjena u plan intervencije; u tom smislu, Boons i suradnici (2012), umjesto usporedbe sa standardom, predlažu analizu jezičnog kvocijenta koja uključuje dugoročno praćenje jezičnog razvoja na pojedinačnoj razini, a kao donju granicu vrijednosti kvocijenta predlažu 0.60, za koju tvrde da bi mogla biti smatrana kriterijem rizika za spor i problematičan jezični razvoj u usporedbi s gluhom kohlearnom implantiranom djecom koja u razvoju jezika napreduju uspješnije.

Geers i Nicholas (2013) koristili su instrument *Klinička evaluacija jezičnih osnova* za ispitivanje općih jezičnih sposobnosti 60 djece s kohlearnim implantatom u dobi od 10,5 godina i ustanovili da su njihova jezična postignuća jednu standardnu devijaciju ispod normi. Do istog su zaključka došli Dettman i suradnici (2016) ispitivanjem 122 djeteta s kohlearnim implantatom prosječne dobi 8 godina, te izvijestili da su djeca implantirana prije navršene 1. godine života kao podskupina postigla rezultate sukladne čujućim vršnjacima. Budući da su rane receptivne jezične vještine potvrđene kao dobar prediktor kasnijih jezičnih sposobnosti (Hay-McCutcheon i sur., 2008), čini se da se potreba kontinuiranog praćenja jezičnog razvoja nameće kao klinički

imperativ, zbog kojeg u prvom planu treba biti rana jezična procjena i na njoj temeljene odluke o planu i programu intervencije.

Za širok spektar jezičnih procesa presudna je dobra razvijenost fonologije pa je stoga za dobivanje potpunije slike o jezičnim ishodima djece s kohlearnim implanatom važan uvid u razvoj fonologije, fonološke svjesnosti i fonološkog procesiranja. Za ispitivanje fonološke svjesnosti i procesiranja kod djece s kohlearnim implantatom često je korišten standardizirani test *Sveobuhvatni test fonološke obrade* (Comprehensive Test of Phonological Processing; Wagner i sur., 1999). Schorr i suradnici (2008) primijenili su ovaj instrument za usporedbu vještina fonološke svjesnosti i procesiranja 39 djece s kohlearnim implantatom i 37 čujuće djece u dobi od 5 do 14 godina i ustanovili da su fonološke vještine djece s kohlearnim implantatom u prosjeku jednu standardnu devijaciju ispod čujućih vršnjaka, a isti rezultat dobili su Geers i Hayes (2011) ispitujući fonološke vještine 112 djece s kohlearnim implantatom u dobi od 15-17 godina, te Fitzpatrick i suradnici (2012) ispitujući 21 dijete s kolearnim implantatom u dobi od 10 godina. Značajno lošije rezultate školske djece s kohlearnim implantatom, u odnosu na čujuće vršnjake, u zadacima fonološke osjetljivosti (ponavljanje pseudo riječi, fonološka svjesnost, fonološko procesiranje) prijavili su Nittouer i suradnici (2014), koji ujedno daju objašnjenje da fonološka struktura na jezičnoj razini snažno ovisi o spektralnoj strukturi akustičnog govornog signala koju kohlearni implantat ne reprezentira vjerno, zbog čega djeca koja ga koriste nemaju pristup detaljnoj fonološkoj strukturi.

Uslijed uske povezanosti fonoloških vještina i razvoja čitanja i pravopisa, fonološka svjesnost igra važnu ulogu u opisu pismenosti učenika s kohlearnim implantatom (Geers i Hayes, 2011). Iako loše čitalačke sposobnosti gluhe djece gotovo predstavljaju opće znanje s obzirom na tradicionalno niske rezultate na zadacima čitanja u odnosu na dob, pojavom sofisticiranih kohlearnih implantata i ranijom implantacijom zadnjih je godina njihovo opismenjavanje često usporedivo s onim koje se uočava kod čujućih vršnjaka (Mayer i Trezek, 2018). Međutim, rezultati istraživanja pismenosti djece s kohlearnim implantatom i dalje uglavnom govore da ona teško postiže kronološki tipične vještine čitanja i pisanja i da ih teško održavaju tijekom vremena, s prosječnim rezultatima na standardiziranim testovima od jedne standardne devijacije ispod vršnjačkog prosjeka (Geers i Hayes, 2011; Johnson i Goswami, 2010).

Navedena istraživanja jezika kod djece s kohlearnim implantatom, provedena standardiziranim jezičnim testovima, u krajnjem koraku daju usporedbu prosječnih rezultata procjene jezičnog razvoja s normama za tipičan jezični razvoj i uglavnom upućuju na kašnjenja, no bez analiza narativnih vještina, koje su u istraživanjima zastupljena u osjetno manjoj mjeri, teško se stječe prava slika njihovih jezičnih vještina i razlozi znatnih intrapopulacijskih varijacija. Procjena naracije obično uključuje dva čimbenika: globalnu organizaciju sadržaja, poznatu kao makrostruktura i lokalnu jezičnu razinu koja mjeri čestice koje se koriste unutar i između rečenica, poznatu kao mikrostruktura (Norbury i Bishop, 2003). Malobrojna istraživanja naracije djece s kohlearnim implantatom pokazala su da ona značajno zaostaju za čujućim vršnjacima, s naracijom u kojoj dominiraju pogreške semantike, sintakse i morfologije (Boons i sur., 2013) i slabom narativnom strukturom i kohezijom (Crosson i Geers, 2001). ovdje treba naglasiti da su u ispitivanjima korišteni narativni zadaci koji ovise o dobrim receptivnim jezičnim vještinama, te koji su namijenjeni za ispitivanje čujuće populacije. Međutim, prilagodbom zadataka naracije, moguće je uočiti detalje u kojima su djeca s kohlearnim implantatom u narativnim sposobnostima slična čujućim vršnjacima: Jones i suradnici (2016) analizirali su prepričavanje priče prikazane neverbalno u video formatu kod 59 djece s kohlearnim implantatom i klasičnim slušnim pomagalom u dobi od 6 do 11 godina te uočili makrostrukturna obilježja usporediva s čujućom normom, ali i lošiji učinak na mikrostrukturnim komponentama naracije, temeljem čega su zaključili da djeca s kohlearnim implantatom, unatoč kašnjenjima u govornom jeziku, razvijaju sposobnost prenošenja glavnih elemenata sadržaja i strukture u naraciji, uz poteškoće primjene gramatičkih pravila koja ovise o finijim jezičnim i pragmatičkim vještinama.

Istraživanja u kojima je rađena analiza naracije i jezičnih uzoraka su nadalje pokazala da u domeni morfologije djeca s kohlearnim implantatom najčešće čine greške u pravilnoj uporabi pomoćnih glagola (Ruder, 2004), pridjeva i prijedloga (Le Normand i sur., 2003), množine (Svirsky i sur., 2004; Ruder 2004) i prošlog vremena (Svirsky i sur., 2004). Analizom jezičnog uzorka prikupljenog tijekom 30-minutne igre radi ispitivanja konverzacijske uporabe rječnika, sintakse i morfologije 126 djece s kohlearnim implantatom u dobi od 3,5 i 4,5 godine, Nicholas i Geers (2018) ustanovili su kašnjenje u razvijenosti ekspresivnog jezika u odnosu na 30 čujućih vršnjaka (čiji su jezični uzorci također bili analizirani radi usporedbe) uz bolje rezultate ranije

implantirane djece i one s boljim pragovima sluha prije implantacije. Hansson i suradnici (2017) analizirali su gramatičke vještine 29 švedske djece s kohlearnim implantatom u švedskom govornom području i ustanovili probleme s gramatičkom točnošću, odnosno s uporabom gramatičkih morfema.

1.4.3. Osvrt na jezične ishode nakon kohlearne implantacije

Brojna dosadašnja istraživanja jezičnog razvoja djece s oštećenjem sluha nakon kohlearne implantacije nedvojbeno pokazuju kašnjenja u različitim jezičnim područjima u odnosu na čujuće vršnjake, što ne začuđuje, ako se u obzir uzme presudna činjenica da stimulacija mozga koju pruža kohlearni implantat nipošto nije jednaka onoj koju mozgu daje čujuće uho. Naprotiv, informacija koju pruža kohlearni implantat je i dalje, bez obzira na stalni uzlet i sofisticiranost ovog suvremenog uređaja, necjelovita, degradirana i za dio korisnika nedostatna za usvajanje jezika i govora slušanjem (Nittrouer i sur., 2014; Geers i Sedey, 2011). U usporedbi sa signalima kojima mozak stimulira čujuće uho, signal kojeg pruža kohlearni implantat je osiromašen i nedostaju mu mnoga akustična svojstva, posebno spektralna pa je pristup detaljnoj fonološkoj strukturi otežan što utječe na razvoj jezičnih vještina, posebice onih koje ovise o dobroj fonološkoj reprezentaciji kao što su usvajanje rječnika i čitanje. Ovdje je moguće tek spomenuti da skromne fonološke reprezentacije vjerojatno neće toliko snažno utjecati na neke sintaktičke vještine jer su o njima manje ovisne (Nittrouer i sur., 2014).

Na osnovu dosadašnjih istraživanja jezičnih ishoda nakon kohlearne implantacije u znanstvenoj i stručnoj zajednici formiralo se pitanje tehničkih ograničenja kohlearnih implantata u smislu vjernosti prijenosa obilježja govornog signala bitnih za usvajanje jezika, uslijed čega je moguće govoriti o općoj nekvalitetnoj jezičnoj stimulaciji, čak i jezičnoj deprivaciji, kako objašnjavaju Hall i suradnici (2019). Neodgovarajući perceptivni temelji najprije ostavljaju jezično-govorne posljedice, no na njih se nadovezuju mnoge druge razvojne posljedice pa klinička slika može obuhvatiti i socijalne, emocionalne, kognitivne i inteligencijske aspekte razvoja, što se logično odražava i na akademski uspjeh (Absalan i sur., 2013; Lederberg i sur., 2013). Neodgovarajuća, „premalo kalorična“ (Šimić Šantić i Bonetti, 2023) jezična stimulacija kod djece s oštećenjem sluha koja koriste kohlearne implantate, ali i djece s oštećenjem sluha kao populacije, ostavlja

trag na svim jezičnim sastavnicama: rječniku koji je u odnosu na čujuće vršnjake preskroman (Vohr i sur., 2011), morfološkim i sintaktičkim vještinama koje su u odnosu na vršnjačke miljokaze neprikladni, to jest nedovoljno razvijeni (Koehlinger i sur., 2015; Moeller i sur., 2007), te fonološkoj svjesnosti čija nerazvijenost ne dozvoljava postizanje vršnjačke razine razvijenosti čitanja i pisanja (Ambrose i sur., 2012; Easterbrooks i sur., 2008; Kyle i Cain, 2015; Luckner i Cooke, 2010). Kod starije djece s oštećenjem sluha, ako jezično-govorni razvoj nije tekao očekivano (bez obzira na vrstu tehnološke pomoći slušanju koju koriste), navedena kašnjenja mogu se prezentirati kao sve veći problem zbog sve složenijih socijalnih interakcija i sve težih akademskih zadataka, koji bi se trebali naslanjati na sve bolje edukacijske temelje, no ti temelji u populaciji djece s oštećenjem sluha često nisu onakvi kakve stvaraju čujuća djeca (Harris i Terlektsi, 2011; Most i sur., 2010; Paatsch i Toe, 2013), a sve veće teškoće socijalne i akademske komunikacije nose rizik emocionalnih, kognitivnih i ponašajnih posljedica, nestvaranja stabilnih socijalnih veza te ugroze mentalnog zdravlja zbog obilježenosti i diskriminacije (na primjer pojave depresije ili poremećaja u ponašanju) (Rieffe i MeerumTerwogt, 2006; Theunissen i sur., 2014).

Ne iskuse sva djeca s oštećenjem sluha navedeni scenarij, već je rizik od njegovog odvijanja najveći kod one, koja nisu bila izložena odgovarajućoj jezičnoj stimulaciji (Hall i sur., 2019). Neka djeca ostvaruju vršnjačke miljokaze na svim ili gotovo svim razvojnim područjima na koja može utjecati njihovo oštećenje sluha, što je pogotovo točno za djecu koja su kohlearno implantirana jer ova tehnologija daje najveću moguću čujnost govornih obilježja kod visokih stupnjeva oštećenja sluha (Alonso-Luján i sur., 2014). Dio djece s teškom nagluhošću ili gluhošću s klasičnim slušnim pomagalicama, a pogotovo nakon kohlearne implantacije, dobije impuls za zamah razvoja slušnih vještina koji se može iskoristiti za relativno brzo usvajanje jezika i uvježbavanje njegove realizacije govorom – onakvo kakvo u širim granicama odgovara miljokazima razvoja govornog jezika čujućih vršnjaka, te koje prati miljokaze drugih razvojnih područja (Hall i sur., 2019). Prema tome, tehnologija kohlearnih implantata zaista posjeduje potencijal da maksimalno umani razvojne rizike u populaciji djece s predoperativno najvišim stupnjevima oštećenja sluha (ili predoperativno najmanjim ostacima sluha), što sugerira da je doseg pomoći tehnologije prilično individualan te da se njezini varijabilni jezični ishodi trebaju promatrati puno šire, uzimajući u obzir sve do sada poznate čimbenike (Marshall i sur., 2015; Marschark i Hauser, 2012). Opisana heterogenost u jezičnim ishodima zapravo upućuje da je

najtočnije zaključiti kako se jezično-govorni ishodi kohlearne implantacije mogu kretati od skromnih ili slabijih (Boons i sur., 2012; Geers i Nicholas, 2013; Niparko i sur., 2010; Percy-Smith i sur., 2013) do boljih ili gotovo tipičnih (Dettman i sur., 2016; Hay-McCutcheon i sur. 2008). Drugim riječima, svakako je uputno jezično-govorne ishode kohlearne implantacije razmatrati kroz ne-tehničke aspekte intervencije, čiji je doprinos puno veći i kompliciraniji, nego li se čini (McConkey Robbins, 2018).

1.5. Prediktori jezičnih ishoda kohlearne implantacije u pedijatrijskoj populaciji

Brojna dosadašnja istraživanja bavila su se identifikacijom čimbenika koji bi mogli objasniti značajne razlike u jezično-govornim ishodima kohlearne implantacije. Kao važni prediktori do sada su definirani: osobno-audiološki čimbenici djeteta (spol, neverbalni kvocijent inteligencije, obiteljsko okruženje, dob nastanka oštećenja sluha, pragovi sluha prije implantacije), tehničko-audiološki čimbenici (dob implantacije, karakteristike kohlearnog implantata, prag sluha s kohlearnim implantatima, broj implantata) i osobno-habilitacijski čimbenici (smještaj u razredu, modalitet komunikacije, dinamika habilitacije).

1.5.1. Osobno – audiološki čimbenici

Zaključak brojnih dosadašnjih istraživanja prediktora dobno odgovarajućih jezično-govornih ishoda kohlearne implantacije ili ishoda približnih tome je jaka ovisnost o kronološkoj dobi implantacije (Almomani i sur., 2021; Boons i sur., 2012; Connor i sur., 2006; Dettman i sur., 2007; Holt i Svirsky, 2008; Nikolopoulos i sur., 2004; Nott i sur., 2009; Svirsky i sur., 2004; Tait i sur., 2007a; Tait i sur., 2007b).

Istražujući razvojnu neuroplastičnost nakon kohlearne implantacije, Kral i Sharma (2012) utvrdili su gornju granicu vremenskog okvira osjetljivog razdoblja za kohlearnu implantaciju od 4 godine života, dok optimalnim smatraju da se ona napravi prije 2. godine života jer se onda odvija u maksimalno plastičnom slušnom sustavu, omogućujući napredovanje sazrijevanja korteksa; što je operacija bliže kraju osjetljivog razdoblja (približno u dobi od 6,5 do 7,0 godina),

tim su posljedice na reorganizaciju kortikalnih područja veće jer odsutnost slušnog unosa rezultira nedostacima u sinaptičkoj plastičnosti, nedostacima u razvoju korteksa i kros-modalnim regrutiranjem koji su odgovorni za jezične poteškoće kod kasno kohlearno implantirane prirođeno gluhe djece. Prema tome, što je kronološka dob kohlearne implantacije niža, to je duže vrijeme moguće iskoristavati najveću plastičnost središnjeg živčanog sustava za učenje ispravnog tumačenja zvučnih signala kojima uređaj opskrbljuje mozak, odnosno tim ranije može započeti iskorištavanje najosjetljivijeg razdoblja sazrijevanja korteksa za razvoj percepcije govora i usvajanje govorenog jezika (Kral i Sharma, 2012). Dakle, uspjeh kohlearne implantacije u pedijatrijskoj populaciji ovisi o najranijoj mogućoj, stabilnoj i izdašnoj stimulaciji slušnih centara u mozgu, koja za uzvrat stvara najbolje moguće neuralne temelje nužne za govornu komunikaciju (Kral i sur. 2016; Sharma i sur., 2005). Vrlo rano stjecanje slušnih iskustava prvi je neurofiziološki preduvjet za razvoj perceptivnih sposobnosti o kojima ovisi daljnje učenje slušanja govora, što je osnova učenja govornog jezika, te kasnije čitanja i pisanja (Cole i Flexer, 2019).

Jedna od najdramatičnijih promjena u kriterijima kandidature za kohlearni implantat bilo je smanjenje preporučene dobi za operativni zahvat na 12 mjeseci (Connor, 2006), a s godinama se dob implantacije počela još više smanjivati pa se ona nerijetko radi i prije navršene prve godine. Poznato je da svaka operacija kod vrlo male djece, može nositi značajne rizike povezane s anestetičkim komplikacijama poput duljine postupka i zdravstvenog stanja djeteta. Budući da kohlearna implantacija obično traje manje od 4 sata i obično se izvodi na inače zdravim pacijentima, ti su rizici manji, ali još uvijek postoje kada se ona radi kod djece mlađe od 12 mjeseci pa je stoga posebno važno procijeniti potencijalne koristi vrlo rane kohlearne implantacije (Holt i Svirski, 2008). Ispitivanja korisnosti kohlearne implantacije prije 12. mjeseca života su dala oprečne rezultate: neki autori su kod djece implantirane prije 12. mjeseca života u odnosu na djecu implantiranu u kasnijoj dobi, utvrdili bolje receptivne jezične vještine (Percy-Smith i sur., 2013; Colleti i sur., 2011), odnosno receptivne i ekspresivne jezične vještine (Dettman i sur., 2016;; Wie i sur., 2010), dok drugi autori nisu utvrdili prednosti implantacije prije 12. mjeseca života na kasnije jezične ishode ispitivane standardiziranim mjerama receptivnog i ekspresivnog jezika (Leigh i sur., 2016; Miyamoto i sur., 2008; Nicholas i Geers, 2017, 2018).

Boons i suradnici (2012) su utvrdili da djeca implantirana prije 2. godine života postižu značajno bolje rezultate na svim jezičnim testovima, nego kasnije implantirana djeca, no čini se da se u nastavku razvoja jezika napredak izjednačuje. Dunn i suradnici (2014) su, longitudinalno ispitujući jezične sposobnosti 83 djece grupirane prema dobi implantacije na djecu implantiranu do 2. godine te djece implantirane između 2. godine i 3,9 godina, uočili da u dobi od 7 godina ranije implantirana djeca pokazuju bolje rezultate u receptivnim i ekspresivnim jezičnim sposobnostima, no da od 8. godine nadalje razlika između dvije skupine djece prestaje biti statistički značajna. Slično su uočili i Tobey i suradnici (2013) nakon longitudinalnog praćenja jezične sposobnosti 160 djece s kohlearnim implantatom: nakon 4, 5 i 6 godina korištenja uređaja, djeca implantirana prije i nakon 2,5 godine života nisu se razlikovala u putanjama standardnih rezultata. Djelomičnu potvrdu ovih rezultata dali su Nicholas i Geers (2006; 2007; 2013), koji su longitudinalno pratili jezične ishode 76 djece implantirane između od 12. i 38. mjeseca starosti u tri dobne točke: u dobi od 3,5 godina, od 4,5 godina i na kraju u dobi od 10,5 godina. Rezultati ovih istraživanja pokazali su da se, u usporedbi s kasnijom kronološkom dobi implantacije, tim niža kronološka dob implantacije može jače povezati sa stopom razvoja jezika sličnoj onoj kod čujućih vršnjaka, no i to da se čak i nakon više od 8 godina korištenja uređaja mogla primijetiti razlika između ranije i kasnije implantirane djece.

Navedena istraživanja pokazuju dramatično poboljšanje jezičnih postignuća djece s teškim oštećenjem sluha u odnosu na vrijeme prije pojave kohlearnih implantata, kada se jaz između jezičnih vještina gluhe i čujuće djece obično povećavao, a ne smanjivao s porastom dobi. Ona također ukazuju da ranija implantacija (do 36. mjeseca života) pruža najbolje šanse za postizanje i održavanje dobno primjerenih jezičnih vještina Geers i Nicholas (2013). Iako dio istraživača nije utvrdio značajnu općenitu povezanost između dobi implantacije i jezičnih ishoda (Black i sur., 2014; Szagun i Schramm, 2012), mišljenje da će ranija implantacija dati najveću vjerojatnost postizanja jezičnih ishoda sličnima onima kod čujuće djece poduprijet je empirijski te se ne može zanemariti istraživanja koja su utvrdila da je udio jedinstvene varijance jezičnih ishoda kohlearno implantirane djece objašnjen dobi implantacije obično između 10% i 25%, što sugerira da dob implantacije ima umjeren utjecaj na jezične ishode nakon kohlearne implantacije, uz vjerojatno podjednak utjecaj nekoliko drugih čimbenika (Duchesne i Marschark, 2019).

Logičan je zaključak da iskorištavanje neuralne plastičnosti stimulacijom kohlearnim implantatima podrazumijeva i njihovo korištenje kroz sve budne sate (Easwar i sur. 2018; Yuksel i sur., 2017) pa su zato broj sati dnevne uporabe kohlearnih implantata i trajanje njihove uporabe od točke kada je obavljena implantacija također važni čimbenici jezičnih i govornih ishoda u pedijatrijskoj populaciji. Unatoč napretku tehnologije koja djeci s teškim oštećenjem sluha omogućuje pristup govoru, nedosljedna uporaba kohlearnog implantata može ometati optimalan razvoj govorenog jezika (Wiseman i Warner-Czyz, 2018). Štoviše, Wie i suradnici (2007) su, temeljem rezultata ispitivanja utjecaja različitih osobnih, tehnoloških i rehabilitacijskih faktora na jezične ishode kohlearne implantacije, količinu dnevne uporabe uređaja odredili kao najznačajniji prediktor govorne percepcije. Moderni kohlearni implantati podatke o uporabi pohranjuju u govorni procesor korisnika (takozvani „datalog“) i omogućuju njezino objektivno i pouzdano praćenje. Na ovaj način prikupljeni podaci o dnevnoj uporabi kohlearnog implantata korišteni su u istraživanjima koja su pokazala da je dulja dnevna uporaba kohlearnog implantata kod djece povezana s boljim rezultatima na testovima govorne percepcije (Easwar i sur., 2018), razumijevanja rječnika (Busch i sur. 2020) te govorne diskriminacije (Yuksel i sur., 2017).

Specifični osobni i ekološki čimbenici – spol, neverbalni kvocijent inteligencije i afinitet za razvoj slušanja i oralnog jezika, te obrazovna i socio-ekonomska obilježja obitelji – također mogu igrati važnu ulogu u konačnim ishodima kohlearne implantacije (Geers, 2003; Geers i Sedey, 2011; Moog i Geers, 2010; Tobey i sur., 2003).

Utjecaj spola na jezične ishode kohlearne implantacije nije često uziman u obzir, međutim, nekoliko istraživanja je potvrdilo da djevojčice postižu bolje rezultate u jezičnim ishodima od dječaka. Tobey i suradnici (2003) su ispitivanjem 181 djeteta implantirana prije 5. godine ustanovili da djevojčice postižu više rezultate od dječaka na gotovo svim mjerama govorne proizvodnje. Na istom uzorku djece, Geers i suradnici (2003a) uočili su da djevojčice postižu bolje rezultate na zadacima jezičnog razumijevanja i proizvodnje te u vještinama čitanja. S obzirom na ove rezultate, moglo bi se očekivati da djevojčice dosegnu jezičnu razinu primjerenu dobi prije nego dječaci. Imajući ovu informaciju u vidu, poželjno je uzeti u obzir spolne razlike prilikom identificiranja čimbenika povezanih s ishodima implantacije (Geers i sur., 2007).

Brojna su istraživanja pokazala da su kognitivne sposobnosti djece s težim oštećenjem sluha, obično mjerene pomoću zadataka koji ne zahtijevaju lingvističko znanje (neverbalno

zaključivanje, pamćenje, vizualna pažnja, motorički zadaci), povezane s jezičnim ishodima kohlearne implantacije. Istraživanja Dawson i suradnika (2002) te Geers i suradnika (2003b) pokazala su da je neverbalni kvocijent inteligencije najznačajniji prediktor receptivnih jezičnih ishoda kod djece s kohlearnim implantatom. Moog i Geers (2010) i Geers i Sedey (2011) ustanovili su da je viši kvocijent inteligencije povezan s boljim općim jezičnim ishodima. Bawin i suradnici (2018) su utvrdili da su kognitivne vještine značajan prediktor razvoja ranog rječnika kod djece implantirane u dobi od 6-10 mjeseci. Holt i Kirk (2005) uspoređivali su jezične ishode 69 djece s kohlearnim implantatom: 19 djece s blagim kognitivnim kašnjenjem (1 standardna devijacija ispod norme) bez dodatnih teškoća i 50 kognitivno uredne djece. Djeca koja su imala kognitivno kašnjenje pokazala su znatno lošije rezultate na testovima jezične proizvodnje i receptivnog rječnika, nego djeca s kohlearnim implantatom tipičnog kognitivnog razvoja, dok na testovima govorne percepcije između grupa nije bilo statistički značajnih razlika. Ovakvi rezultati sugeriraju da djeca s blagim kognitivnim kašnjenjem koja koriste kohlearni implantat imaju poteškoće s jezičnim domenama koje zahtijevaju vještine više razine, poput receptivnog i ekspresivnog jezika.

Socio-ekonomski status obitelji, koji se najčešće procjenjuje na osnovu obrazovanja roditelja i razine profesionalnih vještina i prihoda, također može biti jedan od čimbenika jezičnih ishoda kohlearne implantacije, što potvrđuju istraživanja Moog i Geers (2010) i Geers i Sedey (2011). Oba spomenuta istraživanja sugeriraju da su viši socio-ekonomski status obitelji i manji broj članova kućanstva povezani s boljim rezultatima na mjerama govorne percepcije, govorne proizvodnje i općih jezičnih sposobnosti. Ispitujući povezanost socio-ekonomskog statusa s ishodima kohlearne implantacije, Tobey i suradnici (2003) došli do zaključka da djeca iz imućnijih obitelji postižu bolje komunikacijske vještine i bolja obrazovna postignuća. Razina obrazovanja roditelja je bila odgovorna za značajnu varijaciju u jezičnim ishodima i u istraživanju koje su proveli Geers i suradnici (2009), u kojem su djeca roditelja višeg stupnja obrazovanja postizala bolje rezultate na mjerama jezika. Navedeno upućuje na postojanje utjecaja razine obrazovanja roditelja, njihovih primanja i veličine kućanstva na jezični razvoj djece s kohlearnim implantatom pa je važno uzeti u obzir i ove čimbenike u pokušaju kontrole varijance njihovih jezičnih ishoda.

Dob u kojoj je nastalo oštećenje sluha je također važan prediktor kasnijih jezičnih ishoda. Djeca koja su neko vremensko razdoblje prije nastanka teškog oštećenja slušala postižu bolje rezultate govorne percepcije, govorne proizvodnje i jezičnog razvoja nakon kohlearne implantacije (Blamey i sur., 2001). Ovo je posebno naglašeno kod djece koja su stekla jezičnu kompetenciju prije početka gubitka sluha, odnosno za djecu koja su slušala do 3. godine života. Varijabla povezana s dobi nastanka oštećenja sluha zapravo je trajanje teške naglušnosti ili gluhoće prije kohlearne implantacije. Geers (2004) je kod 181 djeteta s kohlearnim implantatom utvrdila da 80% djece koja su stekla oštećenje sluha odmah nakon rođenja te koja su implantirana unutar prve godine trajanja gluhoće, postiže dobno prikladne govorne i jezične vještine u dobi od 8 – 9 godina, što ukazuje da je kratko trajanje slušne deprivacije povoljna činjenica za razvoj govorenog jezika. Stoga u analizi ishoda kohlearne implantacije treba uzeti u obzir dob nastanka oštećenja sluha, kako se njezina učinkovitost ne bi precijenila, odnosno kako se razlike među promatranom djecom ne bi pogrešno tumačile (Blamey i sur., 2001).

U početku kohlearne implantacije kandidati za ugradnju bila su samo djeca koja nisu imala mjerljive koristi od slušnih pomagala, međutim kasnije su ti kriteriji prošireni i na djecu koja postižu govornu percepciju pomoću slušnog aparata. Istraživanja su pokazala da djeca s boljim ostacima sluha prije implantacije postižu bolje prosječne rezultate od djece koja su implantirana u istoj dobi, s manjim predoperativnim ostacima sluha (Nicholas i Geers, 2006; Schauwers i sur., 2005). Vjerojatan razlog je da preostali sluh, operacionaliziran slušnim pomagalima, slušni put čini aktivnim i spremnijim za naknadnu električnu stimulaciju kohlearnim implantatom. Nicholas i Geers (2006) su, među različitim ispitivanim prediktorima jezičnih postignuća 76 implantirane djece (dob identifikacije oštećenja sluha i intervencije slušnim pomagalima, duljina korištenja slušnih pomagala, prag sluha sa slušnim pomagalima prije implantacije, prag sluha s kohlearnim implantatom, dob implantacije), višestrukom regresijskom analizom utvrdili da prag sluha prije implantacije i dob implantacije čine 58% varijance jezičnih ishoda. Značajni negativni koeficijent povezan s pragom sluha prije implantacije ukazao je da djeca slabijeg sluha prije implantacije pokazuju slabije jezične vještine u dobi od 3,5 godine. Dodatan dokaz važnosti predoperativnih ostataka sluha za jezične ishode implantacije ponudili su Nicholas i Geers (2018), potvrdivši pozitivan utjecaj boljih pragova čujnosti prije implantacije na razgovornu

upotrebu rječnika, sintakse i morfologije kod 126 djece s kohlearnim implantatima u dobi od 3,5 i 4,5 godine.

1.5.2. Tehničko – audiološki čimbenici

Logično je pretpostaviti da su jezični ishodi kohlearne implantacije pod utjecajem tehničkih obilježja samog uređaja, pogotovo zbog brzog razvoja ove tehnologije. Naime, sve naprednije strategije govornog procesiranja koje signale slušnom živcu dostavljaju kroz veći broj aktivnih elektroda te s boljim dinamičkim rasponom pogoduju sve uspješnijem slušnom, jezičnom i govornom razvoju rano kohlearno implantirane djece (Patrick i sur., 2006; Velandia i sur., 2020; Wouters i sur., 2015). Naime, nekoliko je istraživanja pokazalo bolju razumljivost govora kod korištenja novije *Advanced Combination Encoder (ACE)* strategije procesiranja govora u odnosu nadviše starije strategije: *Continuous Interleaved Sampling – CIS* (Patrick i sur., 2006) i *SPEAK* strategiju (Skinner i sur., 2002).

Magnusson (2011) i Muller i suradnici (2012) usporedili su nekoliko strategija kodiranja uređaja proizvođača Med-El i nisu utvrdili značajne razlike u testovima percepcije govora između strategija *Fine Structure Processing (FSP)* i *CIS-a*, iako su sudionici tih istraživanja uglavnom favorizirali *FSP* strategiju procesiranja govora (Wouters i sur., 2015). Međutim, Wolf i Schafer, (2014) utvrdili su da *ACE* strategija Cochlear-ovih Nucleus kohlearnih implantata, zbog mogućnosti prenošenja fine vremenske strukture govornog signala zahvaljujući višim stopama stimulacije slušnog živca, omogućava bolje slušne izvedbe u odnosu na ranije korištene strategije (Wolf i Schafer, 2014). Spomenuto sugerira da, uslijed nadogradnji u aspektu strategija govornog procesiranja, tehničke karakteristike uređaja mogu biti dio funkcionalnosti slušanja dovoljno važan za uzimanje u obzir pri objašnjavanju varijance jezičnih ishoda nakon kohlearne implantacije (Geers, 2007).

Od tehničkih aspekata intervencije, kao važni za konačne ishode kohlearne implantacije mogu se navesti još i broj aktivnih elektroda, veličina dinamičkog raspona od praga sluha do udobne razine slušanja te opseg u kojem dijete opaža rast glasnoće, koji zajedno sa strategijom

procesiranja govora čine 22% ukupne varijance ishoda govorne percepcije (Geers i sur., 2003) i govorne produkcije (Tobey i sur., 2003).

Navedene karakteristike govornih procesora kohlearnih implantata, odnosno strategije procesiranja koje koriste, povezane su i sa stručnim upravljanjem performansama ovih uređaja, odnosno programiranjem njihovih procesora u skladu sa specifičnim potrebama pojedinog korisnika. Drugim riječima, optimalna korist od kohlearnog implantata ovisi o odgovarajućem programiranju govornog procesora, čime se ostvaruje temeljni cilj: optimizacija prepoznavanja govornih zvukova od tihog do glasnog govora, kao i postizanje uobičajene percepcije glasnoće. Stoga, bez spomenute optimizacije, ugrožava se optimalnost slušanja pa neprikladno programirani kohlearni implantati imaju loše konačne slušne i jezične ishode (Wolfe i Schafer, 2014).

Važnu ulogu u ishodima kohlearne implantacije, prema dosadašnjem istraživanjima, ima i broj implantiranih uređaja. Tradicionalno se kohlearni implantat ugrađuje na jedno uho zbog uvjerenja da bi se drugo uho trebalo sačuvati kako bi se mogle iskoristiti buduće tehnologije te zbog troškova i rizika povezanih s drugom operacijom i uređajem (ASHA, 2004). Iako mnoga djeca s jednostranim kohlearnim implantatima imaju izvrsne sposobnosti percepcije govora u kontroliranim uvjetima, ona ne predstavljaju uvjete slušanja u stvarnom svijetu, gdje se suočavaju sa složenim okruženjima u kojima su potrebne vještine prostornog slušanja koje omogućuju određivanje mjesta izvora zvuka i izdvajanje važnih zvukova, poput govora, od ometajućih zvukova iz okoline (Litovsky i Gordon, 2016). Osim toga, binauralna obrada pomaže u procjeni akustičkih svojstava okoline te u procjeni pouzdanosti dostupnih akustičkih elemenata (Joris i van derHeijden, 2019).

Bitna pozitivna posljedica binauralnog slušanja je glasnija percepcija zvuka koji se želi slušati mehanizmom binauralnog zbrajanja, odnosno središnjom slušnom obradom istog podražaja o kojem informacije pristižu iz oba uha (Jensen i sur., 2013). Binauralnim zbrajanjem se glasnoća jedva zamjetljivog podražaja povećava za 2 do 3 dB (Pollack, 1984), a intenzitetski vrlo glasnog (na razini od 90 dB) do čak 10 dB, dok funkcionalna korist uključuje i poboljšanje slušne diskriminacije za 6% po dB (Bess i Tharpe, 1986). Naprimjer, kod primanja frekvencije od 500 Hz binauralno ostvaruje se prednost između 12 i 15 dB u usporedbi s monoauralnim primanjem, dok je prednost pri slušanju govora između 3 i 8 dB (Bess i Tharpe 1986). Takozvanim

binauralnim maskiranjem zvuka – sposobnošću mozga da filtrira nevažne pozadinske zvukove i time fokusira zvuk koji se želi primiti – binauralno slušanje značajno pomaže detekciju i primanje govora u buci, što se pokazuje osobito važnim kada se komunikacija odvija između više udaljenih sugovornika smještenih na različitim mjestima (Hawley i sur., 2004).

Prema spomenutom, monoauralno slušanje u težim uvjetima (bučnim učionicama ili igralištima) ugrožava usvajanje jezika jer ne omogućava razumijevanje tihog govora, govora u pozadinskoj buci te njegovu lokalizaciju, što je dobro dokumentirano među djecom koja koriste samo kohlearni implantat unilateralno pa je posljednjih godina bilateralna kohlearna implantacija postala standard skrbi za djecu s teškim oštećenjem sluha u razvijenim zemljama (Sarant, 2014). Prednosti bilateralne implantacije su u lokalizaciji zvuka (i govornoj percepciji (Gordon i Papsin, 2009; Litovski i sur., 2006), što se pozitivno odražava na usvajanje jezika, odnosno razumijevanje govora u svakodnevnom životu (Boons i sur., 2012; Gordon i sur., 2013; Kral i sur., 2016). Djeca koja koriste bilateralne kohlearne implantate imaju značajno bolje razumijevanje ekspresivnog jezika, nego djeca s unilateralnim kohlearnim implantatom, a bilateralna implantacija povezana je i sa znatno bržim stopama razvoja rječnika i jezika od unilateralne, te s akademskim postignućima u školskoj dobi (Sarant i sur., 2014). Wie i suradnici (2020) utvrdili su da bilateralna implantacija tijekom vremena pogoduje smanjenju razlike u općim ekspresivnim i receptivnim jezičnim sposobnostima između čujuće i implantirane djece.

Bilateralna implantacija može se izvesti istodobno u okviru iste operacije (simultana implantacija) ili u dva različita vremena uzastopno (sekvencionalna implantacija). Brojni istraživači izvještavaju o boljim i bržim postoperativnim rezultatima u istodobnim operacijama kohlearne implantacije, u usporedbi sa sekvencijalnim postupkom, pogotovo ako se on izvede nakon relativno dugog vremena (nakon više od 4 godine), zbog senzorne deprivacije dijela slušnog puta (Burdo i sur., 2016). Iako su neka istraživanja pokazala da djeca kojima je drugi implantat ugrađen u razdoblju kraćem od 12 mjeseci imaju veću korist od kohlearne implantacije u domeni percepcije govora u buci (Gordon i sur. 2011), druga nisu pronašla značajan utjecaj kašnjenja između implantacija na korist od obostrane kohlearne implantacije kod djece (Buss i sur., 2008) pa konsenzus o bilateralnim kohlearnim implantatima za sada nije definirao maksimalno kašnjenje između dva postupka implantacije. Usprkos tome, među stručnjacima prevladava mišljenje da je simultana ugradnja kohlearnih implantata kod djece bolje rješenje u

odnosu na odgođenu ugradnju dvaju kohlearnih implantata, kao i u odnosu na jednostranu ugradnju kohlearnog implantata (Trotić, i sur., 2021). Njezini nedostaci su produljeno vrijeme operativnog zahvata, dvostruki rizik oštećenja osjetljivih struktura uha, te ograničena financijska sredstva, odnosno skupoća prilikom nabave kohlearnih implantata pa odluka o obostranoj kohlearnoj implantaciji kao standardu za veliku populaciju djece napreduje polako, uz razmatranje mnogih mjera, uključujući mjere iz stvarnog života, mjere jezične kompetencije, školskog uspjeha i općenite dobrobiti (Trotić, i sur., 2021).

Na jezične ishode djece s kohlearnim implantatom utječe i kvaliteta slušanja nakon implantacije, mjerena pomoću pragova sluha nakon implantacije. S obzirom da je jedan od ciljeva kohlearne implantacije uključivanje ove djece u redovne odgojno-obrazovne programe pred njima je veliki izazov spontanog usvajanja jezika. Naime, za razliku od djece smještene u specijalizirane ustanove koja dobivaju izravne i više puta ponovljene upute, djeca u redovnim školama uče jezik i nove riječi spontano, uz čujuće vršnjake, tako što slušaju govor u svakodnevnom okruženju što zahtijeva dobru čujnost s kohlearnim implantatima (Davidson i sur., 2014b). Istraživanja ishoda kohlearne implantacije koja na pragove čujnosti s kohlearnim implantatom gledaju kao na prediktivni čimbenik su malobrojna, ali potvrđuju njihov značaj u smislu pozitivnog djelovanja na jezične ishode općenito (Geers i Nicholas, 2013), na receptivni rječnik (Davidson i sur., 2014b) te na morfološki razvoj (Nicholas i Geers, 2018), što svakako upućuje da postizanje najnižih mogućih pragova u programiranju kohlearnog implantata može pomoći u podizanju čujnosti nenaglašenih završetaka riječi koji karakteriziraju povezane morfeme.

1.5.3. *Osobno – habilitacijski čimbenici*

Osim upravljanja tehnološko-tehničkim dijelom intervencije, za najbolje slušne, jezične i govorne ishode potrebno je upravljati ili optimizirati i ostale aspekte habilitacije, a literatura upućuje da je optimalna habilitacija orijentirana na intenzivnu, bogatu stimulaciju govornim jezikom (Boons i sur., 2012; Geers i sur., 2011) i na kontinuiranu superviziju tima stručnjaka (Ganek i sur., 2012). Uključivanje djece u habilitacijske procese od najranije dobi najpoticajnije je za usvajanje govornog jezika (Moog i Geers, 2010), a najbolje da habilitacija započne od dana otkrivanja oštećenja sluha, kako bi se osigurala netaknuta veza i komunikacija između majke i

djeteta (Yoshinaga-Itano, 2014). Pristup slušnim informacijama putem kohlearnog implantata, posebno ako se dodijeli u ranoj dobi, može rezultirati ranijim ulaskom u obrazovanje po redovnom programu s čujućom djecom (Geers, 2006), a raniji ulazak u redovno obrazovanje povezan je s većom razumljivošću govora (Tobey i sur., 2003) i boljim razvojem čitanja (Geers, 2003). Pri tome je važno imati na umu da rana habilitacija ne podrazumijeva samo razvoj slušnih vještina i usvajanje riječi, već i ranih komunikacijskih vještina koje čine temelj za razvoj jezika (Ganek i sur., 2012). Stoga je, nakon opremanja djeteta tehnološkim rješenjem za pomoć slušanju, važno odmah započeti slušni trening kako bi dijete naučilo slušati i ispravno tumačiti zvukove iz okoline i govorne zvukove, te istovremeno razvijati komunikacijsku kompetenciju djeteta, kako bi se moglo izraziti. Da bi se to postiglo, habilitacijske seanse trebaju integrirati ciljeve govora, jezika, percepcije i pragmatike unutar okruženja koje ima odgovarajući društveni i emocionalni kontekst, te u postupak uključiti roditelje s ciljem generaliziranja vještina usvojenih na terapiji u svakodnevno okruženje (Ganek i sur., 2012). Roditeljsko sudjelovanje je presudno jer su roditelji jedini u mogućnosti poticati djetetov komunikacijski napredak cijeli dan, svaki dan, te u okviru svakodnevnih aktivnosti i interakcija (Moeller, 2000). Pri tome je važno da su obitelji osnažene za veliku ulogu i značaj u komunikacijskom i jezičnom razvoju djece s kohlearnim implantatom. Naime, Holt i suradnici (2012) upozoravaju da su neke varijabilnosti u jezičnim ishodima kohlearne implantacije povezane s obiteljskim okruženjem: viša obiteljska razina kontrole može se povezati s manjim receptivnim rječnikom djece s kohlearnim implantatom, a viša obiteljska razina organizacije s većim receptivnim rječnikom. Budući da se obiteljsko okruženje može modificirati i poboljšati savjetovanjem, potrebno je usmjeriti rad u pomaganje obiteljima da stvore povoljno okruženje za usvajanje jezika, kako bi se u konačnici maksimizirao potencijal djeteta s kohlearnim implantatom (Holt i sur., 2012). Zbog svega navedenog, u oblikovanju ciljanih intervencija i strategija habilitacije za obitelji djece s kohlearnim implantatima, potreban je multidisciplinarni pristup, odnosno timski rad u kojem će, osim logopeda i audiorehabilitatora, važnu ulogu imati i psiholog.

Postoje različite mogućnosti habilitaciju djece s oštećenjem sluha i one uključuju različite pristupe (Dornan, 2009; Kaipa i Danser, 2016): *dvojezični/dvokulturalni pristup* kojem se najprije uči znakovni jezik, a zatim govorni jezik, što pruža mogućnosti interakcije s gluhim i čujućim zajednicama; *totalnu komunikaciju* koja predstavlja kombiniranu uporabu slušnih,

govornih i znakovnih metoda u komunikaciji i podučavanju; *vizualni pristup* koji podrazumijeva usvajanje i korištenje znakovnog jezika; *slušno-oralni pristup* koji je orijentiran na maksimalno korištenje preostalog sluha u kombinaciji s čitanjem govora s usana i drugim vizualnim znakovima za bolje razumijevanje i korištenje govornog jezika; *slušno-verbalni pristup* u kojem je naglasak na učenju govorenog jezika slušanjem bez dodatnih tragova kao što su čitanje govora s usana i geste, s roditeljima kao djetetovim učiteljima prirodnog jezika. Ashori (2022) navodi da je slušno-verbalni pristup, planiran na temelju individualnih potreba djece s oštećenjem sluha i očekivanja njihovih roditelja, jedan od najprihvatljivijih oblika rada. Naglasak koji ovaj pristup stavlja na slušanje posebno je relevantan u zadnje vrijeme, s obzirom na trend povećanja djece kojoj se ugrađuje kohlearni implantat te s obzirom da njegove performanse pružaju pristup svim ili gotovo svim govornim frekvencijama, zbog čega se orijentacija na olakšavanje tipičnog procesa učenja govornog jezika kroz slušanje čini logičnom i privlačnom (White i Brennan-Jones, 2014). Učinkovitost slušno-verbalne terapije, kao i bilo koje intervencije govorenim jezikom, teško je odrediti zbog nerijetko slabo definiranih temeljnih načela i tehnika koje se koriste u procjeni. Osim toga, postoje značajni problemi vezani uz dizajn istraživanja učinkovitosti ove terapije, uključujući činjenicu da je većina istraživanja bila retrospektivna i da nije imala kontrolnu skupinu (Dornan i sur., 2009). Međutim, usprkos navedenim ograničenjima u dokazivanju ishoda ove metode, njezin je potencijal za djecu s teškim oštećenjem sluha koja koriste kohlearni implantat velik. Fulcher i suradnici (2012) i Sahli (2019) utvrdili su da rana slušno-verbalna intervencija (s početkom do 6.mjeseca života) omogućuje djeci s kohlearnim implantatom razvoj jezika koji odgovara jeziku čujućih vršnjaka već u dobi od 3 godine. Dettman i suradnici (2013), te Thomas i Zwolan (2019) su, uspoređujući različite intervencijske pristupe, došli do zaključka da djeca s kohlearnim implantatom uključena u program slušno-verbalne terapije postižu bolje jezične ishode od one uključene u druge standardne intervencije. Hayes i suradnici (2009) došli su do zaključka da djeca uredne inteligencije implantirana prije 2. godine i uključena u intenzivan program slušno-verbalne terapije mogu postići dobno prikladne rječničke vještine nekoliko godina nakon implantacije. Binos i suradnici (2021) su, provodeći analizu istraživanja učinkovitosti slušno-verbalne terapije, ustanovili da djeca s kohlearnim implantatom uključena u ovu vrstu intervencije postižu značajan napredak u jezičnom razvoju i slušnom razumijevanju, no i da ne sustižu uvijek čujuće vršnjake, a slično su zaključili Jackson i Schatschneider (2014) nakon longitudinalnog praćenja učinaka slušno-verbalne terapije kod

jedanaestero djece s kohlearnim implantatom i trinaestero sa slušnim pomagalom, te Fairgray i suradnici (2010) analizom receptivnog jezika, fonološkog razvoja, artikulacije i slušanja u buci petero djece s kohlearnim implantatom i dvoje djece sa slušnim pomagalicama u dobi od 5 do 17 godina nakon 20 tjedana slušno-verbalne terapije.

Čimbenik kojeg je važno uzeti u obzir kod analize jezičnih ishoda kohlearne implantacije je obrazovanje u redovnom oralnom programu te korišteni modalitet komunikacije. Kada se govori o modalitetima komunikacije, obično se misli na oralni i totalni pristup. Pristalice oralnog pristupa tvrde da su govor i slušanje presudni za postizanje optimalne koristi od kohlearnog implantata (Geers, 2006). Geers (2004) ističe da djeca koja pohađaju programe oralne komunikacije imaju bolju percepciju govora, produkciju govora i jezične ishode nakon implantacije, od one u programima totalne komunikacije. Moguće objašnjenje boljih jezičnih ishoda kod djece s kohlearnim implantatom koja su izložena samo oralnom modalitetu komunikacije Pisoni i Cleary (2003) pronalaze u boljem kodiranju, pohranjivanju i dohvaćanju verbalnih informacija u radnom pamćenju nakon izlaganja isključivo govorenog jezika. Međutim, do sada provedena istraživanja koja su se bavila usporedbom značaja modaliteta komunikacije na jezične ishode djece s kohlearnim implantatom, nisu dala jednoznačne rezultate. U ispitivanju dugoročnih jezičnih ishoda 112 učenika srednjih škola koji imaju više od 10 godina iskustva s kohlearnim implantatom, Geers i suradnici (2011) zaključili su da djeca koja su bila rano uključena u programe oralne komunikacije pokazuju znatno bolje jezične ishode, od one čija je rana edukacija uključivala totalnu komunikaciju. Do sličnog zaključka došli su Boons i suradnici (2012) ispitujući receptivni i ekspresivni jezični razvoj 288 djece s kohlearnim implantatom 1, 2 i 3 godine nakon implantacije: djeca čiji su roditelji koristili samo oralnu komunikaciju postigla su u svim točkama mjerenja bolje rezultate na testovima receptivnog i ekspresivnog jezika, od djece čiji su roditelji koristili totalnu komunikaciju ili znakovni jezik.

S druge strane, pristalice pristupa totalne komunikacije tvrde da upotreba znakovnog jezika olakšava usvajanje jezika jer dijete može povezati ono što čuje kroz implantat sa znakovnom reprezentacijom jezika, što podržava razvoj govorenog jezika. U prilog ovoj tezi govori istraživanje Connor i suradnika (2000), koje je pokazalo brže povećanje rječnika nakon

kohlearne implantacije kod djece koja su upisana u programe totalne komunikacije, od one koja su upisana u programe oralne komunikacije.

Kohlearni implantat gluhoj djeci pruža mogućnost spontanog učenja jezika, a to je najučinkovitiji, socijalno motivirani i naturalistički način učenja materinjeg jezika. Jedinstvenost iskustva slušanja koje omogućuje kohlearni implantat kvalitativno se razlikuje u odnosu slušanje pomoću slušnog pomagala. Kao što je ranije spomenuto, slušno pomagalo filtrira, pojačava i komprimira zvučni signal, dok kohlearni implantat prima, obrađuje i odašilje akustične informacije te generira električne stimulacije koje zaobilaze nefunkcionalne slušne stanice u pužnici i izravno stimuliraju vlakna slušnog živca. Kohlearni implantat prenosi električni kod temeljen na odabranim značajkama govora koje su se pokazale kritičnima za razumijevanje fonema i riječi kod osoba urednog sluha, međutim treba imati u vidu da signal koji daje implantat nije potpun pa čak i ona djeca koja koriste najsuvremenije kohlearne implantate iz uređaja primaju – degradirani signal. Osim toga, mnoga djeca dobivaju kohlearni implantat nakon određenog razdoblja slušne deprivacije. Zbog toga je često potrebna sustavna i intenzivna habilitacija kako bi postigli svoj puni slušni, govorni i jezični potencijal, a što je dijete starije u vrijeme implantacije, to rehabilitacija slušanja i jezika treba biti specifičnija, intenzivnija i više strukturirana (Ganek i sur., 2012). Tye-Murray (2003) predlaže da se kod gluhe djece koja su opremljena kohlearnim implantatima najmanje 15 minuta dnevno posveti formalnom vježbanju percepcije govora. S obzirom da senzorni deficit u slučaju gluhe djece s kohlearnim implantatom ometa usvajanje govornog jezika Ganek i suradnici (2012) naglašavaju da se habilitacijski postupci koji im omogućuju usvajanje jezičnog razumijevanja i produkcije moraju primjenjivati u najvećoj mogućoj mjeri i tijekom duljeg vremenskog razdoblja.

1.5.4. Osvrt na do sada poznate prediktora ishoda kohlearne implantacije u pedijatrijskoj populaciji

Dostupna istraživanja jasno pokazuju da brojni čimbenici mogu utjecati na sposobnost djeteta s kohlearnim implantatom da dosegne čujući svijet i dobro funkcioniranje u njemu te razvije

receptivni i ekspresivni jezik, kao i razumljiv govor. Međutim, do sada istraživani prediktori jezičnih ishoda kohlearne implantacije u pedijatrijskoj populaciji objašnjavaju samo jedan dio varijance, dok i dalje veliki dio varijabilnosti u ishodima ostaje nerazjašnjen. Istraživanje koje su proveli Boone i suradnici (2012) pokazalo je da slušni, osobni i okolinski čimbenici zajedno čine do 58% varijance u ishodima receptivnog i ekspresivnog jezika, dok Geers i suradnici (2003) upućuju da čimbenici djeteta, obitelji, implantata i edukacije zajedno čine nešto iznad 50% varijance u rezultatima govorne percepcije.

Dosadašnja istraživanja uglavnom su se fokusirala na utjecaj pojedinačnih čimbenika, ne uzimajući u obzir interakciju svih njih, međutim varijabilan ishod tehnologije kohlearnih implantata kod djece s prirođenim teškim oštećenjem sluha trebao bi se promatrati kroz složene inter-relacije više važnih čimbenika (Lin i Niparko, 2006). Sve relevantne stručno-znanstvene zajednice koje djeluju u području rehabilitacije jezika kod djece s oštećenjem sluha u potpunosti se slažu da se daljnja istraživanja trebaju usmjeriti na ispitivanje uzroka jezične raznolikosti, kako bi se u konačnici moglo izdvojiti čimbenike koji će točno predviđati izraženost komunikacijskih, slušnih, jezičnih, govornih, socio-emocionalnih i obrazovnih posljedica oštećenja sluha nakon kohlearne implantacije. Kako bi rana stručna intervencija maksimalno doprinijela kvaliteti života pojedinca s prirođenim ili rano stečenim oštećenjem sluha, potrebno je spoznati ne samo specifičan doprinos pojedinih čimbenika umanjuju njegovih posljedica, već i njihov sinergijski učinak, odnosno međuodnos.

1.6. Neurokognitivni čimbenici ishoda kohlearne implantacije kod djece

Već je na temelju do sada izloženog jasno da veliki broj čimbenika potencijalno može utjecati na uspješnost razvoja slušanja, jezika i govora nakon kohlearne implantacije. Međutim, njihov je broj vjerojatno i veći, imajući na umu veliki fonološki deficit s kojim se suočavaju djeca koja jezik uče slušanjem putem kohlearnog implantata, veliku varijabilnost i individualne razlike u jezičnim ishodima te heterogenost populacije djece s kohlearnim implantatom. Nastojeći bolje objasniti osnovu navedenih obilježja razvoja govorenog jezika djece s kohlearnim implantatom, istraživanja su se usmjerila na specifične neurokognitivne čimbenike.

Polazište za promišljanja o utjecaju neurokognitivnih čimbenika na jezične ishode djece s kohlearnim implantatom su recentna istraživanja o povezanost slušanja i kognicije, koja su u središtu nastajućeg interdisciplinarnog područja kognitivne znanosti slušanja. Ovo područje znanosti se iz različitih aspekata bavi sluhom, slušnom spoznajom, percepcijom govora i složenim interakcijama između uha i funkcija mozga. Sazrijevanjem znanstvenih disciplina koje se bave slušanjem i kognicijom te pojavom novih spoznaja o digitalnom signalnom procesiranju, pojavila se kognitivna znanost slušanja iz koje su potekle ideje da na razumijevanje govornog jezika, posebno u nepovoljnim ili složenim slušnim okruženjima, snažno utječe kapacitet radnog pamćenja, a ako se uz to više izvora zvuka preklapa u vremenu i prostoru, čini se vjerojatnim da drugi aspekti spoznaje poput pažnje i izvršnih funkcija igraju ulogu u tome kako slušatelj reagira (Arlinger i sur., 2009).

U traženju odgovora na pitanje velike varijabilnosti u slušnim, jezičnim i govornim ishodima pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata, recentna istraživanja su se usmjerila na neurobiološke i neurokognitivne aspekte učenja govornog jezika (Pisoni i sur., 2017), čije je proučavanje dovelo do razvoja dviju oprečnih teorija – kognitivne i osjetilne.

Prema *kognitivnoj teoriji*, kohlearni implantati ne mogu nadoknaditi ranu slušnu deprivaciju, što se očituje u otežanom i skromnom razvoju vještina kodiranja podražaja iz kohlearnog implantata te njihovog jezičnog procesiranja, što se primjećuje kod dijela pedijatrijskih korisnika čak i nakon rane implantacije. Kognitivna teorija fokusira se na slabe vještine verbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom, odnosno govori da zbog izostanka rane stimulacije slušnog puta u neurokognitivnom razvoju dijela djece s kohlearnim implantatom izostaje stvaranje mehanizma za ispravno tumačenje vremensko-sekvencionalnih obilježja govornih zvukova, odnosno za razvoj fonološke svjesnosti (Conway i sur., 2009; Kronenberger i sur., 2014; Pisoni i sur., 2017).

Prema *osjetilnoj teoriji*, verbalno radno pamćenje djece s kohlearnim implantatom ne razvija se tipično zbog otežanog učenja fonoloških kodova iz necjelovitog signala, odnosno zbog slabe kvalitete podražaja iz implantata, nedovoljno vjernog govornom signalu koji treba predstavljati (Nittrouer i sur., 2014). Osjetilna teorija fokusira se na tehnološka ograničenja procesora govornog signala kohlearnih implantata, zbog kojih se akustičke slike fonema ne oblikuju standardno (Nittrouer i sur., 2017).

Detaljno objašnjenje kognitivne teorije iznijeli su Conway i suradnici (2009), koji kažu da nedavna otkrića i teorije dovode u pitanje ograničenost percepcije zvuka samo na slušanje zbog interaktivne prirode drugih osjetila i činjenice da je senzorička obrada ovisna o višim kognitivnim funkcijama. Budući da je mozak integrirani funkcionalni sustav, senzorička obrada nije neovisna i može utjecati na mozak i kogniciju u cjelini. Zvuk je sekvencijalni signal, u kojemu vrijeme i redoslijed imaju veliku važnost, a primanjem zvukova učimo obradu i tumačenje sekvencijalnih informacija i manipulaciju podražajima serijskog karaktera. Budući da serijski/sekvencionalni podražaji nisu samo zvučni, uslijed neizloženosti zvuku može izostati razvoj kognitivnog mehanizma za obradu sekvencionalnih informacija općenito, što je vidljivo iz istraživanja posljedica slušne deprivacije na mnogim drugim, ne-slušnim zadacima. Conway i suradnici (2009) objašnjavaju da najranija slušna deprivacija može dovesti do kaskade složenih učinaka koji potpuno mijenjaju perceptivne i kognitivne sposobnosti, a ne samo onih izravno povezanih sa slušanjem i procesiranjem akustičkih signala. Ovi autori navode da kognitivna teorija nastoji objasniti poseban utjecaj gluhoće na kognitivne sposobnosti povezane s učenjem, prisjećanjem i obradom sekvencijalnih informacija, zbog čega je kod gluhe djece s kohlearnim implantatom kognitivno i perceptivno sekvencioniranje usporeno, što doprinosi problemima u učenju složenih gramatičkih obrazaca govornog jezika.

Conway i suradnici (2009) smatraju da razumijevanje učinaka koje gluhoća i kasnija kohlearna implantacija imaju na sustav radnog pamćenja leži u odgovoru na pitanje: modelira li se radno pamćenje najbolje kao jedno- ili višekomponentni sustav? Nadalje, ovi autori ističu da većina modela radnog pamćenja sugerira da se jezični podražaji pohranjuju prvenstveno fonemskim kodom te da nedostaci u uočavanju i pohrani tog koda umanjuju kapacitet pohrane radnog pamćenja; u jednokomponentnim modelima radnog pamćenja smanjenje kapaciteta pohrane utječe i na obradu podražaja jer pohrana i obrada moraju dijeliti resurse, dok bi se u višekomponentnim modelima moglo očekivati samo neznatno smanjenje obrade.

U ispitivanju načina na koji se modelira radno pamćenje Conway i suradnici (2009) su, putem zadataka prisjećanja redoslijeda prezentiranih riječi, ispitali radno pamćenje čujuće djece i djece s kohlearnim implantatom. Promatrani su točnost prisjećanja i vrijeme potrebno za izvršenje zadatka – točnost prisjećanja redoslijeda daje podatke o tomu kako je verbalni materijal enkodiran i pohranjen u kratkoročni memorijski međuspremnik, dok vrijeme potrebno za

adekvatan odgovor daje podatak o tome koliko dobro dijete obrađuje pohranjeni materijal. U usporedbi s čujućom djecom, prisjećanje redoslijeda bilo je značajno lošije kod djece s kohlearnim implantatom, dok značajne razlike nisu utvrđene u brzini odgovaranja. Ovi podaci ukazuju da teškoće pohrane ne utječu na teškoće obrade i obrnuto, što dokazuje da su pohrana i obrada uglavnom neovisni procesi te se time pruža podrška višekomponentnim modelima radnog pamćenja. Navedeni autori zaključuju da, uz brojne prednosti kognitivne teorije, postoje još uvijek nerazjašnjene činjenice o usvajanju sposobnosti sekvencioniranja. Jedna je mogućnost da poteškoće sekvencioniranja kod gluhe djece nisu rezultat samo slušne deprivacije, nego mogu biti rezultat različitog socijalnog okruženja i razlika u obrazovnim mogućnostima, roditeljskim stilovima i drugim socijalnim, komunikacijskim i emocionalnim čimbenicima značajnim za kognitivni razvoj i usvajanje sposobnosti sekvencioniranja. Drugo objašnjenje je da nedostatak iskustva s govorenim jezikom, a ne sama gluhoća, utječe na kognitivni razvoj i sposobnosti sekvencioniranja. Naime, poznato je da gluha djeca imaju posebne poteškoće kod sekvencijalnog učenja i pamćenja verbalnih signala, no čini se da gluhoća utječe i na neverbalne vještine sekvencioniranja, što sugerira da pogreške u učenju sekvencijalnih zadataka kod gluhih osoba nisu samo posljedica problema u procesiranju verbalnih informacija. S obzirom da sposobnost sekvencioniranja izravno utječe na mnoge aspekte kognicije uključujući percepciju, senzoričko-motoričku kontrolu, jezik i više funkcije, ovakva istraživanja imaju značajne implikacije za razumijevanje širokog spektra problema vezanih za neurokognitivni razvoj kako čujućih osoba, tako i osoba s oštećenjem sluha (Conway i sur., 2009).

Davidson i sur. (2019) su ispitivali rezultira li rana slušna deprivacija općim ili specifičnim nedostatkom radnog pamćenja kod djece s kohlearnim implantatom, u usporedbi s čujućim vršnjacima. Zadaci za ispitivanje verbalnog radnog pamćenja obuhvaćali su jednostavne (pohrana informacija) i složene zadatke pamćenja (procesiranje informacija). Djeca s kohlearnim implantatom postigla su znatno niže rezultate i kod jednostavnih, i kod složenih zadataka verbalnog radnog pamćenja u usporedbi s čujućim vršnjacima, što ukazuje na deficit i u pohrani, i u obradi verbalnih informacija.

Potvrdu kognitivnoj teoriji dalo je i istraživanje koje su proveli Kronenberger i suradnici (2014), koje je pokazalo da je verbalno radno pamćenje snažnije povezano s jezičnim ishodima kod korisnika kohlearnog implantata, nego kod čujućih vršnjaka, ali da neverbalno radno pamćenje

djece s kohlearnim implantatom nije povezano s jezičnim ishodima, za razliku od situacije kod čujućih vršnjaka, što upućuje na nesklad u neurokognitivnom razvoju.

Za razliku, von Koss Torkildsen i suradnici (2018) proveli su istraživanje čiji rezultati ne podržavaju kognitivnu teoriju. Ispitivanjem sposobnost učenja vizualnog sekvencioniranja kod prelingvalno gluhe djece s kohlearnim implantatom uočili su rezultate gotovo istovjetne djeci urednog sluha te nisu utvrdili statistički značajnu povezanost između trajanja slušne deprivacije i sposobnosti sekvencioniranja, što su obrazložili činjenicom da je postojanje deficita u sekvencioniranju djece s kohlearnim implantatom povezano s vrstom zadatka kojim se ono mjeri.

Polazište osjetilne teorije je dobro utvrđena činjenica da su fonološki deficiti kod djece s kohlearnim implantatima nerazmjerno veliki u usporedbi s bilo kojim manjkom koji pokazuju u leksičkim i sintaktičkim vještinama, što jasno ukazuje na slabo razvijenu fonološku svjesnost, koja se odražava i na razvijenost radnog pamćenja, a najveći izvor teškoća je slaba kvaliteta signala koju osigurava kohlearni implantat (Nittrouer i sur., 2014). Objašnjavajući slabosti radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom Nittrouer i suradnici (2013) navode da ova djeca imaju slabiju sposobnost uporabe fonoloških kodova za pohranu verbalnog materijala u kratkoročnom pamćenju jer im je, iako pokazuju slabije prisjećanje od svojih čujućih vršnjaka na zadacima ponavljanja redoslijeda riječi u zatvorenim listama, potrebno otprilike isto vrijeme za odgovor. Navedeno ukazuje na deficite radnog pamćenja u pohrani, ali ne i u obradi, što upućuje da je primarni izvor smanjenog kapaciteta verbalnog radnog pamćenja kod djece s kohlearnim implantatom senzorni i da je povezan sa slabijim slušnim signalom, dok preostali sustav radnog pamćenja uredno funkcionira. Zbog slabe rezolucije signala iz kohlearnog implantata ne mogu se razviti dobre vještine pamćenja slijeda (fonološke svjesnosti), pa niti dobre (meta)jezične vještine jer je ugrožena pohrana informacija koje se trebaju procesirati; verbalno radno pamćenje koje se razvija poticajem signalima niske rezolucije nije dostatno za dobar opći (meta)jezični razvoj i u tome je srž osjetilne teorije (Nittrouer i sur., 2013).

Nittrouer i suradnici (2017) ispitali su razlike između kognitivne i osjetilne teorije te izvore varijabilnosti verbalnog radnog pamćenja kod čujuće i djece s kohlearnim implantatom s ciljem spoznaje razlika između procesa uključenih u pohranu riječi u kratkoročnom pamćenju i prisjećanju reda tih riječi između ove dvije skupine. Verbalno radno pamćenje ispitano je

serijskim ponavljanjem zatvorenog seta riječi (mnogo osjetljivije na fonološku svjesnost, nego slobodno ponavljanje za koje je važna veličina rječnika). Nije pronađena povezanost duljine trajanja slušne deprivacije i točnosti ponavljanja niti vremenom potrebnim za odgovor, što ne ide u prilog kognitivnoj teoriji koja sugerira da rano razdoblje slušne deprivacije utječe na deficit u vještinama sekvencionalne obrade. Za ispitivanje potencijalnih izvora varijabilnosti kapaciteta verbalnog radnog pamćenja korišteni su zadatci fonološke svjesnosti (zadaci finalnog suglasnika), rječnika i neverbalne kognitivne sposobnosti. Rezultati su pokazali da fonološka svjesnost objašnjava većinu varijabilnosti u točnosti ponavljanja kod čujuće djece, što znači da ona dekodiraju riječi u memoriji korištenjem fonološke petlje i to se događa neovisno o komponenti obrade. Kod djece s kohlearnim implantatom točnost ponavljanja ovisi o rječniku, što upućuje da ova djeca pohranjuju riječi u kratkoročnom pamćenju koristeći kod različit od čujuće djece. Naime, dok čujuća djeca koriste fonološki kod za pohranjivanje riječi u kratkoročno pamćenje, djeca s kohlearnim implantatom koriste mnogo općenitije leksičke reprezentacije, za koje se očekuje da budu manje efikasne. Djeca s kohlearnim implantatom vjerojatno nailaze na izazove s leksičkim restrukturiranjem zbog toga što degradirani signal kojeg dobivaju kroz kohlearni implantat otežava postizanje osjetljivosti za fonološke strukture. Što se tiče verbalnog radnog pamćenja, to znači da su ta djeca ograničena u korištenju određenih struktura za kodiranje stavki u memorijski spremnik pa imaju manje učinkovitu pohranu, što podržava osjetilnu teoriju kao objašnjenje za nedostatke verbalnog radnog pamćenja (Nitttrouer i sur. 2017).

Recentna istraživanja iz ovog područja sugeriraju da se nezanemariv dio varijance u jezičnim ishodima nakon kohlearne implantacije kod djece može objasniti kognitivnim čimbenicima odgovornim za efikasnost pohranjivanja i prizivanja informacija ili, preciznije, karakteristikama verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja. I kognitivna i osjetilna teorija temeljene su upravo na pristupu *obrade informacija* i s njim povezanim *radnim pamćenjem*. Radno pamćenje je moždani sustav koji osigurava privremeno skladištenje i manipulaciju informacijama potrebnim za složene kognitivne zadatke kao što su razumijevanje jezika, učenje i rasuđivanje (Baddeley, 2003). Prema Baddeley-ovom višekomponentnom modelu radnog pamćenja (2010), ono sadrži četiri komponente: središnji izvršitelj, vizualno-prostorni ekran, fonološku petlju i epizodni ekran. Središnji izvršitelj zadržava i manipulira informacijama, odgovoran je za kontrolu protoka informacija unutar radnog pamćenja i upravlja izvršnim procesima, kratkoročno pohranjuje

informacije koje prima, obrađuje ih te ovisno o vrsti informacije prosljeđuje u fonološku petlju ili vizualno-prostorni ekran. Vizualno-prostorni ekran (vizualno kratkoročno pamćenje) služi za pohranu vizualnih sadržaja te čuvanje i obradu vizualnih i prostornih informacija. Fonološka petlja (verbalno kratkoročno pamćenje) kodira, pohranjuje i obrađuje fonološke reprezentacije govora te služi kao prolaz između rane senzorne registracije govora – unutarnjeg kodiranja govornog vala od strane slušnog sustava i mnogo trajnijeg slušno-verbalno-lingvističkog fonološkog memorijskog koda za govorne zvukove i govorene riječi, pohranjenog u dugoročnom pamćenju, zbog čega je fonološka petlja ključni čimbenik efikasnosti jezične obrade, verbalnog razvoja i učenja jezika. Epizodni ekran koji služi za integraciju informacija iz verbalnog, vizualnog i dugoročnog pamćenja. Pokazalo se da poremećaji ovih osnovnih komponenti radnog pamćenja negativno utječu na različita područja jezičnog razvoja, uključujući receptivni i ekspresivni rječnik, čitanje, govornu proizvodnju i fonološko procesiranje (Baddeley, 2010).

1.6.1. Karakteristike verbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom

Verbalno radno pamćenje, kao dio radnog pamćenja presudan za razvoj percepcije govora i govornog jezika, u fokusu je novijih istraživanja individualnih razlika među gluhom djecom s kohlearnim implantatom koja su prošla razdoblje slušne deprivacije tijekom ranih godina, kritičnih za razvoj vještina ovisnih o obradi verbalnih informacija (Davidson i sur., 2019; Pisoni i Cleary, 2003; Pisoni i Geers, 2000). Zadaci za procjenu verbalnog radnog pamćenja mogu biti jednostavni poput serijskog ponavljanja brojeva ili riječi što zahtijeva samo pohranu informacija ili složeni poput onih koji zahtijevaju koordinaciju pohrane i obrade informacija (Donolato i sur., 2017), a obično uključuju ponavljanje brojeva, riječi, pseudoriječi i rečenica. Baddeley (2003) navodi da su ponavljanje pseudoriječi i ponavljanje brojeva, kao mjere verbalnog radnog pamćenja, u korelaciji s rječnikom, ali naglašava da ta korelacija ne znači uzročnost: može se pretpostaviti da djeca s bogatim rječnikom mogu koristiti rječničko znanje za pomoć u usvajanju novih riječi i obrnuto – da dobro fonološko pamćenje olakšava usvajanje rječnika. Nadalje, isti autor ističe da odrastanjem taj odnos postaje mnogo uzajamniji, odnosno da dobro fonološko pamćenje pomaže u učenju rječnika, što zauzvrat olakšava ponavljanje nepoznatih pseudoriječi.

Ispitujući hipotezu da se pohrana i obrada u radnom pamćenju mogu mjeriti zasebno pomoću jednog zadatka, Nitttrouer i suradnici (2013) su u ispitivanju verbalnog radnog pamćenja

sudionicima prezentirali tri zatvorena seta riječi s kojima su unaprijed bili upoznati, nakon čega su trebali rasporediti slike tih riječi na ekranu računala redoslijedom kako su ih čuli ili zapamtili. Teškoće u pohrani manipulirane su mijenjanjem fonološke sličnosti riječi jer je pohrana manje učinkovita za fonološki slične, nego različite riječi. Teškoća obrade manipulirana je različitim razredom riječi (imenice naspram pridjeva), jer se imenice slikama mogu prikazati transparentno, a pridjevi ne mogu (na primjer, za pridjev „vruće“ korištena je slika pare koja izlazi iz šalice i slično) pa se na ovaj način došlo do većeg opterećenja obrade pridjeva zbog dužeg vremena potrebnog za pažnju usmjerenu na te stavke. Ovim zadatkom prikupljene su dvije mjere: točnost i brzina ponavljanja. Autori istraživanja pretpostavili su da bi točnost trebala biti siromašnija za riječi koje se rimuju, u usporedbi s riječima koje se ne rimuju jer su riječi koje se rimuju fonološki slične. Također se pretpostavljalo da će točnost biti jednaka za pridjeve i imenice koje se ne rimuju jer su u oba skupa riječi fonološki različite. Druga pretpostavka bila je da će brzina odgovora biti manja za pridjeve, nego za imenice zbog dodatnih opterećenja koje nameću pridjevi. Rezultati istraživanja pokazuju da je točnost prisjećanja bila najlošija za imenice koje se rimuju, a brzina prisjećanja najsporija za pridjeve koji se ne rimuju, pokazujući da se pohranjivanje i obrada mogu zasebno mjeriti unutar jednog zadatka. Djeca s kohlearnim implantatom pokazala su manje točno prisjećanje serijskog redoslijeda, nego djeca s urednim sluhom, ali brzina prisjećanja se nije razlikovala (Nittrouer i sur., 2013).

Isti autori su 2017. godine ispitivali verbalno radno pamćenje čujuće djece i djece s kohlearnim implantatom s tri primarna cilja: 1. ispitivanja opsega i prirode deficita u verbalnom radnom pamćenju; 2. ispitivanja drugih jezičnih čimbenika (fonološka osjetljivost i rječničko znanje) kao potencijalnih prediktora pohrane i procesiranja u verbalnom radnom pamćenju i neverbalnih kognitivnih sposobnosti kao potencijalnih prediktora kapaciteta radnog pamćenja; 3. ispitivanja funkcija jezika i pismenosti (prepoznavanje govora u buci, čitanje riječi i razumijevanje pročitano) za koje se činilo da će biti pod utjecajem nedostataka u verbalnom radnom pamćenju. Rezultati su pokazali da su djeca s kohlearnim implantatom kasnila otprilike 2 godine u razvoju sposobnosti verbalnog radnog pamćenja u odnosu na dobno očekivani rezultat. Prediktori verbalnog radnog pamćenja razlikovali su se među skupinama: fonološka svjesnost objašnjava najviše varijance kod čujuće djece, a razvoj rječnika objašnjava najviše varijance kod djece s kohlearnim implantatima. Autori naglašavaju da nedostaci verbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatima nastaju zbog degradacije signala, što ograničava njihove

sposobnosti stjecanja fonološke svijesti, a to sprječava njihove sposobnosti pohranjivanja stavki pomoću fonološkog koda. Općenito, radno pamćenje i jezične funkcije djece s kohlearnim implantatom su ograničene njihovom slabom osjetljivošću na fonološke strukture, proizašle iz degradiranih signala koje dobivaju putem kohlearnog implantata pa se stoga moraju oslanjati na grublje razine jezične strukture (Nittrouer i sur., 2017).

Ispitujući verbalno radno pamćenje kod djece s kohlearnim implantatom, Davidson i suradnici (2019) također su koristili zadatke koji ispituju i pohranu, i obradu informacija. Za ispitivanje pohrane informacija (jednostavan zadatak) sudionici su gledali niz od dvije do sedam znamenki predstavljenih na ekranu računala, a zatim su ih trebali ponoviti naglas redoslijedom kojim su se pojavile. Za ispitivanje procesiranja informacija (složeni zadatak) sudionici su gledali niz geometrijskih oblika koji su se sastojali od trokuta i krugova; primarni zadatak bio je zapamtiti ukupan broj oblika na zaslonu, a sekundarni zadatak je bio brojati zadane oblike naglas. Skupina čujuće djece nadmašila je skupinu djece s kohlearnim implantatom i na jednostavnim, i na složenim zadacima verbalnog radnog pamćenja, podupirući hipotezu postojanja nedostataka u pohranjivanju i obradi informacija u verbalnoj domeni u ovoj skupini djece. Ovakvi rezultati sugeriraju da su deficiti radnog pamćenja kod djece s kohlearnim implantatom povezani s nedostacima u kodiranju, pohranjivanju i manipuliranju izgovorenim verbalnim informacijama.

Verbalno radno pamćenje najčešće se testira zadatkom koji uključuje prisjećanje nizova znamenki (Donolato i sur., 2017). U tu se svrhu obično koristi Test pamćenja brojeva (Digit Span Test, WISC-III subtest, Wechsler, 1991) – neurokognitivna mjera kapaciteta obrade informacija koja direktno odražava procese verbalnog radnog pamćenja i radnog pamćenja. To je jednostavan i često korišten zadatak u kojem ispitanik sluša listu brojeva koje treba ponoviti pravilnim redoslijedom. Svaka duljina znamenki ima dva niza brojeva koji se, počevši od dužine do dvije znamenke, povećavaju za jednu znamenku nakon svakog uspješnog ponavljanja barem jednog popisa u zadanoj duljini. Testiranje se prekida kada sudionik pogrešno ponovi dva popisa u istom dužini, a rezultat se pretvara u skalirani rezultat na temelju normi primjerenih dobi (Wechsler, 1991). Pamćenje brojeva odvija se naprijed i natrag. Za raspon prema naprijed potrebno je jednostavno ponavljanje niza znamenki, dok je za raspon prema natrag potrebno ponavljanje znamenki obrnutim redoslijedom. Donolato i suradnici (2017) navode različite izvore koji su ustanovili da je izvedba obično lošija u verziji zadatka unatrag, zbog toga što ona zahtijeva veći kognitivni napor.

Test pamćenja brojeva često je korišten za ispitivanje verbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom (Burkholder i Pisoni, 2003; Geers i sur., 2014; Harris i Terlektsi, 2011; Pisoni i Cleary, 2003). Temeljem njegove primjene primijećeno je da ta djeca, kao i čujuća djeca, u prosjeku pamte duže nizove znamenki prema naprijed, nego prema natrag, te da su prosječni rasponi djece s kohlearnim implantatima osjetno kraći u odnosu na norme i u verziji prema naprijed (Geers i sur., 2013; Harris i Terlektsi 2011; Pisoni i Cleary, 2003), i u verziji prema natrag (Harris i Terlektsi 2011; Pisoni i Cleary, 2003), što je posebno izraženo u rasponu pamćenja znamenki prema naprijed, sugerirajući atipični razvoj kapaciteta kratkoročnog pamćenja u djece s kohlearnim implantatima i moguće razlike naspram čujućih vršnjaka u temeljnim mehanizmima kodiranja i održavanja sekvenci izgovorenih znamenki u neposrednom pamćenju (Pisoni i Cleary, 2003).

Burkholder i Pisoni (2003) analizirali su pogreške tijekom prisjećanja raspona znamenki naprijed i natrag koje rade pedijatrijski korisnici kohlearnih implantata i vršnjaci urednog sluha. Klasifikacija pogrešaka napravljena je na sljedeći način: stavke, redoslijed, izostavljanje ili kombinacija pogrešaka. Djeca koja koriste kohlearne implantate činila su više pogrešaka u zadacima pamćenja raspona znamenki, nego djeca urednog sluha. Međutim, obrasci pogrešaka su slični u obje skupine djece: najčešće su pogreške u redoslijedu, osobito pri prisjećanju raspona znamenki unatrag. Autori zaključuju da, iako djeca s kohlearnim implantatima primaju degradirane slušne podražaje, na njihovo pamćenje raspona znamenki više utječu pogreške u zadržavanju sekvencijalnih informacija o redoslijedu, nego perceptivne pogreške pojedinačnih stavki.

Navedena istraživanja impliciraju da prelingvalno gluha djeca kojoj je ugrađen kohlearni implantat pokazuju nedostatke u verbalnom radnom pamćenju u odnosu na čujuće vršnjake bez obzira na vrstu zadataka kojima je ono ispitivano. Odgovor na pitanje imaju li ova djeca problem u pohrani verbalnih informacija u radnom pamćenju ili je problem prisutan i u obradi verbalnih informacija, na osnovu dosadašnjih istraživanja nije jednoznačan pa su potrebna daljnja istraživanja, kako bi se bolje spoznali neurokognitivni čimbenici jezičnih ishoda nakon kohlearne implantacije.

1.6.2. *Karakteristike neverbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom*

Kako bi se prikupili dokazi za snažniju argumentaciju kognitivne ili osjetilne teorije daljnja su se istraživanja još detaljnije usmjeravala na model radnog pamćenja koji je predložio Baddeley (2010), s fokusom na neverbalno (vizualno-prostorno) radno pamćenje koje neki autori navode kao inferiorno kod djece s kohlearnim implantatom, u usporedbi s čujućim vršnjacima (AuBuchon i sur., 2015; Harris i sur., 2013; Kronenbergeri sur., 2014; Pisoni i sur., 2011). Međutim, neki autori (Conway i sur., 2011; Davidson i sur., 2019) smatraju da tumačenje ove tvrdnje zahtijeva oprez jer se čini da se kombinirani učinci rane slušne deprivacije i teškoća fonološke obrade govornog signala (zbog nemogućnosti govornih procesora kohlearnih implantata da mozgu prenesu spektralno odgovarajući signal) ipak različito odražavaju na radno pamćenje njihovih pedijatrijskih korisnika. Ovi autori smatraju da se slabe vještine radnog pamćenja najprije odnose na njegov verbalni aspekt (kodiranje, pohranu i manipulaciju verbalnih informacija), čak i uz dobru čujnost, dok u vizualno-prostornom aspektu (pohrani i obradi neverbalnih informacija) djeca korisnici kohlearnih implantata pokazuju vještine podudarne čujućim vršnjacima. Prema tome, moguće je da drugačija organizacija radnog pamćenja kod djece s kohlearnim implantatima zapravo nije isključiva posljedica rane slušne deprivacije, već da u njenoj verbalnoj komponenti proizlazi iz teškoća s kodiranjem govornih zvukova, a u neverbalnoj komponenti iz verbalne medijacije vizualnih informacija čije se procesiranje promatra (primjerice verbalno enkodiranje brojeva ili boja u zadacima radnog pamćenja); kada se verbalne medijacije vizualnih informacija kontrolira, izvedba neverbalnih zadataka djece korisnika kohlearnih implantata postaje bolja (Davidson i sur., 2019). Upravo stoga je važno u procjeni vizualno-prostornog (neverbalnog) radnog pamćenja osiguravanje da je zadatak eliminirao mogućnost verbalne medijacije jer se u tom slučaju djeca mogu služiti subvokalnim ponavljanjem kako bi pomogla zadržavanje informacija u radnom pamćenju te u njihov opoziv. Ako su prisutne mogućnosti verbalnog kodiranja, procjena neverbalnog radnog pamćenja može biti ugrožena (Davidson i sur., 2019), što je mogući slučaj u brojnim dosadašnjim istraživanjima neverbalnog radnog pamćenja kod djece s kohlearnim implantatom.

Naime, ranija su ispitivanja vizualnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom koristila vizualno-prostorne znakove (svjetla različitih boja na ekranu) i vizualno-prostorne znakove zajedno s auditivnim signalom (Cleary i sur., 2001; Pisoni i Cleary, 2004; Pisoni i Geers, 2000).

U tim su ispitivanjima djeca s kohlearnim implantatom kao skupina postigla slabije rezultate od čujuće djece, čak i kada su u zadacima pamćenja korišteni samo vizualno-prostorni podražaji; međutim, ovi su podražaji u određenim zadacima uključivali lingvističko (verbalno) označavanje pa su korisnici kohlearnog implantata u rješavanju zadatka mogli pokušati kodirati sekvence „samo svjetla“, koristeći verbalna imena za osvijetljene boje. Slično, u nekim su istraživanjima (Harris i Moreno, 2004) za ispitivanje neverbalnog radnog pamćenja korištene slike predmeta, a takvi zadatci također sadrže mogućnost prikrivenog verbalnog kodiranja vizualnih sekvenci pa, u tom svjetlu, možda i nije iznenađujuće da su djeca s kohlearnim implantatom postizala slabije rezultate od čujućih vršnjaka.

Iz prethodno navedenih razloga Davidson i suradnici (2019) su u istraživanju vizualno-prostornog (neverbalnog) radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom posebnu pozornost usmjerili na odabir zadatka bez verbalnog kodiranja. U jednostavnim zadacima vizualnog radnog pamćenja (ispitivanje pohrane informacija) sudionici su gledali računalni zaslon s mrežom 4×4 i trebali dodirnuti mjesto gdje je crveni krug na mreži, nakon čega bi krug nestao, a predstavljen je još jedan zaslon s krugom na drugom mjestu mreže. Sudionicima je rečeno da se sjećaju mjesta kruga za svaki zaslon i zatim na slijedećem zaslonu dodirnu mjesta krugova na mreži redoslijedom kojim su se pojavili. Broj mjesta koja treba pamtit i kretao se od dva do sedam. U složenim zadacima (ispitivanje procesiranja informacija) sudionici su gledali računalni zaslon s različitim geometrijskim oblicima smještenim u mrežu 4×4 . Primarni zadatak je bio zapamtiti mjesto „dodirnutih oblika“, a sekundarni „pronaći i dotaknuti“ oblik koji ne pripada. Rezultat djece s kohlearnim implantatom na mjerama vizualno-prostornog radnog pamćenja bio je sličan čujućim vršnjacima. Slične rezultate dobili su Lyxell i suradnici (2008), koji su za ispitivanje vizualno-prostornog radnog pamćenja koristili jednostavne zadatke kojima je ispitivana pohrana neverbalnih informacija, a koji su kreirani na način da je izbjegnuto verbalno kodiranje: obrazac popunjenih ćelija u matrici prikazivao se dvije sekunde na ekranu računala, a zadatak je bio ponoviti uzorak ispunjenih ćelija u praznoj matrici.

Jedan od načina ispitivanja neverbalnog, vizualnog radnog pamćenja kojim se izbjegava mogućnost transformacije vizualno prezentiranih čestica (slike, brojevi, boje) u fonološki kod subvokalnim ponavljanjem je Corsi Block-Tapping Task (Kessel i sur., 2000). Sastoji se od 9 kocaka nasumično postavljenih na ploči, a zadatak sudionika testa je pokazati kocke

redosljedom koji je zadao ispitivač (za ispitivanje pohrane neverbalnih podataka) ili obrnutim redosljedom (za ispitivanje obrade neverbalnih podataka). Huber i Kipman (2012) koristili su CorsiBlock-TappingTask za usporedbu kognitivnih izvedbi 40 djece s kohlearnim implantatima i 40 čujuće djece te ustanovili jednako dobro vizualno-prostorno radno pamćenje u obje ispitivane skupine, a McSweeny i suradnici (2021) su izvijestili da djeca s bilateralnim kohlearnim implantatima pokazuju istovjetne rezultate čujućim vršnjacima i u pohrani, i u obradi neverbalnih informacija ispitivanih pomoću Corsi Block-Tapping Task.

Navedena su istraživanja istaknula kako ima razloga za zaključak da rana slušna deprivacija ne utječe općenito na kognitivni potencijal djece s kohlearnim implantatima, već da ta tehnologija nije dovoljna pomoć učenju govornog jezika, zbog čega je njihova izvedba na kognitivnim zadacima koji su verbalno zasićeni ili se posredno oslanjaju na verbalne vještine – lošija od čujućih vršnjaka; ako se verbalni aspekt izuzme iz kognitivnih zadataka, izvedba djece s kohlearnim implantatima postaje usporediva s onom kod čujućih vršnjaka (Castellanos i sur., 2015; Davidson i sur., 2019; von KossTorkildsen i sur., 2018). U tom smislu, istraživanja neverbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatima doprinose osjetilnoj teoriji o još uvijek nedostatnoj rezoluciji signala iz njihovih uređaja uslijed koje dolazi do slabijeg razvoja fonološke svijenosti.

1.6.3. Povezanost radnog pamćenja i jezika djece s kohlearnim implantatom

Jezik je osnovni alat za razvoj kognitivnih funkcija kao što su kratkoročno pamćenje, rasuđivanje i izvršno funkcioniranje (Petersen i sur., 2013). S druge strane, temelj za jezične procese je radno pamćenje jer omogućuje privremenu pohranu i manipulaciju fonološkim informacijama koje su ključne za razumijevanje i proizvodnju govora (Baddeley, 2003). Prema teoriji dvosmjernog odnosa jezika i radnog pamćenja, jezični razvoj omogućuje bolje procesiranje i manipulaciju fonološkim informacijama, dok dobro razvijeno radno pamćenje ubrzava razvoj složenih jezičnih vještina (Gathercole i Baddeley, 2014). Ovo je posebno važno kod djece s kohlearnim implantatom, gdje se oba procesa odvijaju u kontekstu prilagodbe na umjetni slušni unos. Naime, kohlearna implantacija, osim učinka na govornu percepciju i jezične vještine, također uzrokuje promjene u neurokognitivnim sposobnostima jer se nijedan dio mozga ne razvija niti djeluje

potpuno izolirano, a promjene u ranom iskustvu i funkcioniranju u jednom dijelu mozga utječu na razvoj drugih neurokognitivnih sposobnosti i funkcija mozga (Kral i sur., 2016). Kod djece s kohlearnim implantatom, zbog promjena u fonološkim reprezentacijama uslijed nedovoljno jasnog senzornog unosa, verbalno procesiranje zahtijeva dodatni napor, što stavlja veći teret na radno pamćenje u usporedbi s djecom urednog sluha (Kronenberger i sur., 2014). Kapacitet radnog pamćenja značajno utječe na razumijevanje jezika – djeca s većim kapacitetom imaju bolje sposobnosti obrade jezika, osobito u nepovoljnim ili složenim slušnim okruženjima (Arlinger i sur., 2009). Istraživanja pokazuju da djeca s kohlearnim implantatom često imaju niži kapacitet verbalnog radnog pamćenja u usporedbi s uredno čujućim vršnjacima, što može biti prediktor kašnjenja u govornoj percepciji i jezičnim vještinama (Nitttrouer i sur., 2013; Pisoni i sur. 2011). Kapacitet verbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom u brojnim je istraživanjima procjenjivan pomoću testa pamćenja nizova znamenki unaprijed, čiji su rezultati pokazali značajnu povezanost ove mjere s jezično-govornim ishodima (Harris i sur., 2013; Pisoni i sur. 2011; Pisoni i Cleary, 2003). Razlike u izvedbi djece s kohlearnim implantatom i čujućih vršnjaka na jezičnim mjerama mogu odražavati temeljne razlike u brzini i učinkovitosti elementarnih operacija obrade informacija korištenih u kodiranju, pronalaženju i manipulaciji fonološkim prikazima izgovorenih riječi Pisoni i Geers (2000). Osim slabijeg kapaciteta Davidson i suradnici (2019), te Khoramian i Soleymani (2018) upozoravaju i na atipičnost verbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom, jer su ustanovili povezanost između pohrane verbalnih informacija i receptivnog rječnika, ali ne i između procesiranja informacija i jezičnih ishoda. Nalazi longitudinalnog istraživanja povezanosti radnog pamćenja (mjerenog rasponom pamćenja brojeva) i jezičnih ishoda kod djece s kohlearnim implantatom kojeg su proveli Harris i Terlektsi (2011) sugeriraju da razlike u brzini razvoja radnog pamćenja mogu utjecati na jezično-govorne ishode djece s kohlearnim implantatom. Klinička implikacija ovog istraživanja značajna je jer ukazuje da stopa razvoja radnog pamćenja, a ne samo njegova stvarna razina u jednom vremenskom trenutku, može predviđati kasniji jezično-govorni razvoj djece s kohlearnim implantatom. Istraživanja povezanosti kapaciteta verbalnog radnog pamćenja i jezičnih vještina kod djece s kohlearnim implantatom često koriste zadatke pamćenja pseudoriječi kao mjernu metodu za procjenu fonološke petlje, ključne komponente radnog pamćenja. Pseudoriječi predstavljaju fonološke konstrukcije koje nemaju značenje, ali zadržavaju strukturalnu sličnost s jezičnim jedinicama, čime omogućuju izolaciju kapaciteta

fonološke obrade od utjecaja postojećeg rječnika (Gathercole i Baddeley, 2014). Značaj ove mjere leži u njenoj povezanosti s različitim jezičnim aspektima. Utvrđeno je da je kapacitet pamćenja pseudoriječi kod djece s kohlearnim implantatom snažno povezan s receptivnim i ekspresivnim jezičnim vještinama, uključujući gramatiku i sposobnost učenja novih riječi, te da ova djeca postižu slabije rezultate u zadacima pamćenja pseudoriječi u usporedbi s čujućim vršnjacima, što je povezano s ograničenim fonološkim reprezentacijama (Willstedt-Svensson i sur., 2004). Osim toga, Wass i suradnici (2008) primijetili su da slabije izvedbe u pamćenju pseudoriječi ukazuju na teškoće u fonološkoj obradi, osobito kod složenijih fonoloških podražaja, što potvrđuje ključnu ulogu fonološke petlje u procesu stjecanja i upotrebe jezika kod djece s kohlearnim implantatom. Nitttrouer i suradnici (2017) ukazuju da postoji mogućnost da su varijabilnost u razvoju rječnika i radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom povezani s istim pozadinskim čimbenikom – jasnoćom signala iz kohlearnog implantata čija vjerodostojnost može objasniti i veličinu rječnika, i kapacitet verbalnog radnog pamćenja, odnosno kratkoročnu i dugoročnu pohranu riječi.

Osim doprinosa verbalnog radnog pamćenja jezičnim ishodima nakon kohlearne implantacije, istraživao je i doprinos neverbalnog (vizuoprostornog) radnog pamćenja. Rezultati tih istraživanja pokazuju određenu oprečnost. Davidson i suradnici (2019) primijetili su da vizualno radno pamćenje nije usko povezano s jezičnim ishodima, posebice receptivnim rječnikom, kao što je to slučaj s verbalnim radnim pamćenjem. Ovo je u suprotnosti s ranijim istraživanjima, koja su pokazala da je neverbalno (vizuoprostorno) radno pamćenje snažan prediktor varijance u receptivnim jezičnim sposobnostima poput sintakse, jezičnih koncepata i vrsta riječi kod djece s kohlearnim implantatom (Dawson i sur., 2002). Značajna povezanost između neverbalnog (vizuoprostornog) pamćenja i jezičnih ishoda, uključujući vokabular, fonološko procesiranje i čitanje, potvrđena je i u istraživanju Edwards i Anderson (2014). Oni naglašavaju da vizualni testovi mogu pružiti korisne informacije za prepoznavanje djece koja su u riziku od lošeg jezičnog napretka nakon kohlearne implantacije. Njihovi nalazi pokazuju da je kombinacija opsega vizualnog pamćenja i mjera vizualnog sekvencionalnog zaključivanja povećala objašnjivu varijancu u jezičnim ishodima za oko 20%. Isto istraživanje sugerira da lošiji rezultati na neverbalnim testovima mogu biti znak za daljnju procjenu sposobnosti obrade informacija, kako bi se identificirala specifična područja poteškoća. U kliničkom okruženju, procjena raspona vizualnog pamćenja i sposobnosti vizualnog sekvencionalnog zaključivanja može pružiti korisne

informacije o riziku kasnijeg lošeg napretka u razvoju fonološke obrade, jezika i vještina opismenjavanja, posebice prije nego dijete razvije sposobnosti govornog jezika. Nadalje, u slučajevima kada dijete neočekivano loše napreduje nakon implantacije, a još uvijek ne može riješiti tradicionalnije verbalne procjene, procjena vještina vizualne obrade informacija može biti izuzetno korisna (Edwards i Anderson, 2014).

Navedena istraživanja o povezanosti radnog pamćenja i jezičnih ishoda nakon kohlearne implantacije u pedijatrijskoj populaciji potvrđuju tezu Fagan i suradnika (2007) da pojedinačne razlike u mjerama jezično-govornih ishoda nisu anomalne, misteriozne ili idiopatske, već predstavljaju izvore varijabilnosti u temeljnim neurokognitivnim procesima koji su u osnovi svih konvencionalnih mjera jezično-govornih ishoda.

1.7. Predmet istraživanja

Iako osobni, audiološki i habilitacijski čimbenici igraju važnu ulogu u razumijevanju prirode varijacija u jezičnim ishodima djece s kohlearnim implantatom, oni još uvijek ne mogu u potpunosti objasniti veliku varijabilnost u njihovom jezičnom razumijevanju. Stoga je potrebno spoznati druge potencijalne izvore varijance, poput onih koji proizlaze iz kognitivnih procesa poput pamćenja. Bez spoznaje temeljnih senzornih i kognitivnih osnova individualnih razlika u jezičnim ishodima, i dalje ćemo se suočavati sa značajnim izazovima u dijagnostici, liječenju i ranom prepoznavanju gluhe djece koja mogu biti izložena velikom riziku kašnjenja razvoja govora i jezika nakon implantacije, a spomenute spoznaje također će igrati važnu ulogu u razvoju novih intervencija nakon implantacije u terminima odabira specifičnih metoda za habilitaciju koje su posebno usmjerene individualno na svako dijete, na njegove sposobnosti, slabosti i prekretnice (Pisoni i sur., 2016).

Prema tome, istraživanja uzroka raznolikosti u jezičnim ishodima djece s kohlearnim implantatom trebaju obuhvatiti sve čimbenike koji su ranije otkriveni kao bitni za predikciju izraženosti komunikacijskih, slušnih, jezičnih, govornih, socio-emocionalnih i obrazovnih posljedica oštećenja sluha nakon intervencije kohlearnim implantatima, ali i one na koje su uputila recentna istraživanja kognitivnih procesa kod djece s kohlearnim implantatima. Istovremeno, potrebno je promatrati njihov sinergijski učinak kroz testiranje prediktivnog

modela specifičnih kognitivnih čimbenika (preciznije verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja), slušnih i s njima povezanih jezičnih iskustava koje omogućava kohlearni implantat te osobnih, okolnih, audioloških i rehabilitacijskih varijabli. Nastavak istraživanja novih modela predikcije receptivnih jezičnih vještina djece s kohlearnim implantatom pruža nekoliko znanstvenih i kliničkih dobrobiti: pridonosi prikupljanju novih dokaza za osjetilnu ili kognitivnu teoriju varijabilnosti jezičnih ishoda nakon kohlearne implantacije utvrđivanjem odnosa verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja, te receptivnih jezičnih vještina djece s kohlearnim implantatom; unapređuje znanstvene spoznaje vezane uz vrednovanje postojećih objašnjenja za slabija jezična znanja djece s kohlearnim implantatom u odnosu na čujuće vršnjake; upućuje na varijable relevantne za razvoj receptivnih jezičnih vještina nakon kohlearne implantacije, odnosno upućuje na specifičnosti o kojima ovisi uspjeh u razvoju govorenog jezika u ovoj populaciji. Razumijevanje razloga specifičnosti u razvoju govorenog jezika uslijed specifičnog sudjelovanja svih spomenutih čimbenika kod djece koja koriste kohlearni implantat mogu pomoći usavršavanju tih uređaja, ubrzati formiranje odluka optimalnim načinima najranije stimulacije slušnih centara u mozgu, o specifičnostima jezične intervencije sukladno obilježjima funkcije verbalnog radnog pamćenja, o načinima uključivanja obitelji u rehabilitaciju s ciljem maksimizacije prirodnog ranog jezičnog unosa te o otkrivanju pojedinaca kod kojih se već vrlo rano može uočiti kašnjenja u jezičnim ishodima nakon implantacije, zbog kojih treba činiti promjene u intervenciji.

1.8. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je utvrditi koji do sada predloženi pojedinačni kognitivni, demografski, audiološki i rehabilitacijski čimbenici nude optimalan multivarijatni model predikcije vještina receptivnog jezika prirođeno teško nagluhe ili gluhe djece s kohlearnim implantatima. Za ispunjenje definiranog cilja standardiziranim mjernim instrumentima u skupini djece s kohlearnim implantatom i skupini čujuće djece ispitana je i uspoređena razina receptivnog i ekspresivnog jezika te vještine verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja. Nadalje su ispitane osobitosti verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja te njihov doprinos varijabilnosti u jezičnim ishodima kod djece korisnika kohlearnih implantata, u zajedništvu s do sada utvrđenim osobnim, audiološkim i rehabilitacijskim čimbenicima.

2. PROBLEMI ISTRAŽIVANJA

Temeljem izloženih dosadašnjih spoznaja o odrednicama varijabilnosti jezično-govornih ishoda pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata, kroz sljedeća su pitanja oblikovani i problemi istraživanja:

- 1) pokazuju li djeca koja koriste kohlearni implantat slabije vještine verbalnog radnog pamćenja, nego čujućí vršnjaci?
- 2) pokazuju li djeca koja koriste kohlearne implantate slabije vještine neverbalnog radnog pamćenja, nego čujućí vršnjaci?
- 3) ako djeca koja koriste kohlearni implantat pokazuju osobitosti vještina verbalnog radnog pamćenja i neverbalnog radnog pamćenja u odnosu na čujuće vršnjake, jesu li te osobitosti posljedica teškoća u pohrani informacija ili u njihovoj obradi?

Razlozi definiranja treće točke problema istraživanja su sljedeći:

- a) ako su osobitosti radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom posljedica slabije pohrane verbalnih informacija, onda je znanstvena vrijednost ovog istraživanja doprinos takozvanoj *osjetilnoj teoriji*, prema kojoj su slabosti radnog pamćenja pedijatrijskih

- korisnika kohlearnih implantata posljedica slabije rezolucije signala iz kohlearnih implantata koja interferira s fonološkim reprezentacijama govornih signala;
- b) ako su osobitosti radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatima istovremeno posljedica slabije pohrane i obrade verbalnih informacija, onda je znanstvena vrijednost ovog istraživanja doprinos takozvanoj *kognitivnoj teoriji*, prema kojoj su slabosti radnog pamćenja pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata posljedica rane slušne deprivacije;
 - c) ako se pedijatrijski korisnici kohlearnih implantata u vještinama neverbalnog radnog pamćenja ne razlikuju od čujućih vršnjaka ili ako je neverbalno radno pamćenje djece s kohlearnim implantatom bolje od njihovog verbalnog radnog pamćenja, onda se slabo verbalno radno pamćenje te djece također može objašnjavati ranom slušnom/jezičnom deprivacijom, ali na način širi od kognitivne teorije – nerazvijenošću specifičnih strategija za složenu obradu jezično-govornih informacija, ali ne općenito drugačijem kognitivnom ustroju radnog pamćenja. Naime, sličnosti u vještinama neverbalnog radnog pamćenja pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata i njihovih čujućih vršnjaka mogle bi imati objašnjenje šire od osjetilne teorije: ne samo necjelovitim slušnim inputom, već i općenitim problemom pristupu jeziku. Drugim riječima, dok se osjetilna teorija u rješavanju problema ograničenosti slušnog unosa usmjerava na kompenzaciju (na primjer na veći naglasak na vizualnom kanalu u usvajanju jezika ili vježbanje vještina radnog pamćenja), postavlja se pitanje je li to dovoljno ili treba razmišljati šire – o dvojezičnoj habilitaciji? Uz ovakav mogući rezultat istraživanja, njegova znanstvena vrijednost može biti doprinos dvojezičnoj odgojno-obrazovnoj struji u habilitaciji djece s prirođenim ili rano stečenim oštećenjem sluha;
 - d) ako je, u usporedbi s čujućim vršnjacima, neverbalno radno pamćenje pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata slabije ili jednako slabo kao njihovo verbalno radno pamćenje, onda je znanstvena vrijednost ovog istraživanja ponovno doprinos kognitivnoj teoriji jer se u tom slučaju čini da su slabosti radnog pamćenja pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata posljedica rane slušne/jezične deprivacije.

3. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

U skladu s problemima istraživanja, postavljene su sljedeće pretpostavke istraživanja:

H1: Djeca s kohlearnim implantatom imat će značajno slabije rezultate na standardiziranim mjerama receptivnog jezika od čujućih vršnjaka.

H2: Djeca s kohlearnim implantatom imat će značajno slabije vještine verbalnog radnog pamćenja od čujućih vršnjaka.

H3: Djeca s kohlearnim implantatom imat će značajno slabije vještine neverbalnog radnog pamćenja od čujućih vršnjaka.

H4: Djeca s kohlearnim implantatom imat će značajno bolju razvijenost vještina neverbalnog radnog pamćenja nego verbalnog radnog pamćenja

H5: Djeca s kohlearnim implantatom imat će značajno slabiju razvijenost vještina radnog pamćenja u domeni obrade, nego u domeni pohrane verbalnih i neverbalnih informacija.

H6: Kognitivne vještine radnog pamćenja daju značajno veći doprinos predikciji receptivnih jezičnih vještina djece s kohlearnim implantatom, nego njihove demografske, audiološke i rehabilitacijske osobine.

4. METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. Uzorak ispitanika

Iako je oštećenje sluha jedna od najčešćih prirođenih osjetilnih teškoća, teško, prirođeno ili rano stečeno obostrano oštećenje sluha relativno je niske incidencije, a populacija potencijalnih sudionika istraživanja geografski raspršena pa se u prikupljanju podataka orijentiralo na područje cijele Republike Hrvatske te na dio Bosne i Hercegovine u kojem se govori standardnim hrvatskim jezikom (Hercegovačko-neretvanska županija i Županija Zapadnohercegovačka).

U istraživanju je sudjelovalo 35 djece (16 dječaka i 19 djevojčica) s kohlearnim implantatom (6,0 do 15,9 godina; $M=10,7$, $SD=3,16$) i 23 čujuća djeteta (11 dječaka i 12 djevojčica) (6,0 do 15,3 godina; $M=10,2$, $SD=3,17$). Skupina čujuće djece izjednačena je sa skupinom djece korisnika kohlearnih implantata po spolu i dobi. Izjednačavanje po dobi je napravljeno na način da je za dvoje ili više djece s kohlearnim implantatom koji su bili iste dobi upareno jedno čujuće dijete iste dobi ili do 6 mjeseci mlađe (vidi *prilog* na kraju rada). Svi sudionici istraživanja imali su uredan neverbalni kvocijent inteligencije, što je potvrđeno psihološkim ispitivanjem Ravenovim progresivnim matricama zbog utjecaja inteligencije na jezične ishode (Bavin i sur., 2018; Dawson i su., 2002; Geers i Sedey, 2011; Holt i Kirk, 2005).

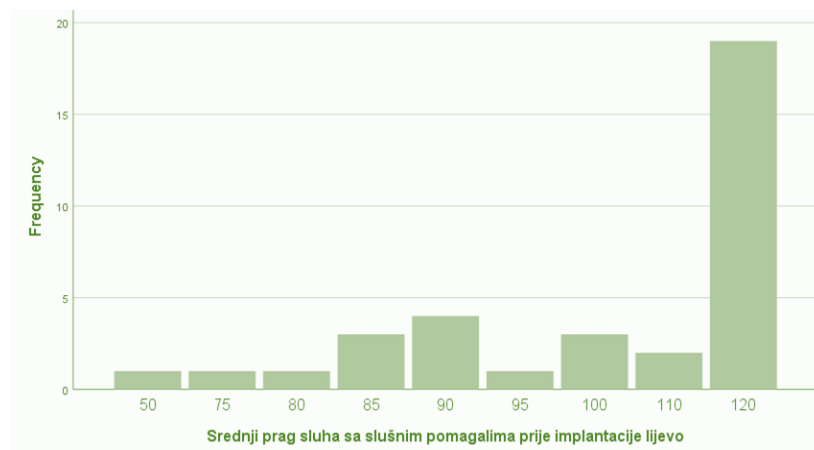
Kriteriji odabira skupine djece s kohlearnim implantatom bili su: kronološka dob od 6 do 15 godina (osnovnoškolska dob); prirođena gluhoća; kohlearni implant ugrađen prije 4. godine života; komunikacija govorenim jezikom (oralna komunikacija); uključenost u redovni obrazovni program; uredna neverbalna inteligencija; nepostojanje drugih teškoća.

Kriterij osnovnoškolske dobi odabran je jer se u toj dobi jezični ishodi već trebaju izjednačiti ili barem približiti čujućim vršnjacima (Boons i sur., 2012; Dunn i sur., 2014; Geers, 2004; Nicholas i Geers, 2006; Nicholas i Geers, 2007; Nicholas i Geers, 2013; Tobey i sur., 2013). S obzirom da je populacija djece s oštećenjem sluha izrazito heterogena, sudionici istraživanja homogenizirani su odabirom samo onih, kod kojih je gluhoća nastupila prelingvalno. Kriterijima rane implantacije (prije 4. godine života),oralne komunikacije, uključenosti u redovni obrazovni program, uredne neverbalne inteligencije te nepostojanja drugih teškoća nastojalo se obuhvatiti djecu s najboljim predispozicijama za dobre jezične ishode nakon kohlearne implantacije.

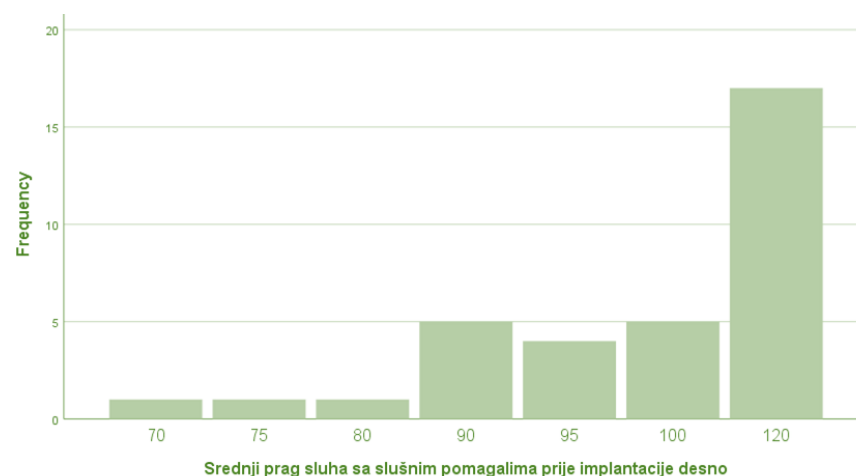
Svi sudionici istraživanja s oštećenjem sluha opremljeni su suvremenim sustavima kohlearnih implantata tvrtki Cochlear i Med-el. Korisnici kohlearnih implantata tvrtke Cochlear opremljeni su unutarnjim implantatima Freedom CI24RE, CI422 i CI512 te procesorima govora Nucleus 6 (CP910 i CP920) i CP850, koji koriste naprednu strategiju procesiranja govora ACE. Korisnici sustava kohlearnih implantata tvrtke Med-el opremljeni su unutarnjim implantatima Pulsar, Maestro I Sonata te procesorima govora Opus 1, Opus 2, Sonnet i Rondo, koji također koriste suvremenu strategiju procesiranja govora FSP. Sudionici koriste višekanalne kohlearne implantate s 12 (Med-el) i 24 (Cochlear) elektrode, čije su sve elektrode bile aktivne. Programiranje govornih procesora njihovih kohlearnih implanata provođeno je redovito, jednom do dva puta godišnje. Prema izvješću roditelja, aktivno koriste uređaj sve budne sate. Većina ili 27 (82%) sudionika opremljeno je samo jednim kohlearnim implantatom, četiri sudionika imaju kohlearne implantate na oba uha, dok četiri sudionika uz kohlearni implantat koriste i slušno pomagalo.

Iz priloženih nalaza tonske audiometrije prije implantacije za svakog je sudionika izračunat srednji prag čujnosti tonova uz dodijeljeno slušno pomagalo na frekvencijama značajnim za razvoj jezika i govora (500, 1000, 2000 i 4000 Hz), posebno za lijevo i desno uho. Audiometrijski nalazi prije implantacije pokazuju postojanje gluhoće (90+ dB na četiri govorne

frekvencije) kod većine (preko 80%) sudionika i teškog oštećenja sluha (60 do 90 dB na četiri govorne frekvencije) kod ostalih, bez obzira na dodijeljeno slušno pomagalo (Grafički prikaz 1. i 2.)



Grafički prikaz 1. Srednji prag čujnosti tonova uz dodijeljeno slušno pomagalo za lijevo uho



Grafički prikaz 2. Srednji prag čujnosti tonova uz dodijeljeno slušno pomagalo za desno uho

U Tablici 2 prikazani su podaci o slušanju s kohlearnim implantatima prikupljeni iz medicinske dokumentacije: srednji prag sluha, dob implantacije i trajanje čujnosti. Pragovi sluha nakon implantacije koriste se za provjeru mogućnosti kohlearnog implantata da osigura pristup govornom zvuku tihe razine u frekvencijskom rasponu od 500 do 4000 Hz. Prosječan srednji

prag sluha na implantiranom uhu iznosio je 35 dB. Najniža dob implantacije je 14 mjeseci, a najviša 44 mjeseca. Prosječna dob implantacije je 27 mjeseci (2 godine i 3 mjeseca). Prosječna duljina čujnosti računa se od datuma prvog uključivanja govornog procesora kohlearnog implantata (otprilike 4 tjedna nakon kohlearne implantacije) do dobi u vrijeme ispitivanja i ona u ovoj skupini sudionika iznosi 8 godina i 3 mjeseca, s najmanjim trajanjem čujnosti 3 godine i 11 mjeseci, a najvišim 13 godina i 6 mjeseci.

Tablica 2. Podaci o slušanju s kohlearnim implantatom

	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Srednja vrijednost	Standardna devijacija
Srednji prag sluha na implantiranom uhu	20	50	35,5	6,90
Dob implantacije u mjesecima	14	44	26,8	7,58
Trajanje korištenja kohlearnog implantata u godinama	3,11	13,60	8,37	3,27

Na osnovu zadnjeg priloženog nalaza tonske audiometrije, za svakog je sudionika s oštećenjem sluha izračunat srednji prag čujnosti tonova u užem govornom frekvencijskom području na implantiranom uhu, a za djecu koja koriste dva implantata u obzir je uzet podatak za bolje uho. Više od polovice ispitanika (51,5 %) uz pomoć kohlearnog implantata na boljem uhu postiže čujnost na razini umjerene naglušosti (40 do 50 dB) dok preostalih 48,5 % ima razinu čujnosti s kohlearnim implantatom od 20 do 40 dB, što predstavlja blagu naglušost (Tablica 3).

Tablica 3. Srednji prag sluha na implantiranom uhu

Srednji prag sluha na implantiranom uhu (u dB)	Frekvencija	%
20	1	2,9
25	1	2,9
30	15	42,9
40	14	40,0
45	3	8,6
50	1	2,9

Iz Tablica 4 i 5 je vidljivo da je 40,1% sudionika implantirano u drugoj godini života. Najveći broj djece, njih 48,8% implantirano je u trećoj godini, a samo 4 djece (11,5%) u četvrtoj godini života. Najniža dob implantacije je 14 mjeseci, a najviša 44 mjeseca.

Tablica 4. Frekvencija dobi kohlearne implantacije

Dob implantacije (mjeseci)	Frekvencija	%
14	1	2,9
15	2	5,7
16	1	2,9
17	2	5,7
20	1	2,9
21	2	5,7
23	1	2,9
24	4	11,4
25	3	8,6
26	3	8,6
27	1	2,9
28	2	5,7
31	3	8,6
32	1	2,9
33	3	8,6
36	1	2,9
39	1	2,9
42	2	5,7
44	1	2,9
Ukupno	35	100,0

Tablica 5. Frekvencija trajanja čujnosti s kohlearnim implantatima

Trajanje korištenja kohlearnog implantata (godine)	Frekvencija	%
3,11	3	8,6
3,90	1	2,9
4,50	1	2,9
5,10	1	2,9
5,20	1	2,9
5,40	2	5,7
5,90	1	2,9
6,00	2	5,7
6,20	1	2,9
7,60	1	2,9
7,70	1	2,9
8,00	1	2,9
8,10	1	2,9
8,11	1	2,9
8,80	2	5,7
9,60	1	2,9
10,00	2	5,7
10,50	1	2,9
10,70	1	2,9
11,00	1	2,9
11,10	1	2,9
11,11	1	2,9
11,70	1	2,9
12,10	1	2,9
12,20	2	5,7
13,00	2	5,7
13,60	1	2,9

Ukupno	35	100,0
--------	----	-------

Sociodemografski i habilitacijski podaci dobiveni su iz upitnika kreiranog za potrebe istraživanja. Većina djece živi u obitelji s prosječnim primanjima: 60% roditelja izjasnilo se da su ukupna primanja kućanstva između 8000 i 12000 kuna, 23% ima ukupna primanja kućanstva iznad 12000 kuna a 17% između 4000 i 8000 kuna. Većina djece s kohlearnim implantatom (60%) živi u kućanstvu s roditeljima i još jednim maloljetnim članom. Roditelji u najvećem broju slučajeva imaju srednju stručnu spremu (54,6% majki i 62,9% očeva), dok nešto niži broj ima visoku stručnu spremu (završen prijediplomski, diplomski i postdiplomski studij) (Tablica 6).

Tablica 6. Stručna sprema roditelja djece s kohlearnim implantatom

Stručna sprema	Majke (frekvencija)	%	Očevi (frekvencija)	%
Niža	1	2,9	-	-
Srednja	19	54,3	22	62,9
Specijalist sa srednjom stručnom spremom	1	2,9	-	-
Prijediplomski studij	4	11,4	5	14,3
Diplomski studij	9	25,7	5	14,3
Poslijediplomski studij	1	2,9	3	8,6

Svi ispitanici imaju čujuće roditelje i oralna je komunikacija osnovni oblik komunikacije u kućanstvu. Samo nekolicina roditelja (6) izvještava da su povremeno i nesustavno koristili neki drugi vid komunikacije (totalna komunikacija). Prosječna dinamika habilitacije (Tablica 7) u predškolskoj dobi je bila 4 puta tjedno, s tim da je gotovo tri četvrtine djece (njih 71,4%) svakodnevno bila uključena u tretman. U školskoj dobi dinamika habilitacija je znatno rjeđa: 45,7% djece u habilitaciju je bilo uključeno samo jednom tjedno.

Tablica 7. Dinamika rane i kasne habilitacije

Broj tjednih tretmana	Predškolska dob		Školska dob	
	Frekvencija	%	Frekvencija	%
1	6	17,1	16	45,7
2	1	2,9	4	11,4
3	-	-	3	8,6
4	3	8,6	5	14,3
5	25	71,4	7	20,0

Roditelji u 70% slučajeva izvještavaju da su djeca povremeno bila uključivana u timski rad, dok 30% njih navodi da dijete nikada nije bilo uključeno u takvu vrstu rada. U Tablici 8 prikazani su stručnjaci koji su pružali podršku u habilitaciji djece s kohlearnim implantatom.

Tablica 8. Stručnjaci koji su pružali podršku u habilitaciji djece

Stručnjaci koji su pružali podršku u timskom radu	Frekvencija	%
Logoped, audiorehabilitator	12	34,2
Logoped	6	17,1
Audiorehabilitator	5	14,3
Logoped, audiorehabilitator, psiholog	3	8,6
Logoped, audiorehabilitator, psiholog, edukacijski rehabilitator	3	8,6
Logoped, radni terapeut	3	8,6
Audiorehabilitator, psiholog	2	5,7
Logoped, edukacijski rehabilitator	1	2,9

4.2. Varijable

U svrhu ispitivanja uspjeha djece korisnika kohlearnih implantata u razumijevanju hrvatskog jezika definirana je zavisna varijabla *Razumijevanje jezika (RJ)*, formirana srednjom vrijednošću standardiziranih rezultata varijabli *Razumijevanje rječnika (RR)* i *Razumijevanje gramatike (RG)*.

Dobiveni podaci o jezičnom razvoju sudionika istraživanja koji koriste kohlearni implantat promatrani su s obzirom na nezavisne varijable u sljedećim područjima:

1) *Verbalno radno pamćenje*

Varijabla *Verbalno radno pamćenje* izabrana je zbog činjenice da je ono bitno za razvoj percepcije govora i govornog jezika kod gluhe djece s kohlearnim implantatom koji su prošli razdoblje slušne deprivacije tijekom ranih godina kritičnih za razvoj vještina koje ovise o obradi verbalnih informacija (Arlinger i sur., 2009; Conway i sur., 2009; Davidson i sur., 2019; Kronenberger i sur., 2014; Pisoni i sur., 2017). Osim toga, brojna su istraživanja pokazala da verbalno radno pamćenje čini značajan dio varijance u jezično-govornim ishodima kod pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata. Ispitivanje verbalnog radnog pamćenja provedeno je praćenjem varijable koja testira pohranu verbalnih informacija (*Pamćenje brojeva naprijed*) te varijable koja testira pohranu i manipulaciju verbalnim informacijama (*Pamćenje brojeva natrag*).

2) *Neverbalno radno pamćenje*

Dosadašnja istraživanja pokazala su da su kod pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata može sumnjati na smanjenje ne samo sposobnosti verbalnog radnog pamćenja, već i neverbalnog radnog pamćenja (AuBuchon i sur., 2015; Kronenberger i sur., 2014; Harris i sur., 2013; Pisoni i sur., 2011). Međutim, rezultati istraživanja koja na to upućuju su kontradiktorni (Conway i sur., 2011; Davidson i sur., 2019; Huber i Kipman, 2012; McSweeny i sur., 2021), što može biti posljedica prirode korištenih zadataka jer su u većini istraživanja korišteni zadaci koji mogu potaknuti da se korišteni ispitni materijal, a zapravo vizualno prikazan jezik, može transformirati u fonološki kod subvokalnim ponavljanjem pa u zadacima ovog tipa postoji mogućnost da se vizualne informacije kodiraju i vizualno i verbalno. S obzirom na izneseno, u ovom je istraživanju varijabla neverbalnog radnog pamćenja odabrana u svrhu pokušaja jasnijeg objašnjenja ustroja radnog pamćenja pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata, s naglaskom na zadacima koji neće sadržavati prikriveno verbalno kodiranje. Ispitivanje neverbalnog radnog pamćenja provedeno je praćenjem varijable koja testira pohranu neverbalnih informacija (*CORSI*

raspon naprijed) te varijable koja testira pohranu i manipulaciju neverbalnim informacijama (CORSI raspon natrag).

3) Osobne varijable

Spol je izabran kao varijabla s obzirom da su ranija istraživanja sugerirala da djevojčice s kohlearnim implantatom postižu bolje jezično-govorne rezultate od dječaka (Geers i sur., 2007; Geers i sur., 2003; Tobey i sur., 2003), dok je zbog utjecaja iskustva i sazrijevanja na jezične ishode implantacije (Boons i sur., 2012; Dunn i sur., 2014; Geers, 2004; Nicholas i Geers, 2006; Nicholas i Geers, 2007; Nicholas i Geers, 2013; Tobey i sur., 2013) definirana varijabla *Dob*.

Zbog ranije utvrđenog utjecaja razine obrazovanja roditelja, njihovih primanja i veličine kućanstva na jezični razvoj djece korisnika kohlearnih implantata (Geers i Sedey, 2011; Geers i sur., 2009; Tobey i sur., 2003), definirane su varijable *Stručna sprema majke*, *Stručna sprema oca*, *Primanja kućanstva* i *Broj osoba u kućanstvu*.

4) Audiološke varijable

Poznato je da djeca koja su slušala govor prije nego li je to onemogućilo teže oštećenje sluha postižu bolje konačne jezične ishode s kohlearnim implantatima pa ovu činjenicu treba uzeti u obzir u analizi jezičnih ishoda u ovoj populaciji. Istraživanja pokazuju da djeca s boljim pred-implantacijskim pragovima sluha, mjenim sa slušnim pomagalicama, postižu bolje jezične rezultate od djece implantirane u istoj dobi, ali s lošijim pragovima sluha (Nicholas i Geers, 2018; Nicholas i Geers, 2006; Schauwers i sur., 2005). S toga je definiranje varijable o *Srednjim pragovima sluha prije kohlearne implantacije* važan način kontrole moguće varijance jezičnih ishoda.

Dob implantacije smatra se najznačajnijim prediktorom razvoja receptivnih i ekspresivnih jezičnih vještina i upravo zbog toga je ova varijabla uključena u istraživanje. Najbolji ishodi kohlearne implantacije postižu se kada je ona napravljena u dobi do 4. godine života jer je

plastičnost slušnog puta i slušnih centara u mozgu tada maksimalna (Kral i Sharma, 2012) pa su u uzorak sudionika istraživanja uzeta djeca implantirana prije 4. godine ili 48. mjeseca života.

Binauralno slušanje razvija sposobnost mozga za usmjeravanje na zvukove i za njihovu lokalizaciju, omogućava primanje zvukova manjeg intenziteta ili uz pozadinsku buku te općenito povoljno djeluje na razvoj jezika (Sarant i sur., 2014; Wie i sur., 2020). Stoga je u istraživanju definirana binarna varijabla *Broj slušnih pomagala*.

Strategije procesiranja govornih signala i tehničke osobine unutarnje i vanjske jedinice kohlearnog implantata mogu odrediti kvalitetu slušanja nakon kohlearne implantacije (Magnusson, 2011; Muller i sur., 2012; Patrick i sur., 2006; Wolf i Schafer, 2014; Skinner i sur., 2002; Velandia i sur., 2020; Wouters i sur., 2015) pa su tako definirane i još dvije varijable istraživanja. Novije, sofisticiranije strategije govornog procesiranja i druga tehnička obilježja uređaja mogu utjecati na sve kasnije aspekte jezičnog razvoja djece korisnika kohlearnih implantata. Osim toga, poznato je da broj aktivnih elektroda i dinamički raspon njihove aktivnosti utječu na jezične ishode te je zato neophodno redovito i stručno programiranje govornog procesora kohlearnog implantata, koje je važno za dostupnost fizikalno-akustičkih osobina govornih zvukova i koje je u istraživanju ispitano definiranjem varijable *Redovitost programiranja kohlearnog implantata* (Wolfe i Schafer, 2014). Na jezične ishode mogu utjecati *Trajanje korištenja kohlearnog implantata* (Boons i sur., 2012; Dunn i sur., 2014; Geers, 2004; Nicholas i Geers, 2006; Nicholas i Geers, 2007; Nicholas i Geers, 2013; Tobey i sur., 2013) te *Dnevna uporaba kohlearnog implantata* (Easwar i sur., 2018; Wiseman i sur., 2017) jer nedosljedna upotreba uređaja ugrožava brzinu napretka u vrijeme kada je djetetova neuralna plastičnost optimalna.

Habilitacijske usluge za djecu s oštećenjem sluha i njihove obitelji u Republici Hrvatskoj su u velikom broju aspekata ujednačene, a se pogotovo odnosi na tehničke aspekte rehabilitacije jer sva kohlearno implantirana djeca primaju usluge Referentnog centra Ministarstva zdravstva za kohlearnu implantaciju i kirurgiju naglušnosti i gluhoće, odnosno slijede iste pred- i postoperacijske protokole. Stoga se razlike među populacijom kohlearno implantirane djece na navedenim varijablama nisu očekivale, već su one služile kao kriteriji za formiranje što homogenijeg uzorka: svi sudionici ovog istraživanja su iskusni korisnici modernih multikanalnih

kohlearnih implantata, s modernim strategijama procesiranja govornih signala, koja su ugađana, odnosno programirana redovito te koja upotrebljavaju sve budne sate.

Razina čujnosti nakon kohlearne implantacije može ponuditi razumijevanje potencijalnih razlika u jezičnim ishodima temeljem različitih poboljšanja u čujnosti (Davidson i sur., 2014b; Geers i Nicholas, 2013; Nicholas i Geers, 2018) pa je stoga u obzir uzeta varijabla *Srednji prag sluha na implantiranom uhu* s potencijalom za objašnjavanje dijela varijance u jezičnim ishodima sudionika istraživanja.

5) *Habilitacijske varijable*

Važnost odabranih habilitacijskih varijabli za objašnjavanje potencijalne varijabilnosti u jezičnim ishodima sudionika istraživanja s kohlearnim implantatom proizlazi iz iskustva boljih jezično-govornih ishoda djece s kohlearnim implantatom koja odrastaju učeći govoreni jezik, odnosno komunicirajući *Oralnom komunikacijom* (Ashori, 2022; Boons i sur., 2012; Dettman i sur., 2013; Fulcher i sur., 2012; Ganek i sur., 2012; Geers i sur., 2011; Moog i Geers, 2010; Sahli, 2019; Thomas i Zwolan, 2019; Yoshinaga-Itano, 2014) te iz empirijske i znanstvene činjenice da se djeca koja koriste kohlearne implantate i koja su uspješn(ij)a u primjeni govorenog jezika obrazuju u *Redovnom oralnom programu* (Geers, 2004; Geers, 2006; Geers i sur., 2011).

Dinamika habilitacije potencijalno može utjecati na jezično-govorne ishode djece korisnika kohlearnih implantata jer je ustanovljeno da je duže vrijeme terapije povezano s boljim jezičnim ishodima (Ganek i sur., 2012) pa su stoga *Dinamika rane habilitacije* i *Dinamika kasne habilitacije* ovom istraživanju predviđeni kao mogući doprinosni čimbenici ishodima kohlearne implantacije.

Podrška stručnog tima raznoliko je prisutna za djecu korisnike kohlearnih implantata pa je u istraživanju predviđeno da se pri objašnjavanju raznolikosti u jezičnim ishodima u obzir uzme iskustvena spoznaja da pojedine obitelji nakon kohlearne implantacije dobivaju multidisciplinarnu podršku, za razliku od drugih obitelji, kojima ovakva pomoć izostaje, što može biti značajno za kasnije jezične rezultate (Holt i sur., 2012). Iz tog je razloga u istraživanju definirana varijabla *Timski rad*.

Svi sudionici istraživanja obrazovani su u redovnom oralnom programu i koriste oralni oblik komunikacije.

4.3. Mjerni instrumenti

4.3.1. *Upitnik općih podataka*

Osobni, audiološki i habilitacijski podatci prikupljeni su iz upitnika posebno kreiranog za potrebe ovog istraživanja i uvidom u medicinsku dokumentaciju. Upitnik općih podataka sadrži podatke o kronološkoj dobi sudionika, spolu, stručnoj spremi majke i oca („niža“, „srednja“, „specijalist sa srednjom stručnom spremom“, „završen prijediplomski studij“, „završen diplomski studij“, „završen poslijediplomski studij“), primanjima roditelja („ispod 4000 kuna“, „između 4000 i 8000 kuna“, „između 8000 i 12000 kuna“ te iznad „12000 kuna“), broju osoba u kućanstvu, dinamici rane i kasne habilitacije („jednom puta tjedno“, „dva puta tjedno“, „tri puta tjedno“, „četiri puta tjedno“ ili „pet puta tjedno“), stručnoj podršci u radu (logoped, audiorehabilitator, psiholog, edukacijski rehabilitator, drugi stručnjaci), timskom radu (nije ga bilo, povremeno do polaska u školu, redovito) i korištenju drugih oblika komunikacije („totalna“ komunikacija/simultano korištenje znakova, hrvatski znakovni jezik, drugo).

Upitnik općih podataka sadrži i podatke prikupljene iz medicinske dokumentacije: dob nastanka oštećenja sluha, dob implantacije, srednji pragovi sluha prije i nakon kohlearne implantacije te razina čujnosti nakon kohlearne implantacije opisani u decibelima na užem govornom frekvencijskom području, broj slušnih pomagala, tip kohlearnog implantata i govornog procesora, strategije procesiranja govornih signala, redovitost programiranja kohlearnog implantata („jednom u 3 mjeseca“, „jednom u 6 mjeseci“, „jednom u 12 mjeseci“, „jednom u 18 mjeseci“, „jednom u 24 mjeseca“, „jednom u 30 mjeseci“) i dnevna uporaba kohlearnog implantata („manje od 4 sata dnevno“, „između 4 i 8 sati dnevno“, „8 do 12 sati dnevno“, „12 do 16 sati dnevno“ i sve budne sate).

4.3.2. *Peabody Slikovni test rječnika (PPVT-III-HR)*

Za ispitivanje razumijevanja rječnika sudionika istraživanja primijenjen je Peabody Slikovni test rječnika (PPVT-III-HR, Kovačević i sur., 2009) - hrvatska inačica Peabody Picture Vocabulary Test – 3rd Edition (PPVT-III; Dunn i Dunn, 1997). Standardiziran je za ispitivanje razine usvojenosti rječnika hrvatskog jezika od dobi 2,6 do 90 i više godina te je široko primjenjivan u dijagnostičke i znanstvene svrhe. Sadrži 204 riječi podijeljene u 17 nizova, a svaki niz čini 12 riječi složenih po težini: šest semantički srednje teških riječi, tri lakše i tri teže u jednom nizu, a svaki je sljedeći niz ukupno teži od prethodnog. Riječi su prikazane slikom i to tako da je ciljana riječ prikazana u okruženju s još tri (Kovačević i sur., 2009). Testiranje počinje nizom koji odgovara kronološkoj dobi, a prestaje kad ispitanik u jednom setu napravi 8 pogrešaka. Za razliku od uzorka u originalnom testu, uzorak za standardizaciju PPVT-III-HR-a nije uključivao osobe s oštećenjem sluha, no test je moguće primijeniti i u ovoj populaciji, a njegove međunarodne inačice često su korištene u ispitivanju razumijevanja rječnika djece s kohlearnim implantatom (Ambrose i sur., 2012; Conway i sur., 2011; Dettman i sur., 2016; Fitzpatrick i sur., 2012; Geers i sur., 2009; Schorr i sur., 2008; Walker i McGregor, 2013).

4.3.3. *Test razumijevanja gramatike (TROG-2:HR)*

Za procjenu razumijevanje hrvatske gramatike korišten je TROG-2:HR (Bishop, Kuvač Kraljević, Hržica, Kovačević i Kologranić Belić 2014) - receptivni jezični test temeljen na testu TROG-2 koji je razvila Dorothy Bishop 1989. godine. Sadrži 80 ispitnih čestica podijeljenih u 20 blokova s određenom gramatičkom strukturom koja po težini napreduje od jednostavnije prema složenijoj. Svaki blok sadrži četiri gramatički i leksički različite čestice praćene s četiri slike između kojih ispitanik odabire onu koja odgovara rečenici koju je ispitivač pročitao, a blok je svladan kada se na sve čestice odabere točan odgovor. Pogreška na pet blokova zaredom ujedno je i kraj testiranja. TROG-2:HR je standardiziran za dob od 4 do 90 i više godina te široko korišten u ispitivanju razumijevanja gramatike različitih populacija, a za ispitivanje razumijevanja gramatike djece s kohlearnim implantatom primjenjivan je u njemačkoj, švedskoj,

talijanskoj i hrvatskoj verziji (Colleti i sur., 2009; Hrastinski i sur., 2019; May-Mederake, 2012; Nikolopoulos i sur., 2004; Willstedt-Svensson i sur., 2004).

4.3.4. *Raspon pamćenja brojeva*

Za ispitivanje verbalnog radnog pamćenja korištena je Podljestvica Wechslerovog testa inteligencije za djecu (Wechslerov test inteligencije za djecu - IV. izdanje. Hrvatska adaptacija WISC-IV-HR) Raspon pamćenja brojeva (Wechsler, 1991). To je neurokognitivna mjera kapaciteta obrade verbalnih informacija, u kojoj je zadatak ispitanika ponavljanje liste brojeva pravilnim redoslijedom, počevši s dva niza duljine do dvije znamenke pa prema nizovima u kojima je po jedna znamenka više. Prema složenijim (dužim) nizovima napreduje se točnim ponavljanjem barem jednog niza u zadanoj dužini, a testiranje se prekida kada ispitanik pogrešno ponovi dva popisa u istoj duljini. Pamćenje brojeva testira se prema naprijed kako bi se ispitala pohrana verbalnih informacija, te prema natrag kako bi se ispitalo pohranu i obradu verbalnih informacija. Što je niz koji ispitanik točno pamti duži, to je rezultat uspješniji. Ovaj test često je korišten za ispitivanje radnog pamćenja kod pedijatrijskih korisnika kohlearnih implantata (Burkholder i Pisoni, 2003; Geers i sur., 2013; Harris i Terlektsi, 2011; Pisoni i Cleary, 2003).

4.3.5. *Corsi Block-tapping task (CORSI)*

Neverbalno radno pamćenje ispitano je pomoću neuropsihološkog testa Corsi Block-Tapping Task (Corsi, 1972), često korištenog u tu svrhu kao neverbalne analogije Raspona pamćenja brojeva. Ovaj je test izabran kako bi se u ispitivanju neverbalnog radnog pamćenja izbjeglo transformaciju vizualno prezentiranih čestica (slike, brojevi, boje) u fonološki kod subvokalnim ponavljanjem, odnosno verbalnu medijaciju u obavljanju zadatka. Zadatak ispitanika je dodirivati kocke, fiksirane na ploči, istim redoslijedom kao i ispitivač. Ispitivač kocke dodiruje prema nizovima brojeva napisanih na ploham koje nisu vidljive ispitaniku. Za ispitivanje pohrane neverbalnih podataka ispitanika treba dodirivati kocke redoslijedom koji je zadao ispitivač, a za ispitivanje obrade neverbalnih podataka treba ih dodirnuti obrnutim redoslijedom

(Kessels i sur., 2008). Nizovi brojeva prema kojima se kocke dodiruju postupno se produžuje, a konačan rezultat testa je najduži niz koji je ispitanik uspio točno reproducirati, predstavljen kao broj točno zapamćenih nizova ili kao duljina najdužeg niza (stvarni raspon niza). Ovaj je test korišten za ispitivanje neverbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom u istraživanjima Huber i Kipman (2012) te McSweeny i suradnika (2021).

4.3.6. Ravenove progresivne matrice u boji

Za dobivanje podataka o intelektualnom statusu sudionika korištene su Ravenove progresivne matrice u boji (Raven, Court i Raven, 1990), kojima se procjenjuje dvije vrste općih kognitivnih sposobnosti kod djece od 5 do 11 godina te odraslih: obrazovne sposobnosti (sposobnost stvaranja razumijevanja i sposobnost generalizacije) i reproduksijska sposobnost (sposobnost pohranjivanja, dosjećanja i reprodukcije informacija) (Raven, 2000).

4.4. Način provođenja istraživanja

Sudionici istraživanja su regrutirani iz ustanova i klinika u kojima koriste habilitacijske i/ili usluge vezane za tehnologiju kohlearnih implantata. Prethodno je za pristup podacima o korisnicima usluga tih ustanova ili klinika zatražena dozvola njihovog vodstva. Potencijalni sudionici istraživanja su kontaktirani izravno ili na poziv ustanove ili klinike. Nakon prvog kontakta i nakon dozvole obitelji, roditeljima je dostavljen poziv za sudjelovanje u istraživanju, s kratkim opisom njegovih ciljeva i metoda te s opisom istraživačkih zadataka. Od roditelja svakog potencijalnog sudionika istraživanja zatraženo je potpisivanje informiranog pristanka, kojim se ujedno i jamčila diskrecija i anonimnost u daljnjem raspolaganju podacima. Čujućci ispitanici regrutirani su iz škola koje pohađaju djeca iz eksperimentalne skupine, a s roditeljima je osobno dogovoreno vrijeme i mjesto provedbe ispitivanja.

Nakon administrativnog dijela, pristupilo se pojedinačnom prikupljanju podataka. Osobni, tehnički i habilitacijski podaci prikupljeni su iz upitnika posebno kreiranog za potrebe istraživanja te uvidom u medicinsku dokumentaciju pojedinog sudionika.

Ispitivanje razumijevanja rječnika i gramatike te verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja provedeno je sa svakim sudionikom istraživanja pojedinačno tijekom jednog susreta u trajanju od 60 do 90 minuta u prostorima dogovorenim s roditeljima. Uvjeti provedbe testova bili su tiha, dobro osvijetljena i ugodna okolina. Ispitivanje razumijevanja rječnika provedeno je primjenom testa PPVT-III-HR. Nakon unosa osnovnih podataka o sudioniku i određivanja početnoga niza ispitivanja s obzirom na kronološku dob, sudionik je upoznat s procedurom testa i s očekivanim načinom davanja odgovora, a zatim je razumijevanje zadatka provjereno uvježbavanjem. Sudionicima s oštećenjem sluha dozvoljeno je da se u svim ispitnim situacijama i predradnjama oslanjaju na očitavanje govora s usana. Pazeći na ritam i intonaciju govora, ispitivač bi pročitao ciljanu riječ, a od sudionika se tražilo da prstom pokaže jednu od četiri ponuđene slike za koju smatra da predstavlja izgovorenu riječ. U trenucima kada je za davanje odgovora trebalo više vremena sudionici su poticali pitanjima poput „Gdje je...?“ ili „Tko je...?“. Početni niz je onaj koji odgovara kronološkoj dobi djeteta, međutim ako bi dijete napravilo više od jedne greške u tom nizu prešlo bi se na prethodni niz i tako sve dok napravi jednu ili nijednu grešku u nizu. Ispitivanje bi bilo završeno nakon što bi sudionik napravio više od osam pogrešaka u jednome nizu, a posljednja riječ tog niza bilježena je kao posljednja riječ u testu.

Razumijevanja gramatike primjenom TROG-2:HR provodilo se prema originalnim uputama za provedbu testova. Najprije je ispunjena početna stranica Lista za odgovore s osnovnim podacima o sudioniku i izračunata je njegova točna dob (godine i mjeseci). Upoznavanje s testom krenulo je od čestice za uvježbavanje A0, a zatim se nastavilo s glavnim česticama testa. Svaka je riječ čitana sporo, jasno i naglašeno ako je masno otisnuta, a sudionik je trebao prstom pokazati sliku koja semantički odgovara rečenici koju je čuo. Ako nije dobro čuo ili nije dao odgovor, ispitna čestica bi se ponovila do najviše 3 puta. Jedan netočan odgovor u bloku označavan je kao netočan blok, a ispitivanje se prekinulo kada je sudionik pogriješio na pet uzastopnih blokova.

Verbalno radno pamćenje ispitano je podljestvicom Raspon pamćenja brojeva koja je sastavni dio Wechslerovog testa inteligencije za djecu (Wechsler, 1991). Podljestvica se sastoji od dvije liste nasumičnih brojeva za ispitivanje raspona pamćenja brojeva prema naprijed (raspona od 2 do 9 znamenki) i prema natrag (raspon od 2 do 8 znamenki). Kod pamćenja brojeva unaprijed sudionik je trebao ponoviti točno i istim redoslijedom niz brojeva kojeg je ispitivač prethodno pročitao samo jednom, uživo, brzinom od jedne znamenke u sekundi. Sudionicima s oštećenjem

sluha ponovno je dozvoljeno očitavanje govora. Započelo se s rasponom od 2 znamenke, koji se postupno povećavao ako bi sudionik točno ponovio barem jedan od dva niza s jednakim brojem znamenki, a zadatak je prekinut ako sudionik u određenom rasponu nije ponovio niti jedan od dva zadana niza. Rezultat je izražen najvećim nizom znamenki koji je sudionik mogao zapamtiti. U zadatku pamćenja brojeva unatrag sudionici su trebali niz brojeva kojeg je ispitivač pročitao ponoviti obrnutim redoslijedom, a konačni rezultat bio je broj znamenki u zadnjoj točno ponovljenoj listi.

Zadatak ispitivanja neverbalnog radnog pamćenja pomoću Corsi Block-Tapping Task testa napravljen je prema detaljnim uputama koje navodi Kessel (2000). Zadaci u testu su analogni onima u testu pamćenja brojeva, samo što ovaj test mjeri pohranu i obradu informacija u neverbalnom radnom pamćenju. Ispitivač i sudionik sjede jedan nasuprot drugoga, a ploča s 9 tamnosivih kocaka, nasumično postavljenih na ploči, nalazi se na stolu između njih. Brojeve oznake na kockama vidljive su samo ispitivaču. Nakon verbalnih uputa i pokazivanja načina davanja odgovora kroz dva pokusna primjera, ispitivač kažiprstom pokazuje po jednu kocku u sekundi počevši od niza s dvije znamenke, zatim povećavajući niz na tri znamenke i tako sve dok sudionik ne pogriješi u ponavljanju prema naprijed (u testiranju pohrane neverbalnih informacija) ili prema natrag (u testiranju pohrane i obrade neverbalnih informacija). Svaki niz se sastoji od dva pokušaja, a ako sudionik pogriješi u prvom nizu, ne prelazi se na drugi. Maksimalan broj znamenki u nizu je 9, što je ujedno i maksimalni kapacitet neverbalnog radnog pamćenja.

Opće kognitivne sposobnosti procijenio je psiholog pomoću testa Progresivne matrice u boji (Raven, 1994). Test se sastoji od ukupno 36 čestica, raspoređenih u 3 dijela (A, AB i B) po 12 čestica. Zadatak sudionika bio je da među ponuđenim odgovorima odabere onaj koji upotpunjuje matricu. Za svaku točno riješenu česticu dobiva se po 1 bod, pri čemu se ukupan rezultat dobiva zbrajanjem točno riješenih čestica za sva tri dijela - u rasponu od 0 do 36. Konačni rezultat izražava se u centilima u odnosu na norme za dob.

4.5. Obrada podataka

Podaci za opis uzorka sudionika istraživanja najprije su obrađeni deskriptivno. Kronološka dob sudionika izražena je u godinama, a dob kohlearne implantacije u mjesecima. U multivarijantnoj analizi radi nepovoljne distribucije rezultata varijable Stručna sprema majke i oca rekategorizirane su u tri kategorije – „niža ili srednja stručna sprema“, „specijalist sa srednjom stručnom spremom ili prvostupnik“ te „završen diplomski ili poslijediplomski studij“, kao i varijabla Primanja roditelja koja je opisana s manjim brojem kategorija – „od 4000 do 8000 kuna“, „od 8000 do 12000“ kuna te „iznad 12000 kuna“. Osobe u kućanstvu opisane su brojem.

Srednji pragovi sluha prije i nakon kohlearne implantacije izraženi su decibelima na frekvencijama od 500, 1000, 2000 i 4000 Hz (takozvanom užem govornom frekvencijskom rasponu, čija je čujnost bitna za usvajanje govora i jezika). Dob implantacije izražena je u mjesecima. Broj slušnih pomagala definiran je dihotomno (jedno ili dva). Strategije procesiranja govornih signala i tehničke osobine unutarnje i vanjske jedinice kohlearnog implantata koje su koristili sudionici samo su promatrane za opis uzorka, a ne u multivarijantnoj analizi jer su performanse njihovih uređaja bile podjednake (noviji uređaji s naprednim tehnologijama obrade signala). Redovitost programiranja kohlearnog implantata roditelji su mogli opisati odabirom jednog od sljedećih šest odgovora: „jednom u 3 mjeseca“, „jednom u 6 mjeseci“, „jednom u 12 mjeseci“, „jednom u 18 mjeseci“, „jednom u 24 mjeseca“ ili „jednom u 30 mjeseci“, no pokazalo se da su sudionici uređaje programirali jednom godišnje pa je ova varijabla isključena iz multivarijantne analize. Dnevnu uporabu kohlearnog implantata roditelji su mogli opisati odabirom jednog od sljedećih pet odgovora: „manje od 4 sata dnevno“, „između 4 i 8 sati dnevno“, „8 do 12 sati dnevno“, „12 do 16 sati dnevno“ i sve budne sate, no sudionici s oštećenjem sluha su, prema izvješću roditelja, koristili kohlearne implantate sve budne sate pa ova varijabla u daljnjim analizama nije uzeta u obzir. Razina čujnosti nakon kohlearne implantacije opisana je u decibelima na užem govornom frekvencijskom području.

Dinamiku rane i kasne rehabilitacije roditelji su mogli opisati odabirom jednog od sljedećih pet odgovora: „jednom puta tjedno“, „dva puta tjedno“, „tri puta tjedno“, „četiri puta tjedno“ ili „pet puta tjedno“.

Rezultati primjene Peabody Slikovnog testa rječnika i Testa razumijevanja gramatike TROG-2:HR prikazani su kao standardizirane vrijednosti, opće razumijevanje jezika srednjom vrijednošću oba standardizirana rezultata za pojedinog sudionika istraživanja. Usporedba receptivnog jezika skupine djece korisnika kohlearnih implantata i njihovih čujućih vršnjaka obavljena je temeljem deskriptivne analize i primjenom Mann-Whitney U testa, pri čemu su rezultati razmatrani na razini značajnosti od $p < 0,05$.

Pohrana verbalnih informacija, pohrana i manipulacija verbalnim informacijama, pohrana neverbalnih informacija te pohrana i manipulacija neverbalnim informacijama opisani su postignutim rasponima, odnosno najvišim bruto rezultatom koji je ostvario pojedini sudionik u pamćenju nizova verbalnih i neverbalnih informacija. Usporedba verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja skupine djece korisnika kohlearnih implantata i njihovih čujućih vršnjaka obavljena je temeljem deskriptivne analize i primjenom Mann-Whitney U testa, pri čemu su rezultati razmatrani na razini značajnosti od $p < 0,05$. Usporedba pohrane te pohrane i obrade verbalnih i neverbalnih informacija među sudionicima s kohlearnim implantatom obavljena je neparametrijskim testom znakova, pri čemu su rezultati razmatrani na razini značajnosti od $p < 0,05$. Usporedba pohrane i obrade verbalnih informacija, odnosno pohrane i obrade neverbalnih informacija među sudionicima s kohlearnim implantatom obavljena je neparametrijskim testom znakova, pri čemu su rezultati razmatrani na razini značajnosti od $p < 0,05$.

Kako bi se utvrdilo koji kognitivni, demografski, audiološki i habilitacijski čimbenici promatrani u istraživanju nude dobar multivarijatni model predikcije vještina receptivnog jezika djece s kohlearnim implantatom, provedena je multipla regresijska analiza. Kao što je obrazloženo, prediktori su definirani konzultacijom literature i karakteristikama formiranog uzorka sudionika, a grupirani su kao 4 demografske varijable (*Spol*, *Obrazovanje roditelja*, *Primanja kućanstva* i *Broj osoba u kućanstvu*), 3 audiološke varijable (*Broj slušnih pomagala*, *Srednji prag sluha na implantiranom uhu*, *Dob implantacije u mjesecima*), 3 habilitacijske varijable (*Dinamika rane habilitacije*, *Dinamika kasne habilitacije* i *Timski rad*) te 4 kognitivne varijable (*Pamćenje brojeva naprijed*, *Pamćenje brojeva natrag*, *CORSI naprijed raspon* i *CORSI natrag raspon*). Shapiro-Wilk testom provjerena distribucija svih varijabli te je sukladno tome provedena logaritamska transformacija zavisne varijable *Razumijevanje jezika* te kontinuiranih nezavisnih

demografskih (*Obrazovanje roditelja i Broj osoba u kućanstvu*), audioloških (*Srednji prag sluha na implantiranom uhu, Dob implantacije u mjesecima*), habilitacijskih (*Dinamika rane rehabilitacije i Dinamika kasne rehabilitacije*) i kognitivnih varijabli (*Pamćenje brojeva naprijed, Pamćenje brojeva natrag, CORSI naprijed raspon i CORSI natrag raspon*).

Sve analize provedene su u statističkom programu *Statistical package for social sciences*, verzija 25.0 (SPSS).

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. Razumijevanje jezika

Prvi korak o ovom istraživanju je bila provjera receptivnih rječničkih i gramatičkih vještina djece s kohlearnim implantatom s obzirom na kašnjenja u različitim aspektima jezičnog razvoja na koja su ukazala brojnim ranija istraživanja. Ispitivanje i usporedba receptivnog jezika skupine djece korisnika kohlearnih implantata i njihovih čujućih vršnjaka uključili su semantiku i sintaksu, koje su procjenjivane pomoću standardiziranih mjernih instrumenata za ispitivanje razumijevanja rječnika i gramatike hrvatskog jezika. Rječničko znanje često se ističe kao jedno od ključnih jer je odgovorno i za razvoj drugih aspekata jezika poput sintakse ili morfologije. Za ispitivanje razumijevanja rječnika djece s kohlearnim implantatom korišten je često primjenjivani test Peabody Picture Vocabulary Test (Dunn i Dunn, 1997), u hrvatskoj inačici poznat pod akronimom PPVT-III-HR (Kovačević i sur., 2009).

Osnovni deskriptivni podaci daju prikaz o uspješnosti u razumijevanju rječnika dvije promatrane skupine djece, izraženo standardiziranim rezultatima. Kao što je vidljivo iz Tablice 9 djeca s kohlearnim implantatom razumiju prosječno znatno manje riječi ($M=70$ i $SD=15$ te s rasponom rezultata od 50 do 102) od skupine čujućih vršnjaka ($M=104,91$ i $SD=12,94$ te s rasponom rezultata od 85 do 127). Samo sedmero djece s kohearnim implantatom postiglo je rezultat unutar raspona normi za čujuću populaciju (85–115), za razliku od čujuće djece koja su sva postigla rezultat u rasponu normi.

Tablica 9. Deskriptivni podaci o razumijevanju rječnika djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece, dobiveni primjenom testa PPVT-III-HR

PPVT-III-HR						
	N	M	Medijan	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Djeca s kohlearnim implantatom	35	70	67	50	102	15
Čujuća djeca	23	104,91	105	85	127	12,94

Kako bi se utvrdila statistička značajnost navedenih razlika provedena je analiza Mann-Whitney U testom, čiji su rezultati promatrani na razini značajnosti od $p < 0,05$. Pokazalo se da je rječničko znanje djece s kohlearnim implantatom statistički značajno različito u odnosu na čujuće vršnjake u smislu značajno slabijeg razumijevanja rječnika mjerenog PPVT-III-HR-om (Tablica 10).

Tablica 10. Rezultati testiranja razlika u razumijevanju rječnika između skupina djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece Mann-Whitney U testom

	Suma rangova				
	Djeca s kohlearnim implantatom (N=35)	Čujuća djeca (N=23)	U vrijednost	Z vrijednost	Značajnost (p)
PPVT	667,50	1043,50	37,50	-5,80	0,000

Iako je važnost rječničkog znanja neupitna, jednako je važno poznavanje gramatike jezika jer jezična kompetencija ovisi o razvoju gramatičkog razumijevanja.

Razumijevanje gramatike hrvatskog jezika u ovom istraživanju ispitano je TROG-2:HR testom u čiju su standardizaciju bila uključena i djeca s oštećenjem sluha i koji je u nekoliko istraživanja korišten za ispitivanje razumijevanja gramatike kod djece s kohlearnim implantatom. Na osnovu deskriptivne analize rezultata primjene ovog testa (Tablica 11) može se utvrditi da djeca s kohlearnim implantatom pokazuju smanjeno razumijevanje gramatike hrvatskoga jezika ($M=77,31$ i $SD=15,82$) u odnosu na čujuće vršnjake ($M=108,30$ i $SD=8,31$).

Tablica 11. Deskriptivni podaci o razumijevanju gramatike djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece, dobiveni primjenom testa TROG-2:HR

TROG-2:HR						
	N	M	Medijan	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Djeca s kohlearnim implantatom	35	77,31	76	55	113	15,82
Čujuća djeca	23	108,30	108	91	123	8,31

Za usporedbu deskriptivno utvrđenih razlika u rezultatima ispitivanja razumijevanja gramatike između djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece primijenjen je Mann-Whitney U test, koji je pokazao da je razumijevanje gramatike skupine djece s kohlearnim implantatom statistički značajno slabije na razini značajnosti od $p < 0,05$ (Tablica 12).

Tablica 12. Rezultati testiranja razlika u razumijevanju gramatike između skupina djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece Mann-Whitney U testom

	Suma rangova				
	Djeca s kohlearnim implantatom (N=35)	Čujuća djeca (N=23)	U vrijednost	Z vrijednost	Značajnost (p)
TROG-2:HR	668	1043	38	-5,79	0,000

S ciljem stjecanja jasnije slike o razumijevanju gramatike ispitane djece s kohlearnim implantatom, pristupilo se analizi najčešće upotrebljavanog kvantitativnog rezultata u kliničkom kontekstu – centilima, koji su prikazani u Tablici 13. Najveći broj djece s kohlearnim implantatom – njih 26 (74%) – postiglo je rezultat ispod 25. centila na testu razumijevanja gramatike, što se smatra niskim rezultatom, a među njima je čak 6 sudionika postiglo izuzetno nizak rezultat, ispod 1. centila. Prosječan rezultat, između 25. i 75. centila, postiglo je 8 (23%) sudionika s kohlearnim implantatom, od čega većina u granicama niskog prosjeka. Isti broj čujućih vršnjaka postiže prosječan rezultat, ali u granicama visokog prosjeka. Samo jedno dijete s kohlearnim implantatom postiglo je visok rezultat (81. centil), za razliku od 60% njihovih čujućih vršnjaka.

Tablica 13. Distribucija rezultata ispitivanja razumijevanja gramatike testom TROG-2:HR prema centilima

		TROG-2:HR		
	N	Ispod 25. centila	Između 25. i 75. centila	Iznad 75. centila
Djeca s kohlearnim implantatom	35	26	8	1
Čujuća djeca	23	2	7	14

U nastavku je učinjena usporedba receptivnog jezika skupine djece korisnika kohlearnih implantata i skupine njihovih čujućih vršnjaka, čemu je prethodila derivacija sumarne mjere receptivnog jezika računanjem aritmetičke sredine pojedinih rezultata na dvije navedene standardizirane mjere rječničkog, odnosno gramatičkog razumijevanja. Deskriptivna analiza rezultata na toj novoformiranoj varijabli *Razumijevanje jezika* prikazana je u Tablici 14, iz koje

je vidljivo da djeca s kohlearnim implantatom imaju nižu razinu receptivnog jezika ($M=73,66$ i $SD\ 13,88$) od čujućih vršnjaka ($M=106,6$, $SD=7,57$).

Tablica 14. Deskriptivni podaci o razumijevanju jezika djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece, izraženom srednjom vrijednošću standardiziranih rezultata testova PPVT-III-HR i TROG-2:HR

Razumijevanje jezika					
	N	M	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Djeca s kohlearnim implantatom	35	73,66	55,50	104	13,88
Čujuća djeca	23	106,61	93,50	122,5	7,57

Potvrdu statističke značajnosti razlika primijećenih deskriptivno među rezultatima na sumarnoj varijabli *Razumijevanje jezika* između djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece dala je primjena neparametrijskog Mann-Whitney U testa, čiji su rezultati prikazani u Tablici 15. Ovim testom je, naime, utvrđena razlika u razumijevanju jezika dvije promatrane skupine djece na razini značajnosti od $p<0,05$.

Tablica 15. Rezultati testiranja razlika u razumijevanju jezika između skupina djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece Mann-Whitney U testom

	Suma rangova		U vrijednost	Z vrijednost	Značajnost (p)
	Djeca s kohlearnim implantatom (N=33)	Čujuća djeca (N=23)			
Razumijevanje jezika	1058,50	652,50	22,50	6,04	0,000

5.2. Radno pamćenje

Kapacitet verbalnog radnog pamćenja u ovom istraživanju ispitan je ljestvicom Raspon pamćenja brojeva (WISC-IV-HR) koja ispituje pamćenje brojeva istim redoslijedom, dajući podatak o pohrani verbalnih informacija (ranije spomenuta varijabla *Pamćenje brojeva naprijed*) te obrnutim redoslijedom, dajući podatak o obradi verbalnih informacija (ranije spomenuta varijabla *Pamćenje brojeva natrag*). Rezultat pamćenja brojeva izražava se najvećim rasponom brojeva koji sudionik može zapamtiti.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da djeca s kohlearnim implantatom u prosjeku pamte manji raspon znamenki ($M=4,74$ i $SD=0,98$) od čujućih vršnjaka ($M=5,61$, $SD=1,12$) odnosno da slabije pohranjuju verbalno prezentirane informacije u radnom pamćenju (Tablica 16).

Tablica 16. Deskriptivni podaci o rasponu pamćenja znamenki unaprijed djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece (*Pamćenje brojeva naprijed*), prikupljeni primjenom ljestvice Raspon pamćenja znamenki (WISC-IV-HR)

Pamćenje brojeva naprijed					
	N	M	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Djeca s kohlearnim implantatom	35	4,74	3	7	0,98
Čujuća djeca	23	5,61	4	9	1,12

Osim što se pohranjuju, fonološke reprezentacija govora se u verbalnom radnom pamćenju i obrađuju i taj je aspekt radnog pamćenja neophodno provjeriti za tumačenje mogućih razlika u radnom pamćenju između djece s kohlearnim implantatom i čujućih vršnjaka. Obrada verbalnih informacija u ovom je istraživanju ispitana zadatkom pamćenja brojeva unatrag, što uključuje aktivnu manipulaciju verbalnim informacijama u radnom pamćenju.

Iz Tablice 17 moguće je uvidjeti da su i u rasponu pamćenja znamenki unatrag djeca s kohlearnim implantatom postigla lošije prosječne rezultate ($M=3,57$ i $SD=1,04$) od čujućih vršnjaka ($M=4,26$, $SD=1,14$), što pokazuje da imaju ne samo slabiju pohranu verbalnih informacija, već i njihovo slabije procesiranje. Statistička značajnost navedenih razlika

potvrđena je na razini značajnosti $p < 0,05$ primjenom Mann-Whitney U testa, čiji su rezultati prikazani Tablicom 18.

Tablica 17. Deskriptivni podaci o rasponu pamćenja znamenki unatrag djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece (Pamćenje brojeva natrag), prikupljeni primjenom ljestvice Raspon pamćenja znamenki (WISC-IV-HR)

Pamćenje brojeva natrag					
	N	M	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Djeca s kohlearnim implantatom	35	3,57	2	6	1,04
Čujuća djeca	23	4,26	6	6	1,14

Tablica 18. Rezultati testiranja razlika u pohrani (Pamćenje brojeva naprijed) te u obradi (Pamćenje brojeva natrag) verbalnih informacija između skupina djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece Mann-Whitney U testom

	Suma rangova		Uvrijednost	Zvrijednost	Značajnost (p)
	Djeca s kohlearnim implantatom (N=35)	Čujuća djeca (N=23)			
Pamćenje brojeva naprijed	881	830	251	-2,41	0,016
Pamćenje brojeva natrag	887	824	257	-2,31	0,021

Za objašnjavanje varijabilnosti jezičnih ishoda djece s kohlearnim implantatom, osim verbalnog radnog pamćenja važno je i ispitivanje neverbalnog (vizualno-prostornog) radnog pamćenja. U većini dosadašnjih istraživanja neverbalnog radnog pamćenja u ovoj populaciji koristili su se zadaci s bojama, slikama i brojevima koji sadrže verbalnu medijaciju, odnosno prikriveno subvokalno ponavljanje, što ugrožava procjenu neverbalnog radnog pamćenja. Kako bi se osiguralo da procjena neverbalnog radnog pamćenja ne obuhvati verbalnu medijaciju, u ovom je istraživanju ono ispitano pomoću Corsi Block testa na način da je pohrana neverbalnih informacija u radnom pamćenju ispitana testom pamćenja redoslijeda kojim su pokazane neoznačene kocke na ploči (ranije spomenuta varijabla *CORSI raspon naprijed*), dok su pohrana i obrada ispitane testom pamćenja obrnutog redoslijeda istih kocaka (ranije spomenuta varijabla *CORSI raspon natrag*).

U Tablici 19 prikazana je deskriptivna analiza rezultata ispitivanja neverbalnog radnog pamćenja, izraženih kao najveći raspon neverbalnih informacija kojeg pojedino dijete pohranjuje, pokazuje da djeca s kohlearnim implantatom ($M=4,94$ i $SD=0,91$) u pohrani neverbalnih informacija postižu vrlo slične rezultate kao i njihovi čujuć vršnjaci ($M=5,35$, $SD=1,191$). Ovaj deskriptivni podatak, upućuje da izbjegavanje fonološke komponente u kognitivnim zadacima pozitivno utječe na rezultate ispitivanja kapaciteta radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatima.

Tablica 19. Deskriptivni podaci o rasponu pamćenja redoslijeda pokazivanja kocaka djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece (CORSI raspon naprijed), prikupljeni primjenom Corsi Block testa

CORSI raspon naprijed					
	N	M	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Djeca s kohlearnim implantatom	35	4,94	3	6	0,91
Čujuća djeca	23	5,35	3	8	1,19

.

Tablica 20 prikazuje deskriptivnu analizu rezultata testiranja pohrane i obrade neverbalno prezentiranih informacija, ispitanih rasponom obrnutog redoslijeda pamćenja pokazivanja kocaka (CORSI raspon natrag). Čini se da se djeca s kohlearnim implantatom ($M=4,43$ i $SD=1,07$) i u ovom aspektu radnog pamćenja ne razlikuju od čujućih vršnjaka ($M=4,57$, $SD=1,24$).

Tablica 20. Deskriptivni podaci o rasponu pamćenja obrnutog redoslijeda pokazivanja kocaka djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece (CORSI raspon natrag), prikupljeni primjenom Corsi Block testa

Corsi raspon natrag					
	N	M	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Djeca s kohlearnim implantatom	35	4,43	2	6	1,07
Čujuća djeca	23	4,57	2	7	1,24

Provjerom statističke značajnosti navedenih razlika neverbalnog radnog pamćenja pomoću Mann-Whitney U testa na razini značajnosti $p < 0,05$ potvrđeno je da se djeca s kohlearnim implantatom ne razlikuju od čujućih vršnjaka u razvijenosti vještina pohrane te pohrane i obrade informacija u neverbalnom radnom pamćenju (Tablica 21).

Tablica 21. Rezultati testiranja razlika u pohrani i u obradi neverbalnih informacija između skupina djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece Mann-Whitney U testom

	Suma rangova		U vrijednost	Z vrijednost	Značajnost (p)
	Djeca s kohlearnim implantatom (N=35)	Čujuća djeca (N=23)			
CORSI raspon naprijed	957,50	753,50	327,50	-1,19	0,233
CORSI raspon natrag	1011,50	699,50	381,50	-0,33	0,739

Prema ovim rezultatima može se zaključiti da se djeca s kohlearnim implantatom razlikuju od čujućih vršnjaka u vještinama radnog pamćenja jer imaju značajno slabije razvijene vještine verbalnog radnog pamćenja, a podjednako razvijene vještine neverbalnog radnog pamćenja, što je daljnju analizu usmjerilo na ispitivanje potencijalnih osobitosti radnog pamćenja unutar skupine sudionika s kohlearnim implantatom. S toga su ispitivane razlike između djece s kohlearnim implantatom u pohrani, odnosno u obradi verbalnih i neverbalnih informacija u radnom pamćenju. Najprije je uspoređena pohrana verbalnih i neverbalnih informacija Testom znakova, uz razinu značajnosti od $p < 0,05$ (Tablica 22).

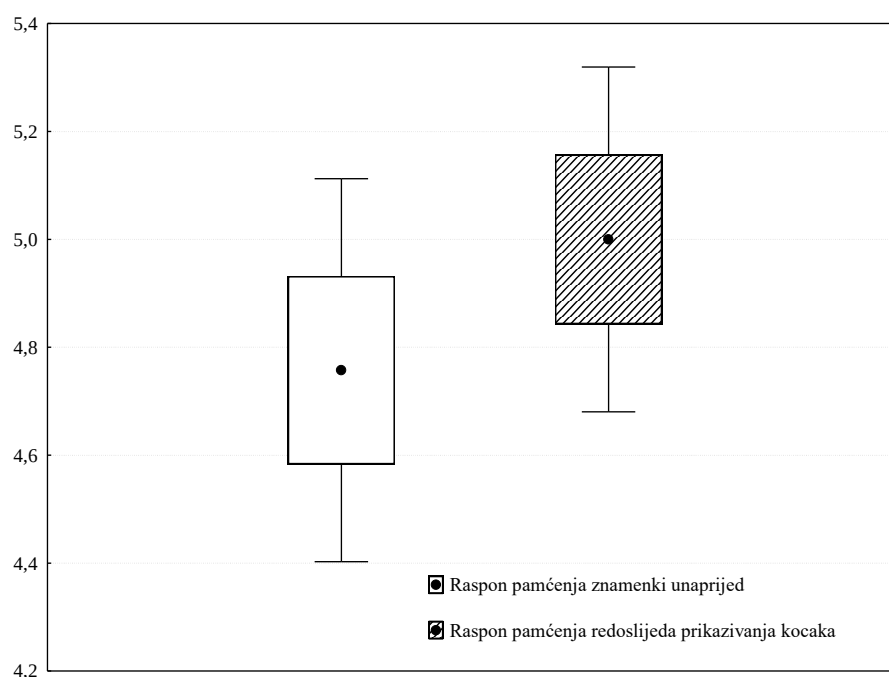
Tablica 22. Rezultati Testa znakova primijenjenog za testiranje razlika u pohrani verbalnih i neverbalnih informacija te u obradi verbalnih i neverbalnih informacija u skupini djece s kohlearnim implantatom

	N	Z vrijednost	Značajnost (p)
Pamćenje brojeva naprijed vs. CORSI raspon naprijed	35	0,485	0,628
Pamćenje brojeva natrag vs. CORSI raspon natrag	35	3,600	0,000

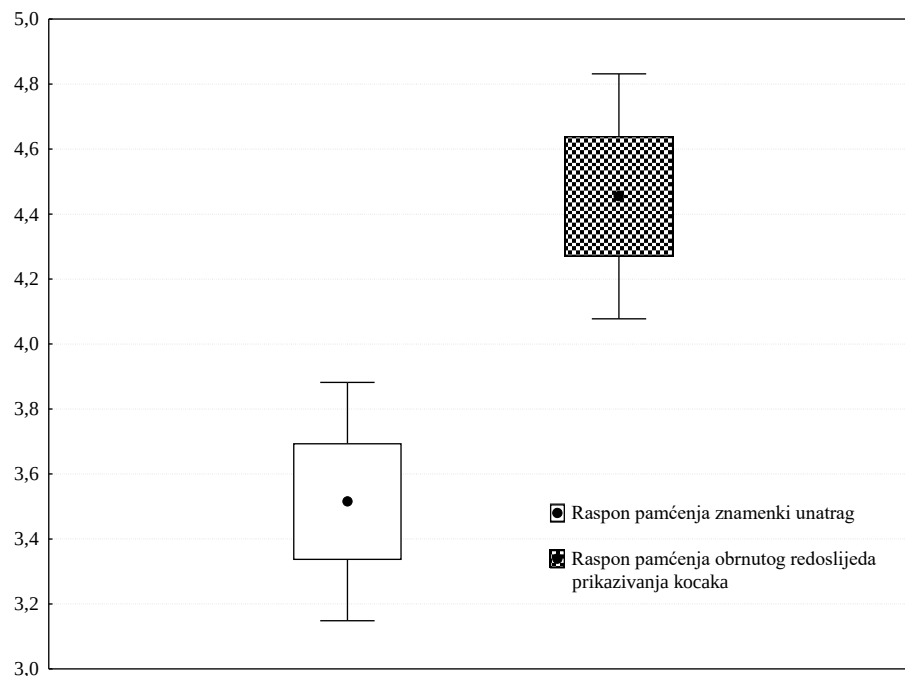
Utvrđeno je da nema statistički značajne razlike između pohrane verbalnih i neverbalnih informacija, odnosno da djeca s kohlearnim implantatom podjednako uspješno pohranjuju i

verbalne i neverbalne informacije u radnom pamćenju. Zatim je istim testom i uz istu razinu statističke značajnosti uspoređena obrada verbalnih i neverbalnih informacija te je utvrđeno da postoji statistički značajna razlika u korist neverbalnih informacija, odnosno da djeca s kohlearnim implantatom značajno bolje obrađuju neverbalne informacije, nego verbalne (Tablica 22).

Detaljniji uvid u rezultate Testa znakova daju Grafički prikazi 3 i 4. Prvi od dva spomenuta grafička prikaza odražava malu i statistički neznačajnu razliku u pohrani verbalnih i neverbalnih informacija u radnom pamćenju djece s kohlearnim implantatom, s bliskim srednjim vrijednostima i preklapanjima raspona standardne pogreške aritmetičke sredine, odnosno 95% intervala pouzdanosti. Međutim, drugi grafički prikaz jasno pokazuje suprotnu situaciju kod ispitivanja obrade u radnom pamćenju: statistički značajnu razliku u obradi verbalnih i neverbalnih informacija u radnom pamćenju djece s kohlearnim implantatom, odnosno njihovu puno uspješniju manipulaciju vizualno-prostornim informacijama, nego verbalnim informacijama.



Grafički prikaz 3. Razlike u pohrani verbalnih i neverbalnih informacija u radnom pamćenju djece s kohlearnim impantatom (srednje vrijednosti označene su crnim točkama, standardna pogreška aritmetičke sredine pravokutnicima, a linijama 95% interval pouzdanosti)



Grafički prikaz 4. Razlike u obradi verbalnih i neverbalnih informacija u radnom pamćenju djece s kohlearnim implantatom (srednje vrijednosti označene su crnim točkama, standardna pogreška aritmetičke sredine pravokutnicima, a linijama 95% interval pouzdanosti)

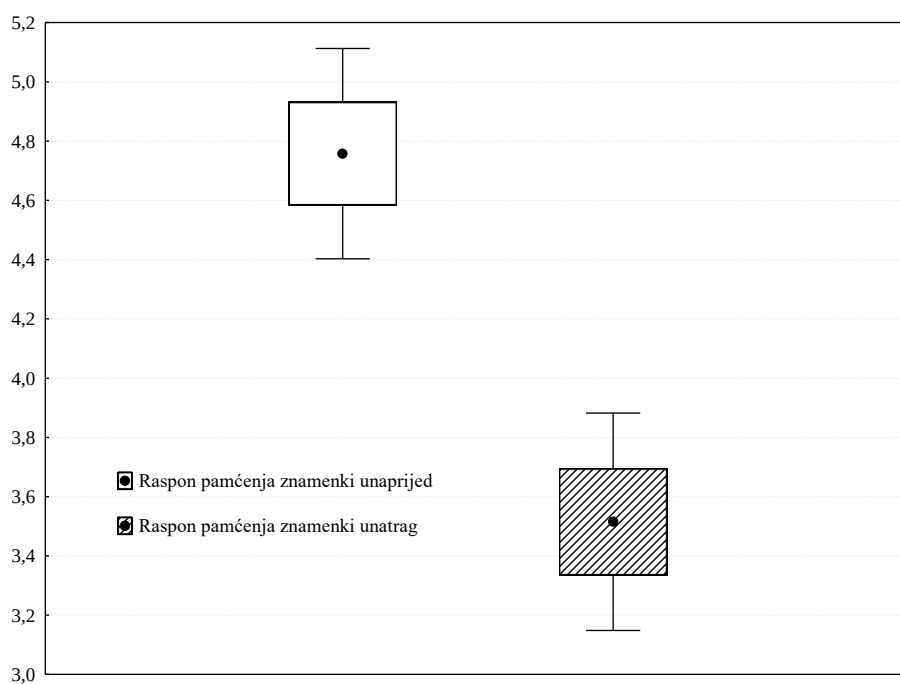
Priliku za spoznaju prirode osobitosti radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom daje analiza razlika u pohrani informacija u radnom pamćenju, kao i razlika u njihovoj obradi. Za tu je svrhu također iskorišten Test znakova, čiji su rezultati promatrani uz razinu značajnosti od $p < 0,05$ i prikazani u Tablici 23.

Tablica 23. Rezultati Testa znakova primijenjenog za testiranje razlika u pohrani i obradi verbalnih informacija te u pohrani i obradi neverbalnih informacija u skupini djece s kohlearnim implantatom

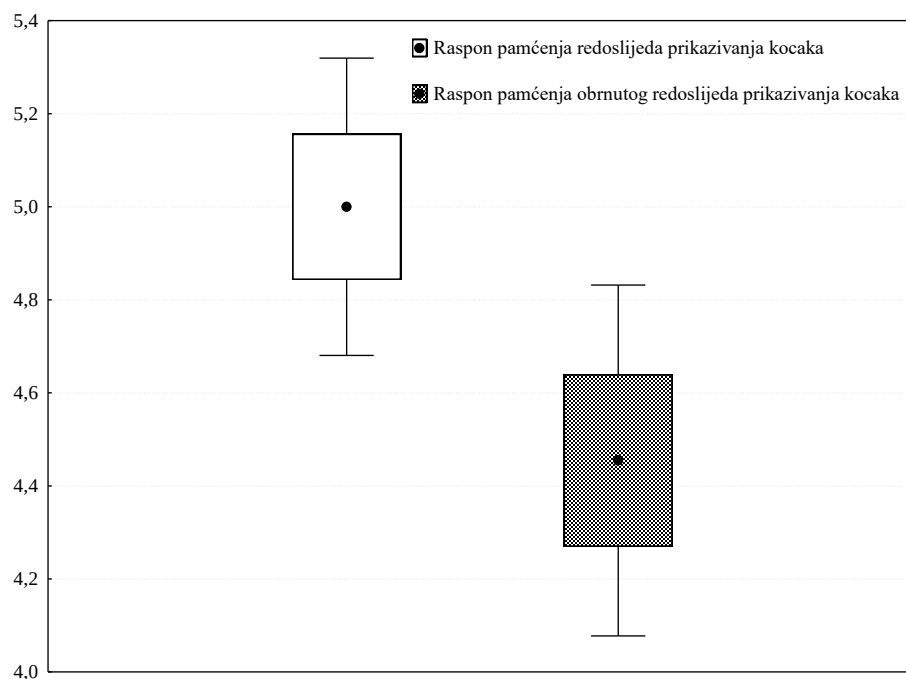
	N	Z vrijednost	Značajnost (p)
Pamćenje brojeva naprijed vs Pamćenje brojeva natrag	35	4,457	0,000
CORSI raspon naprijed vs CORSI raspon natrag	35	3,395	0,000

Test znakova pokazao je da djeca s kohlearnim implantatom značajno bolje pohranjuju, nego obrađuju verbalne informacije ($Z=4,457$, $p=0,000$). Isti nalaz dobiven je kod analize razlika pohrane i obrade neverbalnih informacija: Test razlika pokazao je da djeca s kohlearnim implantatom značajno bolje pohranjuju, nego obrađuju neverbalne informacije ($Z=3,395$, $p=0,000$).

Ponovno je primijenjena grafička analiza, kako bi se stekao detaljniji uvid u rezultate Testa znakova pri ispitivanju razlika u pohrani i obradi verbalnih informacija te u pohrani i obradi neverbalnih informacija u skupini djece s kohlearnim implantatom. Grafički prikazi 5 i 6 prikazuju statistički značajnu razliku u pohrani i obradi i verbalnih, i neverbalnih informacija: udaljene srednje vrijednosti i rasponi standardne pogreške njezine procjene bez preklapanja upućuju da su prosječni rezultati aktivnosti pojedinog od dva aspekta radnog pamćenja (pohrane i obrade) uistinu drugačiji. Navedeno se pogotovo odnosi na verbalno radno pamćenje (Grafički prikaz 5) gdje je jasno vidljivo da se kognitivna aktivnost između dva uvjeta aktivacije radnog pamćenja značajno razlikuje, odnosno da srednje vrijednosti za aktivnost pohrane te srednje vrijednosti za aktivnost obrade verbalnih informacija precizno predstavljaju ukupno drugačija postignuća djece s kohlearnim implantatima.



Grafički prikaz 5. Razlike u pohrani i obradi verbalnih informacija u radnom pamćenju djece s kohlearnim implantatom (srednje vrijednosti označene su crnim točkama, standardna pogreška aritmetičke sredine pravokutnicima, a linijama 95% interval pouzdanosti)



Grafički prikaz 6. Razlike u pohrani i obradi neverbalnih informacija u radnom pamćenju djece s kohlearnim implantatom (srednje vrijednosti označene su crnim točkama, standardna pogreška aritmetičke sredine pravokutnicima, a linijama 95% interval pouzdanosti)

S obzirom na utvrđene razlike u radnom pamćenju djece s kohlearnim implantatom naspram čujućih vršnjaka, u nastavku se nastojalo saznati više o prirodi tih razlika pomoću korelacijske analize, kojom je ispitana povezanost pohrane i procesiranja unutar skupine djece s kohlearnim implantatom, a isto je urađeno i za skupinu čujuće djece.

Promatranjem rezultata korelacijske analize četiri aspekta radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom (pohrane i obrade verbalnih informacija te pohrane i obrade neverbalnih informacija), provedene računanjem Spearmenovog koeficijenta korelacije (Tablica 24), uočava se značajna pozitivna povezanost (na razini značajnosti od $p < 0,05$) pohrane i obrade verbalnih ($p = 0,47$) i neverbalnih ($p = 0,75$) informacija te značajna pozitivna povezanost obrade verbalnih informacija i neverbalnog radnog pamćenja općenito (i pohrane i obrade) ($p = 0,53$).

Tablica 24. Korelacijska analiza varijable Razumijevanje jezika i četiri promatrana aspekta radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece: pohrane (Pamćenje brojeva naprijed) i obrade (Pamćenje brojeva natrag) verbalnih informacija te pohrane (CORSI raspon naprijed) i obrade (CORSI raspon natrag) neverbalnih informacija.

Djeca s kohlearnim implantatima					
	Razumijevanje jezika	Pamćenje brojeva naprijed	Pamćenje brojeva natrag	CORSI raspon naprijed	CORSI raspon natrag
Razumijevanje jezika	1,00	0,48 (23%)	0,28 (8%)	-0,03 (0,00%)	0,05
Pamćenje brojeva naprijed		1,00	0,47 (22%)	0,37 (37%)	0,29
Pamćenje brojeva natrag			1,00	0,53 (28%)	0,53 (28%)
CORSI raspon naprijed				1,00	0,75 (56%)
CORSI raspon natrag					1,00
Čujuća djeca					
Razumijevanje jezika	1,00	0,31	0,38	0,40	0,47
Pamćenje brojeva naprijed		1,00	0,90 (81,00%)	0,80 (64%)	0,81 (66%)
Pamćenje brojeva natrag			1,00	0,87 (76%)	0,88 (77%)
CORSI raspon naprijed				1,00	0,91 (83%)
CORSI raspon natrag					1,00

Legenda: Masno otisnuti koeficijenti značajni su na razini od $p < 0,05$, a pored njih u zagradama navedeni su koeficijenti determinacije (kao %).

Koeficijenti korelacije nekada su kritizirani zbog nedostatka mogućnosti očite intrinzične interpretacije (Schober i sur. 2018) pa ih je lakše analizirati kao kvadrirane vrijednosti, odnosno koeficijente determinacije ili proporciju varijance jedne varijable objašnjene drugom varijablom (Schober i sur., 2018). Iz Tablice 24 vidljivo je da visokih 22% varijance u obradi verbalnih informacija može biti objašnjeno kapacitetom za njihovu pohranu, što istovremeno upućuje i da drugi čimbenici utječu na kapacitet obrade verbalnih informacija djece s kohlearnim implantatom, budući da gotovo 80% varijabilnosti u ovom aspektu radnog pamćenja ostaje neobjašnjeno isključivo kapacitetom njihove pohrane. Obrada verbalnih informacija još je jače bila povezana s neverbalnim radnim pamćenjem: 28% njezine varijance objašnjeno je pohranom i obradom neverbalnih informacija.

Što se tiče razumijevanja jezika, ono je među djecom s kohlearnim implantatima značajno bilo povezano samo s kapacitetom pohrane verbalnih informacija, što objašnjava visokih 23% njegove varijabilnosti, a to je ujedno i jedina značajna povezanost pronađena za varijablu *Razumijevanje jezika* u ovoj analizi. Za razliku, među čujućom djecom pronađen je bitno drugačiji rezultat: sve su kognitivne varijable međusobno bile visoko pozitivno korelirane i međusobno objašnjavale visok postotak varijabilnosti rezultata. Međutim, u ovoj skupini razumijevanje jezika bilo je značajno pozitivno povezano jedino s obradom neverbalnih informacija, čiji je kapacitet objašnjavao čak 22% varijabilnosti rezultata.

5.3. Predikcija vještina receptivnog jezika djece s kohlearnim implantatom

Kako bi se dobio optimalan model prediktivnih čimbenika vještina receptivnog jezika promatrane skupine djece s kohlearnim implantatom provedena je multipla regresijska analiza načinom i organizacijom varijabli kakvi su opisani u poglavlju Obrada podataka: nakon testiranja normalnosti distribucije varijabli i logaritamske transformacije zavisne varijable *Razumijevanje jezika* te kontinuiranih i kognitivnih prediktora slijedilo je definiranje regresijskog rješenja s kognitivnim, demografskim, audiološkim i habilitacijskim prediktorima koji se pokazuju najbitnijim za predviđanje rezultata na zavisnoj varijabli.

U tu je svrhu provjerena značajnost Spearmanovih koeficijenata korelacije između navedenih nezavisnih varijabli i zavisne varijable *Razumijevanje jezika* (Tablica 25). Utvrđene su značajne korelacije s nezavisnim varijablama *Srednji prag sluha na implantiranom uhu*, *Dob implantacije u mjesecima* i *Pamćenje brojeva naprijed* te je nastavljena provedba regresijske analize.

Tablica 25. Spearmanovi koeficijenti korelacije između zavisne varijable Razumijevanje jezika i nezavisnih demografskih, audioloških habilitacijskih i kognitivnih varijabli.

	Razumijevanje jezika
Spol	0,082
Obrazovanje roditelja	0,079
Primanja kućanstva	-0,048
Broj osoba u kućanstvu	0,031
Srednji prag sluha na implantiranom uhu	-0,388
Dob implantacije u mjesecima	-0,389
Broj slušnih pomagala	0,111
Dinamika rane habilitacije	0,291
Dinamika kasne habilitacije	-0,231
Timski rad	0,135
Pamćenje brojeva naprijed	0,481
Pamćenje brojeva natrag	0,275
CORSI naprijed raspon	-0,035
CORSI natrag raspon	0,046

Legenda: Masno otisnuti koeficijenti značajni su na razini od $p < 0,05$

Zbog veličine uzorka provedene su četiri multiple regresijske analize: za demografske, audiološke, habilitacijske i kognitivne varijable. U Tablici 26 prikazani su rezultati regresijske analize s varijablom *Razumijevanje jezika* kao zavisnom te 4 demografske varijable kao prediktorima (*Spol*, *Obrazovanje roditelja*, *Primanja kućanstva* i *Broj osoba u kućanstvu*).

Tablica 26. Rezultati primjene multiple regresijske analize s varijablom Razumijevanje jezika kao zavisnom varijablom i skupom od 4 demografska prediktora

Koeficijent multiple korelacije (R)	Koeficijent determinacije (R^2)	Korigirani koeficijent determinacije (AR^2)	F vrijednost analize varijance (4, 30)	Standardna pogreška prognoze (SEE)	Značajnost (p)
0,226	0,051	-0,075	0,403	0,082	0,805

Koeficijent multiple korelacije R iznosi 0,226, a koeficijent determinacije (R^2) iznosi 0,051, no s obzirom da je regresija učinjena na malom uzorku sudionika ($N = 35$), analiziran je korigirani koeficijent determinacije koji iznosi -0,075, što znači da prediktori s kriterijskom varijablom *Razumijevanje jezika* dijele samo 7,5% varijance. Prema tome, odabrane demografske nezavisne varijable nemaju veliku vrijednost za predviđanje razumijevanja jezika promatrane djece s kohlearnim implantatima, a budući da se demografski model nije pokazao značajnim, nije obavljena daljnja njegova analiza.

Tablica 27. Rezultati primjene multiple regresijske analize s varijablom *Razumijevanje jezika* kao zavisnom varijablom i skupom od 3 audiološka prediktora

Koeficijent multiple korelacije (R)	Koeficijent determinacije (R^2)	Korigirani koeficijent determinacije (AR^2)	F vrijednost analize varijance (3, 31)	Standardna pogreška prognoze (SEE)	Značajnost (p)
0,580	0,337	0,273	5,249	0,068	0,005

U Tablici 27 prikazani su rezultati regresijske analize s varijablom *Razumijevanje jezika* kao zavisnom te 3 audiološke varijable kao prediktorima (*Broj slušnih pomagala*, *Srednji prag sluha na implantiranom uhu*, *Dob implantacije u mjesecima*). Koeficijent multiple korelacije R iznosi 0,280, koeficijent determinacije (R^2) iznosi 0,337, s korigiranim koeficijentom determinacije od 0,273.

Tri audiološke varijable značajno sudjeluju u predviđanju rezultata na kriterijskoj varijabli *Razumijevanje jezika* na zadanoj razini značajnosti od $p < 0,05$ ($p = 0,005$) pa se pristupilo daljnjoj analizi ovog regresijskog modela. Istaknutu statistički značajnu povezanost razumijevanja jezika djece s kohlearnim implantatima i odabranih audioloških obilježja potvrđuju rezultati analize varijance prikazani u Tablici 28.

Tablica 28. Rezultati analize varijance učinjene u sklopu provedbe multiple regresijske analize s varijablom Razumijevanje jezika kao zavisnom varijablom i skupom audioloških prediktora

	Suma kvadrata	Stupnjevi slobode (df)	Sredina kvadrata	F vrijednost	Značajnost (p)
Regresija	0,072	3	0,024	5,249	0,005
Reziduali	0,142	31	0,005	-	-
Ukupno	0,215	-	-	-	-

Provjera kvalitete dobivenog regresijskog modela najprije je izvršena provjerom postojanja korelacije između rezidualnih odstupanja, odnosno postojanja autokorelacije Durbin-Watsonovim testom. Vrijednost d iz ovog testa predstavlja omjer zbroja kvadrata prvih razlika rezidualnih odstupanja i zbroja kvadrata rezidualnih odstupanja (Dizdar, 2006). Ako nema autokorelacije, vrijednost d iz Durbin-Watsonovog testa bit će blizu 2, a prihvatljive vrijednosti su između 1,5 i 2,5. Ovdje dobivena vrijednost d iznosila je 1,5 što je na nižoj granici prihvatljivosti, no i dalje možemo reći da u promatranom regresijskom modelu autokorelacija reziduala ne bi trebala utjecati na rezultat regresijske analize (Jurun, 2007).

Kako bi se ustanovio doprinos pojedine ili pojedinih audioloških varijabli predikciji razumijevanja jezika kod djece s kohlearnim implantatima, pristupilo se analizi regresijskih koeficijenata prediktora u regresijskom modelu. U Tablici 29 prikazana su 3 audiološka prediktora, čiji sirovi (B) i standardizirani (beta) regresijski koeficijenti govore o njihovom relativnom doprinosu predikciji razumijevanja jezika djece s kohlearnim implantatima.

Tablica 29. Univarijatni test značajnosti odnosa audioloških prediktora i zavisne varijable Razumijevanje jezika, proveden u multiploj regresijskoj analizi.

	Standardizirani regresijski koeficijenti (beta)	Standard na pogreška bete	Sirovi regresijski koeficijenti (B)	Standardna pogreška B	t(21)	Značajnost t (p)
Konstanta			2,783	0,243	11,465	0,000
Srednji prag sluha na implantiranom uhu	-0,425	0,148	-0,390	0,136	-2,875	0,007
Dob implantacije	-0,382	0,148	-0,231	0,010	-2,571	0,015
Broj slušnih pomagala	0,108	0,150	0,020	0,028	0,719	0,477

Legenda: Masno otisnuti redci predstavljaju značajne vrijednosti na razini od $p < 0,05$

Moguće je uočiti da dvije nezavisne varijable u audiološkom predikcijskom modelu imaju značajne standardizirane regresijske koeficijente na razini značajnosti od $p < 0,05$: *Srednji prag sluha na implantiranom uhu* ($\beta = 0,425$) i *Dob implantacije u mjesecima* ($\beta = 0,382$), dok varijabla *Broj slušnih pomagala* ne daje značajan doprinos predikciji na zadanoj razini značajnosti. Navedeno upućuje da je razumijevanje jezika bolje kod one promatrane djece s kohlearnim implantatima, koja imaju niži prosječan prag čujnosti (odnosno koja bolje čuju) i koja su kronološki ranije implantirana.

Jedinstven doprinos pojedinog audiološkog prediktora prognozi uspješnosti razumijevanja jezika djece s kohlearnim implantatima provjeren je i analizom parcijalnih korelacija (Tablica 30), odnosno korelacija pojedinog prediktora nakon isključenja utjecaja preostalih varijabli na istu korelaciju, sa sirovim rezultatima na zavisnoj varijabli; nakon kvadriranja i množenja sa 100, ove korelacije prikazuju postotak totalne varijance jedinstven za pojedini prediktor (Dizdar, 2006).

Tablica 30. *Parcijalne korelacije audioloških prediktora i zavisne varijable Razumijevanje jezika.*

	Parcijalne korelacije	Jedinstveni doprinos koeficijentu determinacije (%)	Tolerancija	t(31)	Značajnost (p)
Srednji prag sluha na implantiranom uhu	-0,459	21,07	0,979	-2,875	0,007
Dob implantacije u mjesecima	-0,419	17,56	0,970	-2,571	0,015
Broj slušnih pomagala	0,128	1,64	0,950	0,719	0,477

Legenda: Masno otisnuti retci predstavljaju značajne vrijednosti na razini od $p < 0,05$

Iz Tablice 30 vidimo da varijable *Srednji prag sluha na implantiranom uhu* i *Dob implantacije u mjesecima* zajednički doprinose predikciji razumijevanja jezika djece s kohlearnim implantatom udjelom od 38,63% te da je udio jedinstvenog doprinosa prediktora *Broj slušnih pomagala* razumijevanju jezika ove djece vrlo nizak – tek 1,64%. Iz iste tablice moguće je utvrditi dio varijance koji nije objašnjen varijancom drugih varijabli analizom kolone *Tolerancija*.

Vrijednosti manje od 0,10 ukazuju na multikolinearnost (Pallant, 2007), no u ovoj analizi ona nije prisutna, budući da su za sve audiološke prediktore vrijednosti u ovoj koloni puno veće.

Sljedeće su u analizi rezultata regresijske analize promotrene sirove vrijednosti reziduala kako bi se otkrili univarijatni ekstremi koji potencijalno utječu na konačan promatrani regresijski model. U Tablici 31 prikazane su sirove vrijednosti reziduala za pojedini slučaj (za svakog sudionika) i njihov smještaj unutar raspona ± 3 standardne devijacije sirove vrijednosti reziduala. Iz prve kolone tablice vidljivo je da niti jedan pojedini sirovi rezidual nema odstupanja veća od ± 3 standardne devijacije, što dokazuje da rezultati regresijske analize nisu pod utjecajem pojedinih ekstremnih rezultata.

Tablica 31. Analiza postojanja univarijatnih ekstrema: smještaj vrijednosti reziduala za pojedinog sudionika unutar raspona ± 3 standardne devijacije

Standardne devijacije -3s ... 0 ... +3s	Izmjerene vrijednosti	Prognozirane vrijednosti	Reziduali	Standardna pogreška prognoziranih vrijednosti
1 ..*.....	1,799	1,853	-0,054	0,027
2*	2,004	1,872	0,133	0,015
3*..	1,884	1,813	0,071	0,017
4 ..*.....	1,826	1,873	-0,047	0,030
5 ...*.....	1,803	1,806	-0,004	0,018
6*....	1,857	1,839	0,019	0,022
7 .*.....	1,869	1,954	-0,085	0,032
8 ..*.....	1,771	1,838	-0,068	0,016
9 ..*.....	1,771	1,813	-0,042	0,017
10*....	1,908	1,883	0,025	0,015
11 ...*.....	1,803	1,827	-0,024	0,028
12*....	1,968	1,934	0,034	0,033
13*..	1,942	1,892	0,050	0,030
14*....	1,803	1,765	0,038	0,038
15 .*.....	1,789	1,879	-0,090	0,015
16 ..*.....	1,842	1,887	-0,045	0,016
17*....	1,908	1,901	0,008	0,018
18 ...*.....	1,839	1,872	-0,033	0,015
19 .*.....	1,744	1,852	-0,108	0,018
20 ..*.....	1,744	1,786	-0,042	0,022
21 ..*.....	1,767	1,810	-0,042	0,018
22 ...*.....	1,869	1,883	-0,014	0,015
23 ..*.....	1,778	1,851	-0,073	0,035

24*..	1,889	1,847	0,043	0,020
25*	1,900	1,813	0,088	0,017
26*..	1,914	1,830	0,083	0,016
27*..	2,009	1,891	0,117	0,016
28*...	1,860	1,838	0,022	0,016
29*...	1,973	1,948	0,025	0,034
30 ...*....	1,886	1,905	-0,019	0,019
31 ...*....	1,884	1,887	-0,004	0,016
32*...	1,785	1,778	0,008	0,025
33 .*.....	1,748	1,875	-0,127	0,015
34*..	1,944	1,899	0,045	0,029
35*..	2,017	1,906	0,111	0,030
Min*.....	1,744	1,765	-0,127	0,015
.				
Maks*	2,017	1,954	0,133	0,038
M ...*....	1,860	1,860	-0,000	0,022
Medijan ...*....	1,860	1,872	-0,004	0,018

Legenda: Min=minimalne vrijednosti; Maks=maksimalne vrijednosti; M=srednja vrijednost

Postojanje ekstremnih rezultata koji bi mogli prouzročiti pristranost promatranog audiološkog regresijskog modela provjereno je i analizom Mahalanobisovih udaljenosti, koje izražavaju udaljenost pojedinih rezultata na varijablama u regresiji od centroida ili sjecišta srednjih vrijednosti svih varijabli u multivarijatnom prostoru (Dizdar, 2006). Iz Tablice 32 moguće je uočiti da se rezultati pojedinih sudionika mogu smatrati odstupajućima u odnosu na druge rezultate, no uvidom u kolonu s Cookovim udaljenostima sumnju da je na regresiju utjecao pojedini ekstremni rezultat možemo odbaciti jer niti jedna od vrijednosti u toj koloni nije veća od 0,5, što se smatra gornjom granicom indikacije postojanja ekstrema (Weisberg i Cook, 1982).

Tablica 32. Analiza postojanja multivarijatnih ekstrema: Mahalanobisove udaljenosti, vrijednosti standardiziranih reziduala nakon isključenja iz analize te Cookove udaljenosti za pojedinog sudionika

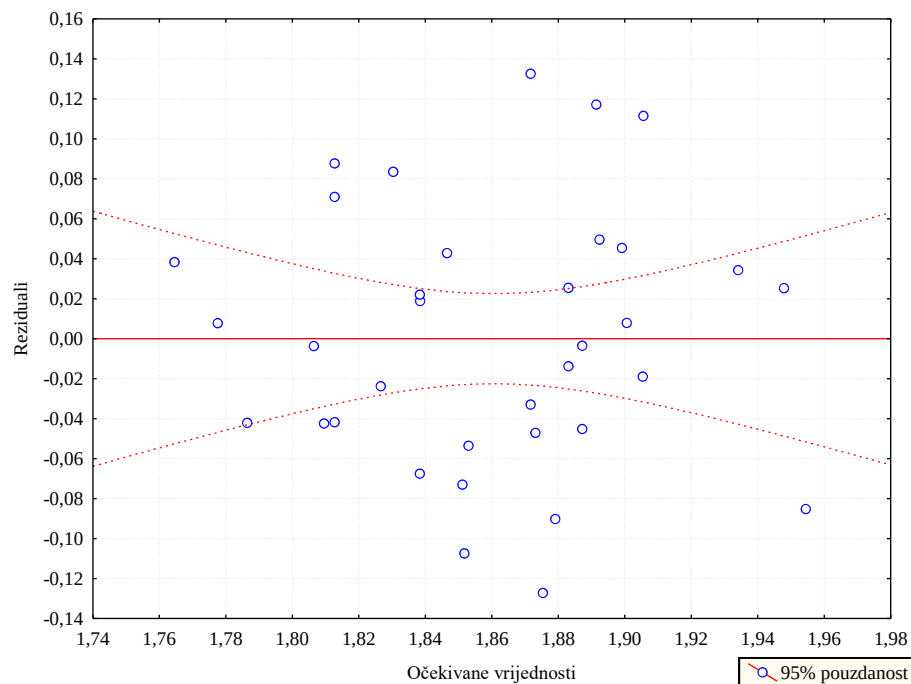
Raspon -1,9 1,96 . . +3.	Mahalanobisova udaljenost	Standardizirani residual	Residual nakon isključenja slučaja iz analize	Cookova udaljenost
2*	0,783	1,957	0,140	0,055
33 .*.....	0,746	-1,877	-0,134	0,049
27*..	0,939	1,729	0,124	0,047
35*..	5,720	1,643	0,139	0,206

19 . *	1,521	-1,587	-0,116	0,054
15 . *	0,740	-1,333	-0,095	0,025
25 *	1,187	1,293	0,094	0,030
7 . *	6,464	-1,258	-0,109	0,142
26 * .	0,915	1,231	0,088	0,024
23 . . *	8,251	-1,078	-0,100	0,148
3 * . .	1,187	1,047	0,076	0,020
8 . . *	1,022	-0,997	-0,072	0,016
1 . . *	4,468	-0,792	-0,064	0,036
13 * . .	5,500	0,731	0,061	0,039
4 . . *	5,555	-0,695	-0,058	0,035
34 * . .	5,118	0,668	0,055	0,030
16 . . *	0,832	-0,667	-0,048	0,007
24 * . .	1,852	0,631	0,047	0,010
21 . . *	1,310	-0,626	-0,045	0,008
20 . . *	2,736	-0,623	-0,047	0,013
9 . . *	1,187	-0,618	-0,045	0,007
14 * . .	9,526	0,564	0,055	0,051
12 * . .	7,106	0,507	0,045	0,026
18 * . .	0,783	-0,485	-0,035	0,003
10 * . .	0,767	0,375	0,027	0,002
29 * . .	7,737	0,372	0,034	0,016
11 * . .	4,799	-0,352	-0,029	0,008
28 * . .	1,022	0,324	0,023	0,002
30 * . .	1,580	-0,280	-0,021	0,002
6 * . .	2,491	0,278	0,021	0,002
22 * . .	0,767	-0,205	-0,015	0,001
17 * . .	1,306	0,117	0,008	0,000
32 * . .	3,803	0,114	0,009	0,001
5 * . . .	1,451	-0,055	-0,004	0,000
31 * . . .	0,832	-0,052	-0,004	0,000
Min . *	0,740	-1,877	-0,134	0,000
Maks *	9,526	1,957	0,140	0,206
M * . . .	2,914	-0,000	0,000	0,032
Medijan . . . * . . .	1,451	-0,052	-0,004	0,016

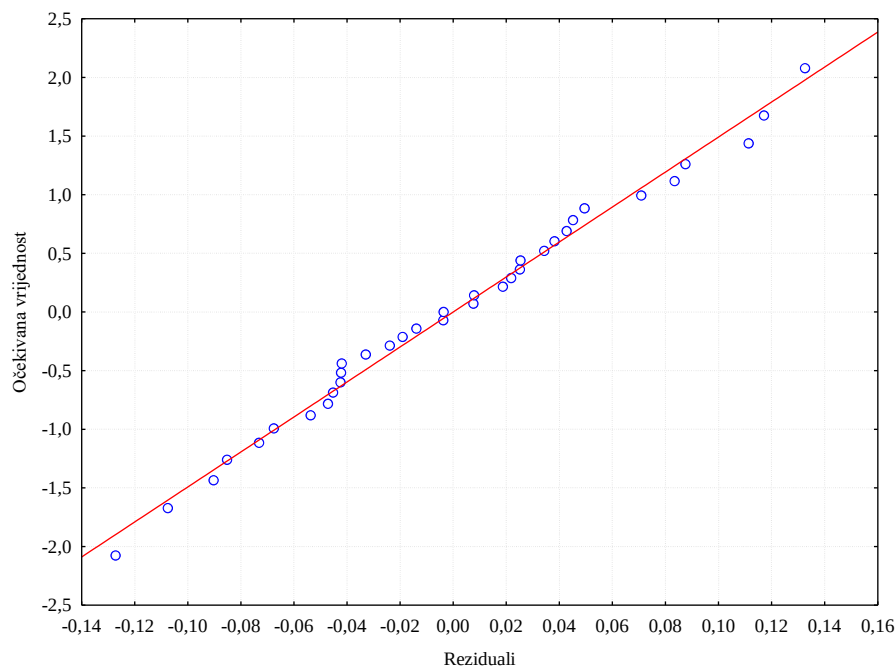
Legenda: Min=minimalne vrijednosti; Maks=maksimalne vrijednosti; M=srednja vrijednost

Zadnja provjera nepristranosti dobivenog regresijskog modela obavljena je analizom grafičkih prikaza 7 i 8, to jest dijagrama očekivanih vrijednosti i rezidualate Q-Q dijagrama (engl. Quantilevs Quantile Plot). Prva spomenuta grafička analiza prikazuje je li varijanca reziduala za sve vrijednosti u zavisnoj varijabli konstantna, a druga prikazuje teoretske kvantile (percentile) u odnosu na stvarne kvantile promatranih varijabli i jedan je od najboljih načina za usporedbu empirijske distribucije s normalnom ili Gaussovom distribucijom (Dizdar i Katović, 2021).

Na normalnu distribuciju reziduala ukazuje položaj pojedinih rezultata ili točaka liniji u dvodimenzionalnom prikazu koja predstavlja teoretsku distribuciju: što su pojedine točke bliže liniji, to je empirijska distribucija sličnija normalnoj. Jedna od pretpostavki regresijske analize je linearan odnos promatranih varijabli, a on postoji ukoliko je varijanca rezidualnih vrijednosti konstantna za sve vrijednosti u zavisnoj varijabli (uvjet homoscedastičnosti) te ako su reziduali normalno distribuirani (Dizdar i Katović, 2021). Prisutnost individualnih rezultata u analiziranom multivarijatnom prostoru, koji po svojoj prirodi ili zbog neke greške mjerenja nisu slični drugima, može ugroziti linearnost odnosa među varijablama i time značajno utjecati na kredibilitet regresijskog modela. Zbog tog utjecaja opravdano se može sumnjati u pouzdanost predviđanja rezultata na zavisnoj varijabli putem seta nezavisnih varijabli. Zato su utvrđivanje distribucije reziduala te otkrivanje i uklanjanje ekstremno nerealnih rezultata među podacima na kojima se provodi regresijska analiza presudni za potvrdu **kvalitete** regresijskog modela. Dosada izlagan kvantitativni aspekt provedene regresije s audiološkim prediktorima nije ukazao da postoji razlog za sumnju da podatkovni skup sadrži ekstreme. Konačna potvrda tog zaključka dobiva se temeljem grafičkih prikaza 7 i 8 koji posredno upućuju da provedena regresijska analiza ukazuje na linearan odnos između receptivnog jezičnog kriterija i audioloških prediktora, budući da pokazuju ostvarenje uvjeta homoscedastičnosti te normalne distribucije reziduala. Drugim riječima, kvaliteta audiološkog regresijskog modela je dobra jer je raspršenost reziduala ravnomjerna te zato što oni ne odstupaju značajno od teoretske distribucije predstavljene linijom na Q-Q dijagramu.



Grafički prikaz 7. Pregled konstantnosti varijance reziduala na zavisnoj varijabli ispitivanjem odnosa očekivanih vrijednosti i reziduala.



Grafički prikaz 8. Pregled normalnosti distribucije reziduala ispitivanjem odnosa teoretskih i stvarnih kvantila promatranih regresijskih varijabli

U Tablici 33 prikazani su rezultati regresijske analize s varijablom *Razumijevanje jezika* kao zavisnom te 3 habilitacijske varijable kao prediktorima (*Dinamika rane habilitacije*, *Dinamika kasne habilitacije* i *Timski rad*).

Tablica 33. Rezultati primjene multiple regresijske analize s varijablom *Razumijevanje jezika* kao zavisnom varijablom i skupom od 3 habilitacijska prediktora

Koeficijent multiple korelacije (R)	Koeficijent determinacije (R^2)	Korigirani koeficijent determinacije (AR^2)	F vrijednost analize varijance (3, 31)	Standardna pogreška prognoze (SEE)	Značajnost (p)
0,399	0,159	0,078	1,957	0,076	0,141

Koeficijent multiple korelacije R u ovom regresijskom modelu iznosi 0,399, koeficijent determinacije (R^2) iznosi 0,159, a korigirani koeficijent determinacije 0,078, što znači da prediktori s kriterijskom varijablom *Razumijevanje jezika* dijele samo 7,8% varijance. Dobiveni model nije značajan na razini značajnosti od $p < 0,05$ ($p = 0,141$) pa možemo zaključiti da definirane habilitacijske nezavisne varijable nisu dobre za predviđanje razumijevanja jezika promatrane djece s kohlearnim implantatima. Stoga nije dalje analiziran jedinstven doprinos pojedinog habilitacijskog prediktora prognozi uspješnosti razumijevanja jezika u ovoj populaciji, međutim, s obzirom da su dosadašnja istraživanja pokazala značajan doprinos habilitacije u predviđanju jezičnih ishoda, napravljena je dodatna analiza kojom je ispitan utjecaj dinamike rane i kasne habilitacije na jezično razumijevanje. U tu svrhu uzorak je podijeljen u dvije grupe prema medijanu rezultata koje su postigli na varijabli razumijevanja jezika: grupa djece s boljim jezičnim razumijevanjem (gornja polovica jezičnih rezultata) i grupa djece s lošijim jezičnim razumijevanjem (donja polovica jezičnih rezultata). Pomoću Mann-Whitney U testa (razina značajnosti od $p < 0,05$) ispitane su razlike u dinamici habilitacije između ove dvije grupe i utvrđene su statistički značajne razlike u dinamici rane habilitacije, dok u dinamici kasne habilitacije nije bilo značajne razlike (Tablica 34). Istim je neparametrijskim testom utvrđeno da ne postoji značajna razlika na razini značajnosti od $p < 0,05$ u razumijevanju jezika između djece koja su bila uključena u timski rad i one kod koje to nije bio slučaj ($U = 103,50$; $p = 0,432$).

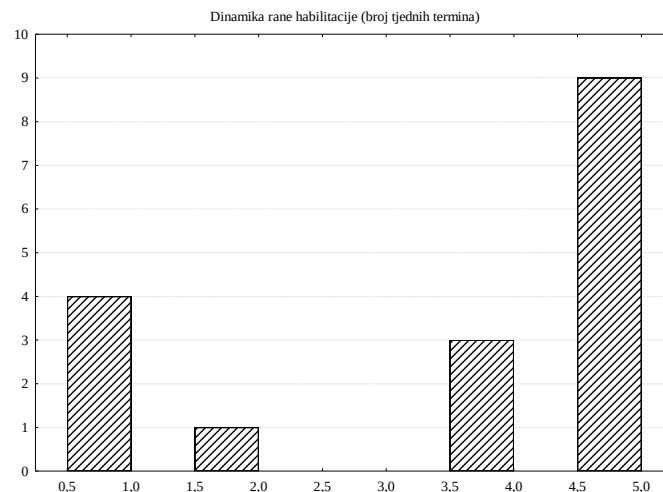
Tablica 34. Ispitivanje razlika između djece s kohlearnim implantatom s boljim i lošijim jezičnim rezultatima na habilitacijskim varijablama primjenom Mann-Whitney U testa (razina značajnosti od $p < 0,05$).

	Djeca s lošijim jezičnim razumijevanjem	Djeca s boljim jezičnim razumijevanjem	U	Z	p-level
Razumijevanje jezika	153,00	477,00	0,000	-5,052	0,000
Dinamika rane habilitacije	255,00	375,00	102,00	-2,120	0,034
Dinamika kasne habilitacije	351,50	278,50	107,500	1,590	0,112

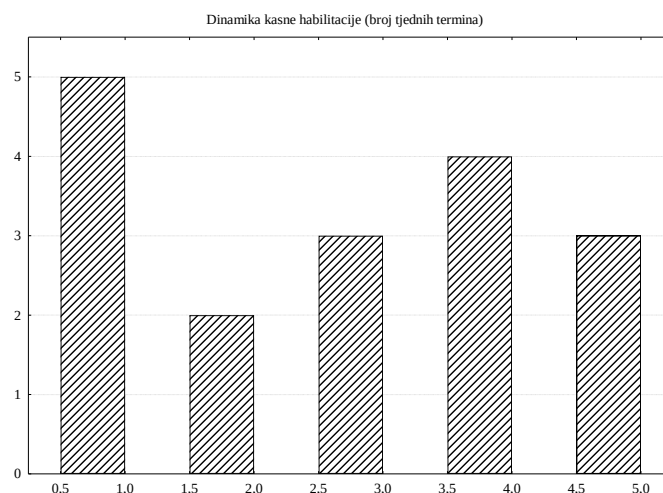
S obzirom na značajnost rane i neznajnost kasne habilitacije provedena je detaljnija analiza habilitacijskih podataka na deskriptivnoj razini i grafičkim putem za pojedinu grupu. Utvrđeno je da su djeca s lošijim razumijevanjem jezika prosječno imala jedan termin više u ranoj habilitaciji, nego u kasnoj habilitaciji (Tablica 35). Uvidom u grafički prikaz rezultata (Grafički prikaz 9) primjećuje se u ovoj grupi dio rezultata grupira na lijevu stranu histograma, odnosno da dio djece s lošijim razumijevanjem jezika nije iskoristio maksimalan broj termina u ranoj habilitaciji (gotovo polovica djece, njih 8), a neka od te djece imala su samo 1 termin tjedno (4 djece). Iz histograma kasne habilitacije (Grafički prikaz 10) vidljivo je da su termini raspršeni, što nije u skladu s očekivanjima s obzirom na lošije jezične rezultate koji podrazumijevaju maksimalan broj termina habilitacije kako bi se u što većoj mjeri nadoknadilo kašnjenje.

Tablica 35. Deskriptivni podaci o ranoj i kasnoj habilitaciji skupine djece s kohearnim implantatom s lošijim razumijevanjem jezika

Djeca s lošijim jezičnim razumijevanjem	N	M	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Razumijevanje jezika	17	62,18	55,50	72	4,96
Dinamika rane habilitacije	17	3,71	1	5	1,72
Dinamika kasne habilitacije	17	2,88	1	5	1,54



Grafički prikaz 9. Dinamika rane habilitacije djece s lošijim jezičnim razumijevanjem

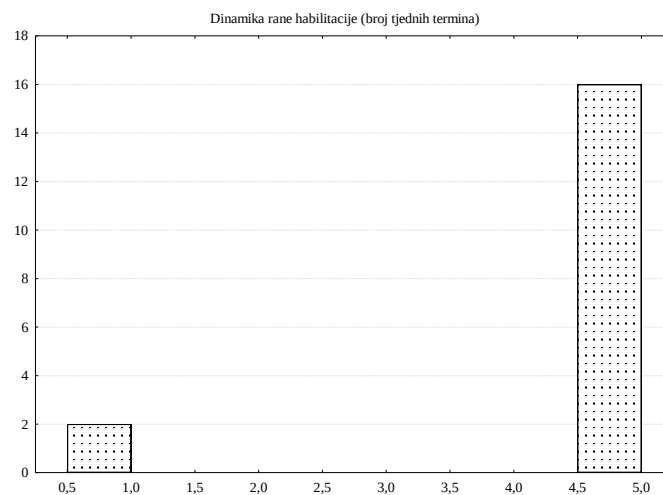


Grafički prikaz 10. Dinamika kasne habilitacije djece s lošijim jezičnim razumijevanjem

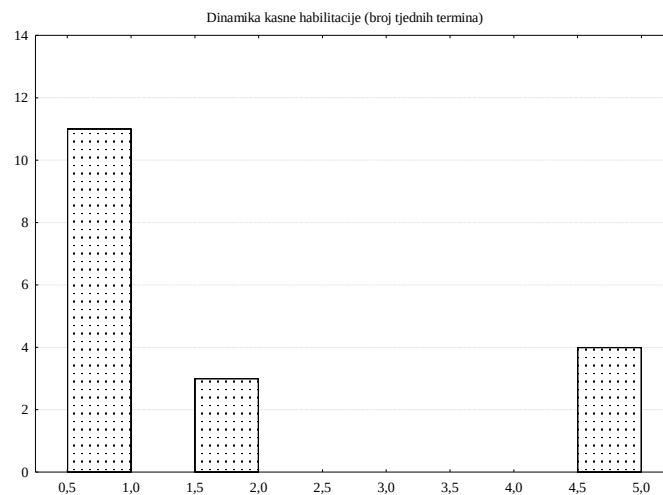
S druge strane deskriptivni podaci u grupi djece s boljim jezičnim razumijevanjem pokazuju da ova djeca imaju znatno više termina u ranoj habilitaciji, nego u kasnoj (Tablica 36). Uvidom u grafički prikaz rezultata (Grafički prikaz 11) saznaje se da se u ovoj grupi termini rane habilitacije grupiraju na desnu stranu histograma, što znači da su gotovo sva ova djeca imala maksimalan broj termina rane habilitacije. Za kasnu habilitaciju (Grafički prikaz 12) termini se grupiraju više u lijevu stranu histograma, što upućuje da se, usprkos tome da nekoliko ove djece i dalje često pohađa kasnu habilitaciju, broj termina djece s boljim jezičnim razumijevanjem načelno u starijoj dobi – smanjuje.

Tablica 36. Deskriptivni podaci o ranoj i kasnoj habilitaciji skupine djece s kohearnim implantatom s boljim razumijevanjem jezika

Djeca s boljim jezičnim razumijevanjem	N	M	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Razumijevanje jezika	18	84,50	72,50	104	10,28
Dinamika rane habilitacije	18	4,56	1	5	1,29
Dinamika kasne habilitacije	18	2,06	1	5	1,66



Grafički prikaz 11. Dinamika rane habilitacije djece s boljim jezičnim razumijevanjem



Grafički prikaz 12. Dinamika kasne habilitacije djece s boljim jezičnim razumijevanjem

U daljnjem koraku napravljena je regresijska analiza s varijablom *Razumijevanje jezika* kao zavisnom te 4 kognitivne varijable kao prediktorima (*Pamćenje brojeva naprijed*, *Pamćenje brojeva natrag*, *CORSI raspon naprijed* i *CORSI raspon natrag*) čiji rezultati su prikazani u Tablici 37.

Tablica 37. Rezultati primjene multiple regresijske analize s varijablom Razumijevanje jezika kao zavisnom varijablom i skupom od 4 kognitivna prediktora

Koeficijent multiple korelacije (R)	Koeficijent determinacije (R^2)	Korigirani koeficijent determinacije (AR^2)	F vrijednost analize varijance (4, 30)	Standardna pogreška prognoze (SEE)	Značajnost (p)
0,627	0,393	0,312	4,851	0,066	0,004

Koeficijent multiple korelacije R iznosi 0,627, koeficijent determinacije (R^2) iznosi 0,393, a korigirani koeficijent determinacije iznosi 0,312, što znači da kognitivni prediktori u modelu s kriterijskom varijablom *Razumijevanje jezika* dijele 31,2% varijance. Doprinos kognitivnih varijabli predviđanju razumijevanja jezika promatrane djece s kohlearnim implantatima je statistički značajan na odabranoj razini značajnosti od $p < 0,05$ ($p = 0,004$) te je stoga obavljena njegova daljnja analiza. Vrijednost kognitivnog regresijskog modela potvrđena je značajnim rezultatom analize varijance (Tablica 38), a na njegovu kvalitetu ukazuje i provedeni Durbin-Watsonov test, čija je d vrijednost blizu 2 ($d = 1,79$) i čime je potvrđeno da između rezidualnih odstupanja ne postoji korelacija, odnosno da u podatkovnom setu nema autokorelacije koje bi mogle utjecati na značajnost modela (Dizdar, 2006).

Tablica 38. Rezultati analize varijance učinjene u sklopu provedbe multiple regresijske analize s varijablom Razumijevanje jezika kao zavisnom varijablom i skupom kognitivnih prediktora

	Suma kvadrata	Stupnjevi slobode (df)	Sredina kvadrata	F vrijednost	Značajnost (p)
Regresija	0,084	4	0,021	4,851	0,004
Reziduali	0,130	30	0,004	-	-
Ukupno	0,215	-	-	-	-

Analiza regresijskih koeficijenata kognitivnih prediktora u modelu prikazana je Tablicom 39 sa svrhom uočavanja pojedinačnog doprinosa svake kognitivne varijable predikciji razumijevanja jezika kod djece s kohlearnim implantatima. Pregledom vrijednosti sirovih (B) i standardiziranih (beta) regresijskih koeficijenata iz Tablice 39 moguće je uočiti da je relativni doprinos predikciji razumijevanja jezika na odabranoj razini značajnosti od $p < 0,05$ značajan za dvije nezavisne kognitivne varijable: *Pamćenje brojeva naprijed* (beta=0,456) i *CORSI raspon naprijed* (beta=-0,478), dok doprinos preostale dvije kognitivne varijable nije bio značajan.

Tablica 39. Univarijatni test značajnosti odnosa kognitivnih prediktora i zavisne varijable Razumijevanje jezika, proveden u multiploj regresijskoj analizi.

	Standardizirani regresijski koeficijenti (beta)	Standardna pogreška bete	Sirovi regresijski koeficijenti (B)	Standardna pogreška B	t(30)	Značajnost (p)
Konstanta			1,770	0,109	16,180	0,000
Pamćenje brojeva naprijed	0,456	0,162	0,388	0,137	2,822	0,008
Pamćenje brojeva natrag	0,343	0,196	0,226	0,129	1,751	0,090
CORSI raspon naprijed	-0,478	0,222	-0,434	0,202	-2,153	0,040
CORSI raspon natrag	0,019	0,226	0,013	0,155	0,083	0,934

Legenda: Masno otisnuti redci predstavljaju značajne vrijednosti na razini od $p < 0,05$

Analiza doprinosa pojedinog kognitivnog prediktora ukupnom regresijskom rezultatu nastavljena je provjerom parcijalnih korelacija. Tablica 40 sadrži rezultate kvadriranja ovih korelacija i njihovog množenja sa 100, to jest postotak totalne varijance jedinstven za pojedini prediktor (Dizdar, 2006).

Tablica 40. Parcijalne korelacije kognitivnih prediktora i zavisne varijable Razumijevanje jezika. Masno otisnuti retci predstavljaju značajne vrijednosti na razini od $p < 0,05$

	Parcijalne korelacije	Jedinstveni doprinos koeficijentu determinacije (%)	Tolerancija	t(30)	Značajnost (p)
Pamćenje brojeva naprijed	0,458	20,79	0,775	2,822	0,008
Pamćenje brojeva natrag	0,305	9,30	0,529	1,751	0,090
CORSI naprijed raspon	-0,366	13,40	0,410	-2,153	0,050
CORSI natrag raspon	0,015	0,02	0,396	0,083	0,934

Doprinos varijabli *Pamćenje brojeva naprijed* i *CORSI raspon naprijed*, koje su se u kognitivnom modelu pokazale statistički značajnima za predviđanje razumijevanja jezika djece s kohlearnim implantatom, iznosi 34,19%, a pregledom kolone *Tolerancija* vidljivo je da model nema problem multikolinearnost jer se vrijednosti ne spuštaju ispod 0,10 (Palant, 2007).

Sirove vrijednosti reziduala u Tablici 41 otkrivaju da u kognitivnom modelu nema univarijatnih ekstrema: njihov je smještaj unutar raspona ± 3 standardne devijacije sirove vrijednosti reziduala, što upućuje da među pojedinim rezultatima nema onih koji bi zbog velikih odstupanja utjecali na konačan regresijski rezultat, a na isti zaključak navodi analiza Mahalanobisovih udaljenosti i vrijednosti Cookovih udaljenosti u Tablici 42. Naime, sumnju da je na regresiju u ovom modelu utjecao pojedini ekstremni rezultat možemo odbaciti jer niti jedna od vrijednosti Cookovih udaljenosti nije veća od 0,5 (Weisberg i Cook, 1982).

Tablica 41. Analiza postojanja univarijatnih ekstrema: smještaj vrijednosti reziduala za pojedinog sudionika unutar raspona ± 3 standardne devijacije

Standardne devijacije -3s ... 0 ... +3s	Izmjerene vrijednosti	Prognozirane vrijednosti	Reziduali	Standardna pogreška prognoziranih vrijednosti
1 ...* ...	1,799	1,852	-0,052	0,028
2 ...* ...	2,004	1,948	0,056	0,033
3 ...* ...	1,884	1,868	0,015	0,035
4 ...* ...	1,826	1,852	-0,026	0,028
5 ...* ...	1,803	1,768	0,035	0,029
6 ...* ...	1,857	1,853	0,004	0,016
7 ...* ...	1,869	1,852	0,018	0,028
8 ...* ...	1,771	1,858	-0,087	0,018
9 ...* ...	1,771	1,858	-0,087	0,018
10 ...* ...	1,908	1,908	0,000	0,036
11 ...* ...	1,803	1,881	-0,079	0,016
12 ...* ...	1,968	1,784	0,185	0,026
13 ...* ...	1,942	1,854	0,086	0,019
14 ...* ...	1,803	1,858	-0,055	0,018
15 ...* ...	1,789	1,854	-0,066	0,019
16 ...* ...	1,842	1,883	-0,041	0,014
17 ...* ...	1,908	1,848	0,060	0,017
18 ...* ...	1,839	1,883	-0,044	0,014
19 ...* ...	1,744	1,811	-0,066	0,021
20 ...* ...	1,744	1,769	-0,024	0,029
21 ...* ...	1,767	1,784	-0,016	0,026
22 ...* ...	1,869	1,853	0,016	0,016
23 ...* ...	1,778	1,767	0,011	0,027

24 ...*....	1,889	1,919	-0,029	0,027
25*...	1,900	1,854	0,046	0,019
26*...	1,914	1,870	0,044	0,021
27*..	2,009	1,946	0,063	0,028
28 ...*...	1,860	1,854	0,006	0,019
29*...	1,973	1,953	0,020	0,029
30 ...*....	1,886	1,906	-0,019	0,028
31*...	1,884	1,849	0,035	0,017
32 ...*....	1,785	1,795	-0,010	0,033
33 .*.....	1,748	1,880	-0,132	0,022
34*...	1,944	1,909	0,036	0,037
35*..	2,017	1,922	0,095	0,027
Min .*.....	1,744	1,767	-0,132	0,014
Maks*.	2,017	1,953	0,185	0,037
M...*...	1,860	1,860	0,000	0,024

Legenda: Min=minimalne vrijednosti; Maks=maksimalne vrijednosti; M=srednja vrijednost

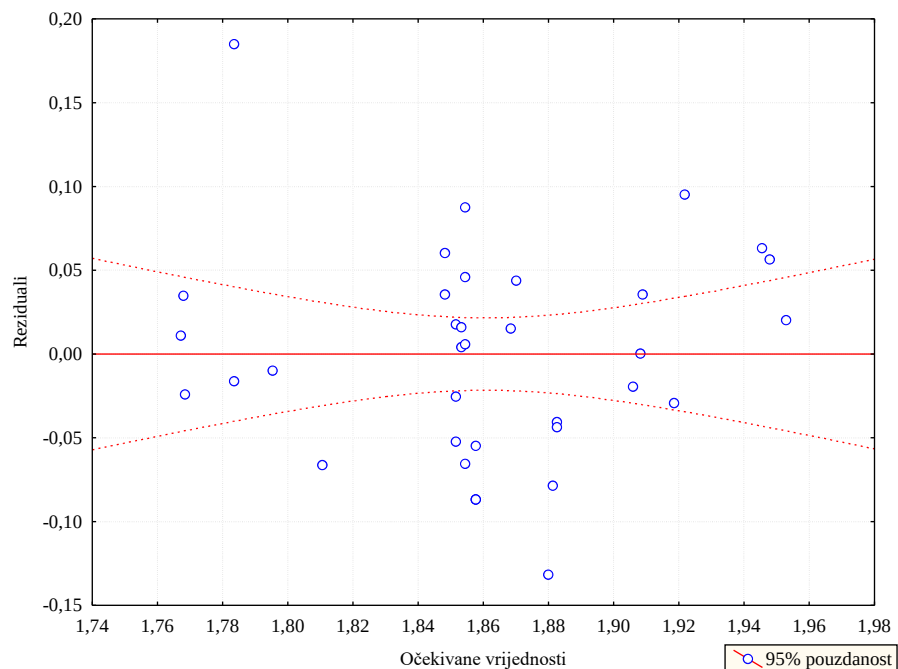
Tablica 42. Analiza postojanja multivarijatnih ekstrema: Mahalanobisove udaljenosti, vrijednosti standardiziranih reziduala nakon isključenja iz analize te Cookove udaljenosti za pojedinog sudionika

Raspon -2,0 2,81 . . +3.	Mahalanobisova udaljenost	Standardizirani residual	Residual nakon isključenja slučaja iz analize	Cookova udaljenost
12*	4,409	2,805	0,220	0,352
33 .*.....	2,843	-1,999	-0,148	0,114
35*..	4,590	1,445	0,114	0,098
13*..	1,866	1,328	0,095	0,035
8 .*.....	1,654	-1,318	-0,094	0,032
9 .*.....	1,654	-1,318	-0,094	0,032
11 .*.....	0,925	-1,192	-0,083	0,018
19 .*.....	2,443	-1,007	-0,074	0,025
15 .*.....	1,866	-0,996	-0,072	0,020
27*...	5,283	0,956	0,077	0,050
17*...	1,222	0,914	0,064	0,012
2*...	7,446	0,856	0,075	0,064
14 .*.....	1,654	-0,834	-0,060	0,013
1 .*.....	5,228	-0,79315	-0,064	0,034
25*...	1,866	0,696	0,050	0,010
18 .*.....	0,670	-0,664	-0,046	0,005
26*...	2,454	0,664	0,049	0,011
16 .*.....	0,670	-0,617	-0,043	0,004
34*...	9,983	0,539	0,052	0,041
31*...	1,222	0,537	0,038	0,004
5*...	5,665	0,527	0,043	0,017
24 ..*....	4,825	-0,445	-0,035	0,010
4 ..*....	5,228	-0,388	-0,031	0,008
20 ..*....	5,477	-0,367	-0,030	0,008

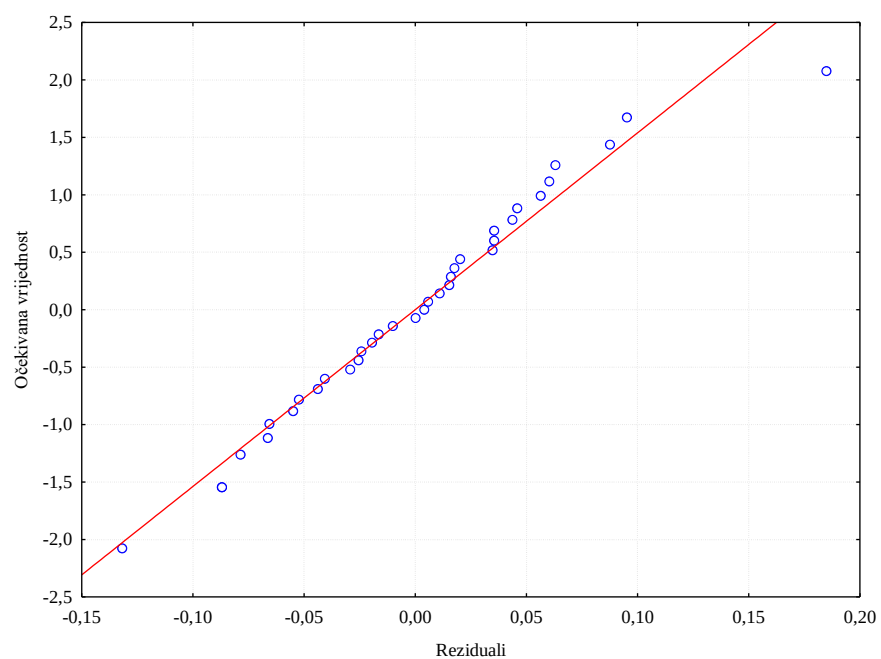
29 ... *	5,509	0,306	0,025	0,005
30 ... *	5,249	-0,295	-0,024	0,005
7 ... *	5,228	0,267	0,022	0,004
21 ... *	4,409	-0,249	-0,020	0,003
22 ... *	1,046	0,243	0,017	0,001
3 ... *	8,463	0,231	0,021	0,006
23 ... *	4,914	0,166	0,013	0,001
32 ... *	7,776	-0,152	-0,013	0,002
28 ... *	1,866	0,089	0,006	0,000
6 ... *	1,046	0,062	0,004	0,000
10 ... *	9,355	0,003	0,000	0,000
Min . *	0,670	-1,999	-0,148	0,000
Maks *	9,983	2,805	0,220	0,352
M. . . *	3,886	-0,000	0,002	0,030

Legenda: Min=minimalne vrijednosti; Maks=maksimalne vrijednosti; M=srednja vrijednost

Vizualnom provjerom rezultata regresijske analize nalazi se još dokaza o nepristranosti kognitivnog modela. Dijagram očekivanih vrijednosti i reziduala koji je predstavljen grafičkim prikazom 13 prikazuje konstantnost varijance reziduala za sve vrijednosti u zavisnoj varijabli, a Q-Q dijagram predstavljen grafičkim prikazom 14 prikazuje teoretske kvantile (percentile) u odnosu na stvarne kvantile promatranih varijabli (Dizdar i Katović, 2021). Na normalnu distribuciju reziduala ukazuje položaj pojedinih rezultata blizu liniji na Q-Q dijagramu, što utvrđuje kvantitativni aspekt provedene regresije s kognitivnim prediktorima: ovaj podatkovni skup ne sadrži ekstreme koji bi ugrozili linearan odnos između receptivnog jezičnog kriterija i kognitivnih prediktora, čime je ostvarena glavna pretpostavka ove statističke metode (linearan odnos promatranih varijabli) (Dizdar i Katović, 2021).



Grafički prikaz 13.. Pregled konstantnosti varijance reziduala na zavisnoj varijabli ispitivanjem odnosa očekivanih vrijednosti i reziduala.



Grafički prikaz 14. Pregled normalnosti distribucije reziduala ispitivanjem odnosa teoretskih i stvarnih kvantila promatranih regresijskih varijabli

Za još potpuniju sliku povezanosti verbalnog radnog pamćenja i razumijevanja jezika kod djece s kohlearnim implantatom napravljena je dodatna analiza pomoću Mann-Whitney U testa (razina značajnosti od $p < 0,05$). Ispitane su razlike između grupa djece s boljim i lošijim jezičnim razumijevanjem (podijeljene prema medijanu rezultata koje su postigli na varijabli razumijevanja jezika) na kognitivnim varijablama. Iz Tablice 43 vidljivo je da grupa djece koja ima bolje jezično razumijevanje ima i bolje verbalno radno pamćenje u odnosu na grupu djece koja ima lošije jezično razumijevanje. Na ostalim pojedinačnim kognitivnim varijablama nisu pronađene statistički značajne razlike između ove dvije grupe pa se može reći da regresijska analiza prikazuje suodnos pohrane verbalnih i neverbalnih informacija u radnom pamćenju kod promatrane djece s kohlearnim implantatima unutar kognitivnog regresijskog modela: djeca s boljim jezičnim rezultatima istovremeno imaju veći kapacitet pohrane verbalnih informacija i manju potrebu oslanjanja na pohranu neverbalnih informacija u radnom pamćenju, no pojedinačna razlika između jezično bolje i lošije djece ipak je dominantno u uspješnosti pohrane verbalnih informacija.

Tablica 43. Ispitivanje razlika između djece s kohlearnim implantatom s boljim i lošijim jezičnim rezultatima na kognitivnim varijablama primjenom Mann-Whitney U testa (razina značajnosti od $p < 0,05$).

	Djeca s lošijim jezičnim razumijevanjem	Djeca s boljim jezičnim razumijevanjem	U	Z	p-level
Razumijevanje jezika	153,00	477,00	0,000	-5,052	0,000
Pamćenje brojeva naprijed	235,00	395,00	82,00	-2,541	0,011
Pamćenje brojeva natrag	275,00	355,00	122,00	-1,102	0,270
CORSI naprijed raspon	292,50	337,50	139,50	-0,476	0,634
CORSI natrag raspon	286,00	344,00	133,00	-0,691	0,490

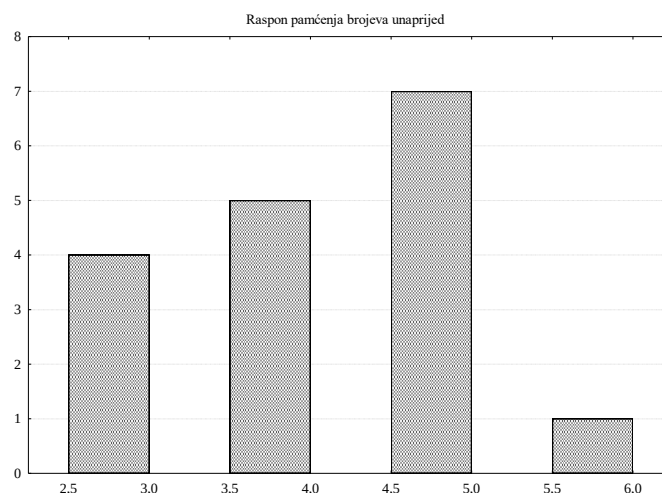
Legenda: Masno otisnuti redci predstavljaju značajne vrijednosti na razini od $p < 0,05$

Deskriptivni podaci pokazuju da grupa djece s lošijim razumijevanjem pamti manji raspon znamenki unaprijed (Tablica 44), odnosno slabije pohranjuje verbalne informacije, što potvrđuje i grafički prikaz rezultata (Grafički prikaz 15) na kojem se primjećuje da veliki broj djece s kohlearnim implantatom pamti raspon od samo 4 znamenke i manje (4 djece pamti 3 znamenke i

manje). Iz Tablice i histograma grupe djece s boljim jezičnim razumijevanjem (vidljivo je da ova djeca pamte veći broj znamenki, čak 4 djece 5-7 znamenki (Tablica 45 i Grafički prikaz 16). Možemo pretpostaviti da se u skupini djece s kohlearnim implantatom ipak diferenciraju ona s boljom temeljnom izvršnom funkcijom od one s lošijom te da su ovakvi rezultati očekivani jer se odnose na pohranu verbalnih/jezičnih informacija i moguće je da je slabije verbalno radno pamćenje upravo jedan od uzroka slabijeg jezičnog razvoja kod grupe s lošijim jezičnim razumijevanjem.

Tablica 44. Deskriptivni podaci o rasponu pamćenja brojeva unaprijed skupine djece s kohearnim implantatom s lošijim razumijevanjem jezika

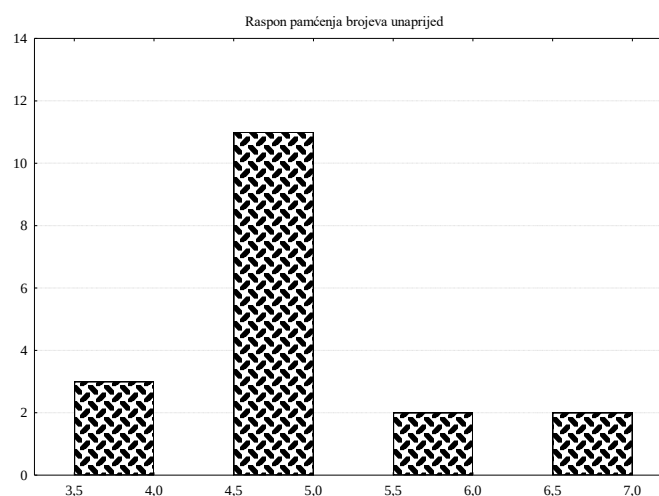
Djeca s lošijim jezičnim razumijevanjem	N	M	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Razumijevanje jezika	17	62,18	55,50	72	4,96
Pamćenje brojeva naprijed	17	4,29	3	6	0,92



Grafički prikaz 15. Pamćenje brojeva naprijed djece s lošijim jezičnim razumijevanjem

Tablica 45. Deskriptivni podaci o rasponu pamćenja brojeva unaprijed skupine djece s kohearnim implantatom s lošijim razumijevanjem jezika

Djeca s boljim jezičnim razumijevanjem	N	M	Minimalna vrijednost	Maksimalna vrijednost	Standardna devijacija
Razumijevanje jezika	18	84,50	72,50	104	10,28
Pamćenje brojeva naprijed	18	5,17	4	7	0,86



Grafički prikaz 16. Raspon pamćenja brojeva unaprijed djece s boljim jezičnim razumijevanjem

Naposlijetku je provedena regresijska analiza s varijablom *Razumijevanje jezika* kao zavisnom varijablom te 4 prediktora koji su se u prethodnim regresijskim analizama pokazali značajnima: dva audiološka prediktora *Srednji prag sluha na implantiranom uhu* i *Dob implantacije u mjesecima* te dva kognitivna prediktora *Pamćenje brojeva naprijed* i *CORSI raspon naprijed*.

Tablica 46. Rezultati primjene multiple regresijske analize s varijablom *Razumijevanje jezika* kao zavisnom varijablom te dva audiološka i dva kognitivna prediktora

Koeficijent multiple korelacije (R)	Koeficijent determinacije (R^2)	Korigirani koeficijent determinacije (AR^2)	F vrijednost analize varijance (4, 30)	Standardna pogreška prognoze (SEE)	Značajnost (p)
0,673	0,453	0,381	6,222	0,063	0,001

Iz Tablice 46 vidljivi su rezultati te regresijske analize, a koeficijentom multiple korelacije R od 0,673, koeficijentom determinacije (R^2) od 0,453 te korigiranim koeficijentom determinacije od 0,381, što znači da auditivni i kognitivni prediktori u modelu s kriterijskom varijablom *Razumijevanje jezika* dijele 38,1% varijance. Doprinos ova četiri prediktora predviđanju razumijevanja jezika promatrane djece s kohlearnim implantatima je statistički značajan na odabranoj razini značajnosti od $p < 0,05$ ($p = 0,001$).

Tablica 47. Rezultati analize varijance učinjene u sklopu provedbe multiple regresijske analize s varijablom *Razumijevanje jezika* kao zavisnom varijablom i skupom audioloških prediktora

	Suma kvadrata	Stupnjevi slobode (df)	Sredina kvadrata	F vrijednost	Značajnost (p)
Regresija	0,097	4	0,024	6,222	0,001
Reziduali	0,117	30	0,004	-	-
Ukupno	0,215	-	-	-	-

U Tablici 47 nalaze se rezultati analize varijance za audiološko-kognitivni regresijski model, koji potvrđuju njegovu značajnost. Durbin-Watsonov test imao je d vrijednost od 1,51 koja ukazuje da je podatkovni set na samoj granici u smislu postojanja autokorelacije (Dizdar, 2006).

Analiza regresijskih koeficijenata dva audiološka i dva kognitivna prediktora u modelu prikazana je Tablicom 48. Na osnovu vrijednosti sirovih (B) i standardiziranih (β) regresijskih koeficijenata, značajan doprinos predikciji razumijevanja jezika kod djece s kohlearnim implantatima na odabranoj razini značajnosti od $p < 0,05$ daju audiološka varijabla *Srednji prag sluha na implantiranom uhu* ($\beta = 0,456$) i kognitivna varijabla *CORSI naprijed raspon* ($\beta = -0,478$). Navedeno upućuje da djeca s kohlearnim implantatima s boljim jezičnim rezultatima ujedno imaju manji prag čujnosti, ali i manji kapacitet pohrane neverbalnih informacija (zbog negativnog predznaka β).

Tablica 48. Univarijantni test značajnosti odnosa dva audiološka i dva kognitivna prediktora i zavisne varijable Razumijevanje jezika, proveden u multiploj regresijskoj analizi.

	Standardiziran i regresijski koeficijenti (beta)	Standardna pogreška bete	Sirovi regresijski koeficijenti (B)	Standardna pogreška B	t(30)	Značajnost (p)
Konstanta			2,632	0,357	7,384	0,000
Srednji prag sluha na implantiranom uhu	-0,345	0,156	-0,317	0,143	-2,218	0,034
Dob implantacije u mjesecima	-0,297	0,152	-0,180	0,093	-1,953	0,060
Pamćenje brojeva naprijed	0,305	0,173	0,259	0,147	1,758	0,089
CORSI raspon naprijed	-0,325	0,142	-0,294	0,129	-2,291	0,029

Legenda: Masno otisnuti redci predstavljaju značajne vrijednosti na razini od $p < 0,05$

U Tablici 49 nalaze se rezultati analize parcijalnih korelacija i postotka totalne varijance jedinstvenog za pojedini prediktor. Iz ove je tablice moguće uočiti da je zajednički doprinos predikciji razumijevanja jezika dva prediktora koji su se pokazala značajnima u ovoj analizi iznosi 28,26% te da je njihov pojedinačan predikcijski potencijal u modelu podjednak. Vrijednosti u koloni *Tolerancija* ukazuju da model nema problem multikolinearnosti jer vrijednosti nisu niže od 0,10 (Pallant, 2007).

Tablica 49. Parcijalne korelacije dva audiološka i dva kognitivna prediktora i zavisne varijable Razumijevanje jezika.

	Parcijalne korelacije	Jedinstveni doprinos koeficijentu determinacije (%)	Tolerancija	t(30)	Značajnost (p)
Srednji prag sluha na implantiranom uhu	-0,375	14	0,752	-2,218	0,034
Dob implantacije u mjesecima	-0,336	-0,264	0,788	-1,953	0,060
Pamćenje brojeva naprijed	0,306	0,237	0,607	1,758	0,089
CORSI raspon naprijed	-0,386	-0,309	0,908	-2,291	0,029

Legenda: Masno otisnuti redci predstavljaju značajne vrijednosti na razini od $p < 0,05$

Sirove vrijednosti reziduala u Tablici 50 otkrivaju da u regresijskom modelu sastavljenom od dvije audiološke i dvije kognitivne varijable nema univarijatnih ekstrema jer se smještaju unutar raspona ± 3 standardne devijacije sirove vrijednosti reziduala, a isto potvrđuje provjera vrijednosti Mahalanobisovih udaljenosti i Cookovih udaljenosti u Tablici 51, od kojih niti jedna ne prelazi vrijednost od 0,5, što bi ukazivalo na postojanje rezultata koji bi mogli utjecati na provedenu regresiju (Weisberg i Cook, 1982).

Tablica 50. Analiza postojanja univarijatnih ekstrema: smještaj vrijednosti reziduala za pojedinog sudionika unutar raspona ± 3 standardne devijacije

Standardne devijacije -3s ... 0 ... +3s	Izmjerene vrijednosti	Prognozirane vrijednosti	Reziduali	Standardna pogreška prognoziranih vrijednosti
1 ...*....	1,799	1,861	-0,062	0,023
2*..	2,004	1,943	0,061	0,032
3*..	1,884	1,871	0,013	0,028
4 ...*....	1,826	1,861	-0,035	0,023
5*..	1,803	1,797	0,006	0,025
6 ...*....	1,857	1,852	0,005	0,021
7 ...*....	1,869	1,927	-0,056	0,025
8 ...*....	1,771	1,854	-0,083	0,017
9 ...*....	1,771	1,834	-0,063	0,017
10 ...*....	1,908	1,952	-0,044	0,032
11 ...*....	1,803	1,826	-0,023	0,021
12*..	1,969	1,864	0,104	0,031
13*..	1,942	1,893	0,049	0,025
14*..	1,803	1,780	0,023	0,031
15 ...*....	1,789	1,884	-0,095	0,013
16 ...*....	1,842	1,890	-0,048	0,013
17*..	1,908	1,877	0,031	0,019
18 ...*....	1,839	1,878	-0,039	0,014
19 ...*....	1,744	1,813	-0,068	0,023
20 ...*....	1,744	1,752	-0,008	0,026
21 ...*....	1,767	1,780	-0,013	0,021
22 ...*....	1,869	1,887	-0,018	0,013
23 ...*....	1,778	1,789	-0,011	0,032
24*..	1,889	1,856	0,034	0,026
25*..	1,900	1,831	0,070	0,019
26*..	1,914	1,821	0,093	0,020
27*..	2,008	1,908	0,100	0,024
28*..	1,860	1,851	0,010	0,015
29*..	1,973	1,960	0,013	0,032
30 ...*....	1,886	1,919	-0,032	0,024
31*..	1,884	1,867	0,017	0,017
32*..	1,785	1,746	0,040	0,028
33 ...*....	1,748	1,878	-0,130	0,020

34* ..	1,944	1,886	0,059	0,026
35* ..	2,017	1,916	0,101	0,025
Min .*	1,744	1,746	-0,130	0,013
Maks* ..	2,017	1,960	0,105	0,032
M...* ...	1,860	1,860	-0,000	0,023

Legenda: Min=minimalne vrijednosti; Maks=maksimalne vrijednosti; M=srednja vrijednost

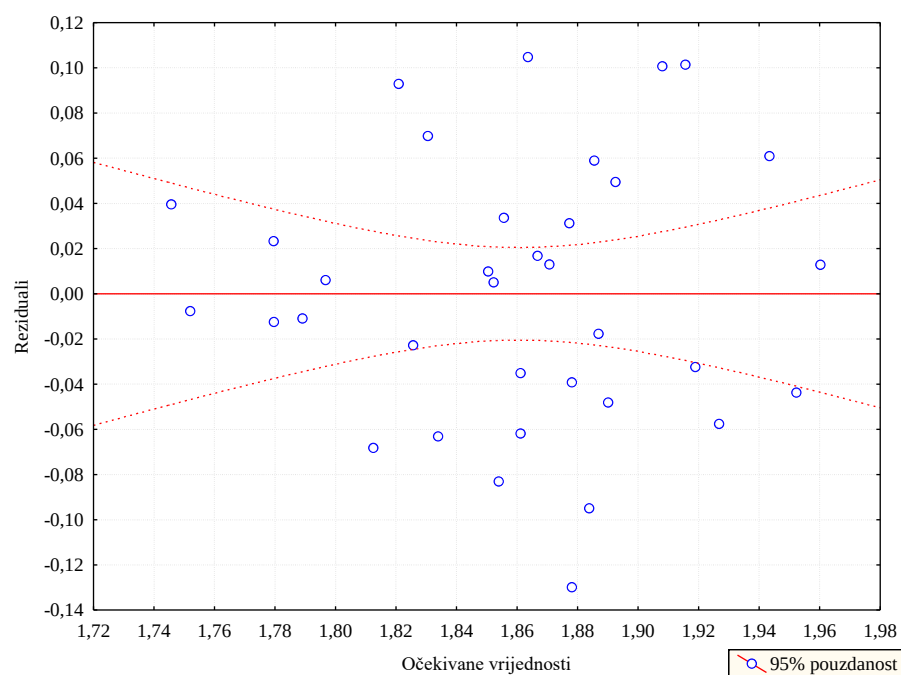
Tablica 51. Analiza postojanja multivarijatnih ekstrema: Mahalanobisove udaljenosti, vrijednosti standardiziranih rezidualanakon isključenja iz analize te Cookove udaljenosti za pojedinog sudionika

Raspon -2,0 2,81 . . +3.	Mahalanobisova udaljenost	Standardizirani residual	Residual nakon isključenja slučaja iz analize	Cookova udaljenost
33.*	2,440	-2,079	-0,144	0,107
12*	7,352	1,676	0,139	0,241
35*	4,543	1,620	0,121	0,121
27*	4,201	1,609	0,119	0,106
15.*	0,553	-1,520	-0,100	0,023
26*	2,429	1,485	0,103	0,054
8.*	1,430	-1,329	-0,089	0,029
25*	2,238	1,116	0,077	0,029
19.*	3,523	-1,091	-0,079	0,042
9.*	1,499	-1,010	-0,068	0,017
1.*	3,794	-0,989	-0,072	0,037
2*	7,891	0,973	0,082	0,090
34*	5,037	0,942	0,072	0,046
7.*	4,531	-0,921	-0,069	0,039
13*	4,584	0,791	0,059	0,029
16*	0,611	-0,7705	-0,051	0,006
10*	7,722	-0,701	-0,059	0,045
32*	5,694	0,632	0,049	0,024
18*	0,659	-0,628	-0,041	0,004
4*	3,794	-0,561	-0,041	0,011
24*	5,001	0,537	0,041	0,015
30*	3,971	-0,518	-0,038	0,011
17*	2,007	0,4990	0,034	0,005
14*	7,463	0,371	0,031	0,012
11*	2,796	-0,366	-0,026	0,004
22*	0,559	-0,284	-0,019	0,001
31*	1,486	0,269	0,018	0,001
3*	6,035	0,206	0,016	0,003
29*	7,952	0,205	0,017	0,004
21*	2,838	-0,200	-0,014	0,001
23*	7,987	-0,175	-0,015	0,003
28*	1,081	0,157	0,010	0,000
20*	4,959	-0,123	-0,009	0,001
5*	4,348	0,096	0,007	0,000

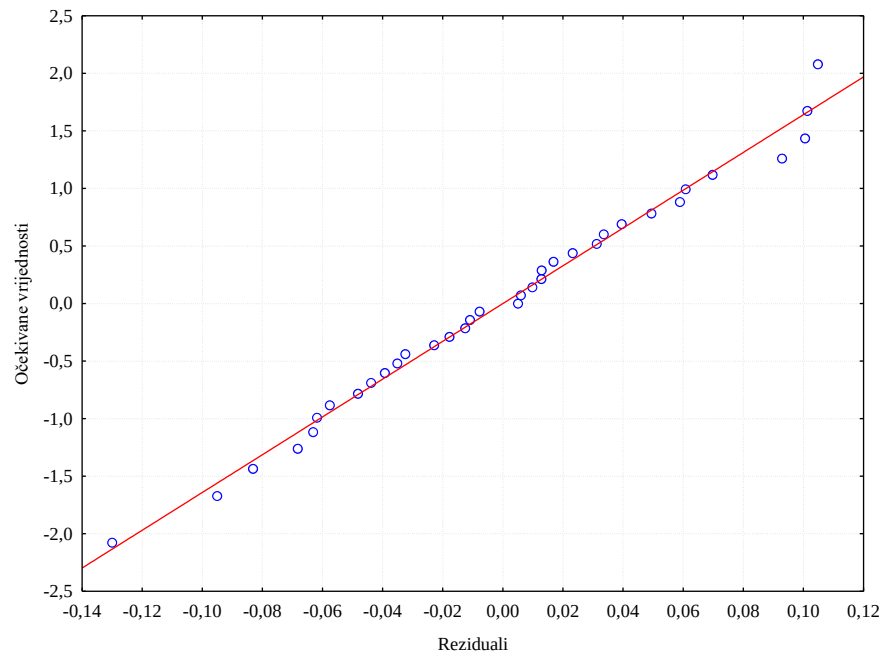
6....*...	2,993	0,080	0,006	0,000
Min.*.....	0,553	-2,079	-0,144	0,000
Maks.....*	7,987	1,676	0,139	0,241
M....*...	3,886	-0,000	0,002	0,033

Legenda: Min=minimalne vrijednosti; Maks=maksimalne vrijednosti; M=srednja vrijednost

Zadnji korak u analizi prediktivnog potencijala regresijskog modela s dvije audiološke i dvije kognitivne varijable bilo je njegovo vizualno ispitivanje. Odnos očekivanih vrijednosti i reziduala predstavljen je grafičkim prikazom 17, a odnos teoretskih kvantila (percentila) i stvarnih kvantila promatranih varijabli (Dizdar i Katović, 2021). grafičkim prikazom 18. Na osnovu položaja pojedinih rezultata u blizini regresijske linije, još je jednom moguće reći da vizualna provjera ukazuje na normalnu distribuciju reziduala u ovoj regresijskoj analizi, odnosno da analizirani podatkovni skup ne sadrži ekstreme koji bi ugrozili linearan odnos između receptivnog jezičnog kriterija i kognitivnih prediktora.



Grafički prikaz 17.. Pregled konstantnosti varijance reziduala na zavisnoj varijabli ispitivanjem odnosa očekivanih vrijednosti i reziduala.



Grafički prikaz 18. Pregled normalnosti distribucije reziduala ispitivanjem odnosa teoretskih i stvarnih kvantila promatranih regresijskih varijabli

6. RASPRAVA

Cilj ovog rada bio je utvrditi optimalan multivarijatan model predikcije vještina receptivnog jezika prirođeno teško nagluhe ili gluhe djece s kohlearnim implantatima. Ispunjenje definiranog cilja obuhvatilo je:

- ispitivanje i usporedbu receptivnog jezika djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece
- ispitivanje i usporedbu vještina verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom i čujuće djece
- ispitivanje osobitosti verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom
- ispitivanje doprinosa verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja varijabilnosti u jezičnim ishodima kod djece korisnika kohlearnih implantata, u zajedništvu s osobnim, audiološkim i habilitacijskim čimbenicima.

6.1. Razumijevanje jezika djece s kohlearnim implantatom

Prelingvalno gluha djeca zahvaljujući modernoj tehnologiji kohlearnih implantata imaju priliku čuti govor i razvijati govoreni jezik slično kao njihovi čujući vršnjaci. Međutim, kod ove djece često su prijavljivana kašnjenja u različitim aspektima jezičnog razvoja pa su u ovom radu najprije provjerene njihove receptivne rječničke i gramatičke vještine i uspoređene s kontrolnom skupinom čujućih vršnjaka. U tu su svrhu korišteni standardizirani jezični testovi na hrvatskom jeziku. Iako je zaključivanje o jezičnom razvoju djece s oštećenjem sluha na osnovu testova standardiziranih za čujuću populaciju iz više razloga problematično (Prezbindowski i Lederberg, 2003), ono ipak dozvoljava uočavanje područja koja su za djecu s kohlearnim implantatom teška, odnosno identificiranje vještina u kojima lakše ili teže dosežu razine primjerene dobi. Naime, rezultati djece s kohlearnim implantatom na standardiziranim testovima mogu imati praktične implikacije za stručnjake koji moraju određivati habilitacijske ciljeve i programe, ako se izvrši njihova pažljiva kvalitativna procjena (Prezbindowski i Lederberg, 2003).

Pokazalo se da je rječničko znanje djece s kohlearnim implantatom statistički značajno slabije u odnosu na čujuće vršnjake, što je u skladu s brojnim drugim istraživanjima, od kojih su neka prikazana u Tablici 45. Razvidno je da niti u jednom istraživanju razumijevanja rječnika pomoću testa PPVT djeca s kohlearnim implantatom nisu dosegla normativni prosječni rezultat od 100. Ovakvi rezultati su razočaravajući, s obzirom na već uvriježeni rani probir djece na oštećenje sluha i posljedičnu ranu intervenciju kohlearnim implantatima i rano uključivanje u rehabilitacijske postupke, oralni pristup edukaciji, uredne intelektualne sposobnosti, odsutnost dodatnih teškoća te tehnološku pomoć (moderne sustave kohlearnih implantata i redovito programiranje i korištenje uređaja).

Tablica 52. Rezultati nekih istraživanja razumijevanja rječnika testom PPVT kod djece s kohlearnim implantatom

Istraživanje	Dob (godine)	Broj djece s kohlearnim implantatom	Raspon rezultata	Standardizirani rezultat
Ovo istraživanje	6–15	N=33	50–102	M=69
Young i Killen (2002)	6,10–12	N=6	40–70	M=57
Fagan i suradnici (2007)	6–14	N=26	40–117	M=80
Schorr i suradnici (2008)	5–14	N=39	-	M=87
Geersi suradnici (2009)	5–7	N=153	41–124	M=86
Conway i suradnici (2011)	5–10	N=23	59–107	M=86
Fitzpatrick i suradnici (2012)	6–18	N=21	-	M=77
Ambrosei suradnici (2012)	3–5	N=23	-	M=91
Walker i McGregor (2013)	3,6–6,9	N=24	55–116	M=90
Dettman i suradnici (2016)	3,7–8,6	N=207	30–138	M=75
Hrastinski i suradnici (2019)	10,2–15,1	N=9	44–105	M=74

Imajući u vidu da jezična kompetencija, osim o rječničkom znanju ovisi i o gramatičkom razumijevanju, u ovom je radu ispitano razumijevanje gramatike hrvatskog jezika. Pomoću gramatike se uspostavljaju odnosi između pojedinih glasovnih nizova, pravila sintakse i značenja glasovnih nizova pa se ona može smatrati skupom pravila koja opisuju kako je područje zvuka povezano s područjem značenja (Nikolopoulos i sur., 2004). S obzirom da je usvajanje složenog sustava gramatike, čak i kod čujuće djece, dugotrajan proces, pretpostavljeno je da će gluha

djeca s kohlearnim implantatom, koja jezik usvajaju kasnije nego čujućih vršnjaci, biti u nepovoljnijem položaju u pogledu razvoja gramatičke kompetencije. Neparametrijskom analizom utvrđeno je statistički značajno slabije razumijevanje gramatike djece s kohlearnim implantatom ($SD = 77,31$) u odnosu na kontrolnu skupinu čujućih vršnjaka ($SD = 108,30$). Slične rezultate prijavili su Hrastinski i suradnici (2019), u čijem su istraživanju djeca s kohlearnim implantatom osnovnoškolske dobi postigla prosječan standardizirani rezultat 66 na testu TROG-2:HR. U istraživanju razumijevanja gramatike djece s kohlearnim implantatom koje su proveli Willstedt-Svensson i suradnici (2004) pomoću švedske verzije TROG testa također je uočen slabiji prosječan rezultat (34,7%) u odnosu na čujuće vršnjake (57%), dok je u istraživanju May-Mederake (2012), provedenom pomoću njemačke verzije testa TROG, ustanovljeno da 9 od 19 djece s kohlearnim implantatom nije postiglo rezultat unutar granica čujućih vršnjaka.

Za stjecanje jasnije slike o razumijevanju gramatike pristupilo se analizi u centilima. Najveći broj djece s kohlearnim implantatom (74%) na testu razumijevanja gramatike postiglo je nizak rezultat (ispod 25. centila), prosječan rezultat (između 25. i 75. centila) postiglo je 23% sudionika s kohlearnim implantatom, od čega većina u granicama niskog prosjeka, a samo jedno dijete s kohlearnim implantatom postiglo je visok rezultat (81. centil). Nikolopoulos i suradnici (2004) prijavljuju slične rezultate na TROG testu, ali kod djece s kohlearnim implantatom niže kronološke dobi (5 godina), od kojih je 80% postiglo rezultat ispod 25. centila, a samo 17 % između 25. i 75. centila. Za razliku od ovih istraživanja, Colleti i suradnici (2011) ustanovili su da je čak 58% gluhe djece implantirane između 12. i 36. mjeseca života, nakon 10 godina korištenja kohlearnog implantata, postiglo rezultat iznad 75. centila. Ovakve razlike u rezultatima razumijevanja gramatike mogu biti rezultat dobi implantacije, s obzirom da su Colleti i suradnici (2011) u uzorku imali samo rano implaniranu djecu (prije 36 mjeseca života).

Za dobivanje uvida u opću razinu jezičnog razumijevanja skupine djece korisnika kohlearnih implantata i usporedbu sa skupinom njihovih čujućih vršnjaka napravljena je derivacija sumarne mjere receptivnog jezika računanjem aritmetičke sredine pojedinih rezultata na dvije navedene standardizirane mjere rječničkog, odnosno gramatičkog razumijevanja. I ova analiza je pokazala statistički značajno slabije razumijevanje jezika djece s kohlearnim implantatom osnovnoškolske dobi u odnosu na čujuće vršnjake. Navedeni rezultati istraživanja pokazuju da djeca s kohlearnim implantatom, usprkos ranoj intervenciji i korištenju najmodernije tehnologije kohlearnih

implantata ne dostižu razinu jezičnog razumijevanja čujućih vršnjaka te potvrđuju opravdanost daljnjeg ispitivanja čimbenika koji leže u osnovi ovih razlika.

6.2. Vještine radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom

Radno pamćenje je temelj za izvršavanje složenih kognitivnih zadataka kao što je razumijevanje jezika i ključni je čimbenik efikasnosti jezične obrade i učenja jezika te samim time utječe na različita područja jezičnog i govornog razvoja koji ovise o brzom i učinkovitom fonološkom kodiranju govora u radnom pamćenju (poput percepcije govora, prepoznavanja izgovorenih riječi, poznavanja rječnika i razumijevanja jezika (Gathercole i sur., 2004). Ispitivanje radnog pamćenja može omogućiti bolje razumijevanje varijabilnosti jezičnih ishoda kod prirođeno gluhe djece koja koriste kohlearni implantat, s obzirom da je ono glavni čimbenik jezičnog razvoja te s obzirom na sugestije nekih autora da osnovne operacije obrade informacija u radnom pamćenju, koje se koriste za kodiranje, pohranjivanje, zadržavanje i pronalaženje fonoloških i leksičkih reprezentacija riječi (Pisoni i sur., 2011), mogu biti oslabljene kod prirođeno gluhe djece koja doživljavaju slušnu deprivaciju tijekom ranih razvojnih godina kritičnih za razvoj ovih vještina (Davidson i sur, 2019). S toga su u ovom istraživanju ispitane i uspoređene vještine radnog pamćenja prirođeno gluhe djece koja koriste kohlearni implantat i njihovih čujućih vršnjaka, ne bi li se utvrdilo moguće razlike te u kojem se segmentu one nalaze (jesu li posljedica teškoća u pohrani informacija ili u njihovoj obradi).

Ključna komponenta radnog pamćenja odgovorna za jezičnu obradu je verbalno radno pamćenje u kojem se vrši kodiranje, pohranjivanje i obrada fonoloških reprezentacija govora i koje je presudno za razvoj percepcije govora i govornog jezika kod gluhe djece s kohlearnim implantatom (Geers i sur., 2014; Harris i Terlektsi 2011; Burkholder i Pisoni, 2003; Pisoni i Cleary, 2003). Zadnjih desetljeća konstruirane su brojne mjere koje ispituju verbalno radno pamćenje, a jedna od najčešće korištenih (u općoj populaciji i kod osoba s oštećenjem sluha) je Raspon pamćenja brojeva (WISC-IV-HR) koja je korištena i u ovom istraživanju. Za dobivanje podataka o pohrani verbalnih informacija ispitano je pamćenje brojeva istim redoslijedom, dok je za dobivanje podataka o obradi verbalnih informacija ispitano pamćenje brojeva obrnutim

redosljedom. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da djeca s kohlearnim implantatom u prosjeku pamte manji raspon znamenki, odnosno da slabije pohranjuju verbalno prezentirane informacije u radnom pamćenju, što je u skladu su s istraživanjima koje su proveli Geers i sur. (2013), Burkholder i Pisoni (2003) te Pisoni i Cleary (2003). Navedeno upućuje na mogućnost različitog senzornog kodiranja kod djece s kohlearnim implantatom u odnosu na čujuće vršnjake. Cleary i suradnici (2001) slabiju pohranu verbalnih informacija u radnom pamćenju objašnjavaju ranom slušnom deprivacijom, odnosno tumače da iako kohlearni implantat gluhoj djeci omogućuje pristup zvuku, atipična rana osjetilna i perceptivna iskustva i dalje su vidljiva u tome kako percipiraju i kodiraju senzorne informacije. Jedno od mogućih objašnjenja ovakvih rezultata daju Nitttrouer i suradnici (2017), koji kažu da slabije razvijena pohrana verbalnih informacija u radnom pamćenju djece s kohlearnim implantatom nastaje zbog slabe rezolucije signala iz kohlearnog implantata, koja ograničava njihove sposobnosti stjecanja fonološke svjesnosti, odnosno sprječava njihovu sposobnost pohranjivanja stavki pomoću fonološkog koda. Ovo je istraživanje pokazalo da djeca s kohlearnim implantatom slabije reproduciraju i nizove brojeva obrnutim redosljedom, što ukazuje na činjenicu da imaju ne samo slabiju pohranu verbalnih informacija, već i njihovo slabije procesiranje, odnosno slabije manipuliraju verbalnim informacijama. Slabije razvijena pohrana verbalnih informacija kod djece s kohlearnim implantatom u skladu je s tumačenjem *osjetilne teorije*. Međutim, ovo je istraživanje pokazalo da djeca s kohlearnim implantatima pokazuju i slabiju obradu verbalnih informacija od čujućih vršnjaka, što je sukladno izvještajima iz većeg broja ranijih istraživanja (Davidson i sur., 2019; Harris i sur., 2013; Geers i sur., 2013; Pisoni i Cleary, 2003; Burkholder i Pisoni, 2003), što se može povezati i s *kognitivnom teorijom*, prema kojoj su slabosti verbalnog radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom općenito posljedica rane slušne deprivacije, zbog koje se od početka nisu razvijale kognitivne vještine potrebne za razvoj oralnog jezika. Ova teorija ističe specifičnosti u neurokognitivnom razvoju dijela djece s kohlearnim implantatom, koje su posljedica izostanka slušanja u mjesecima prije implantacije, a time i izostanka razvoja kognitivnih funkcija na kojima počiva jezično procesiranje (Pisoni i sur., 2017; Kronenberger i sur., 2014; Conway i sur., 2009; Pisoni, 2000). U tom smislu, utvrđena slabija obrada verbalnih informacija sugerira da čak i ona djeca s kohlearnim implantatom koja su u stanju točno identificirati izolirane govorne signale, nemaju razvijene mehanizme fonološkog radnog pamćenja i strategije obrade u skladu s čujućim vršnjacima (Cleary, 2001), što nije iznenađujuće

kada se u obzir uzme činjenica da se važne prekretnice u razvoju percepcije govora i pamćenja događaju tijekom prve dvije godine života, u vrijeme kada djeca koja su sudjelovala u ovom istraživanju većinom nisu imala pristup zvuku jer su uglavnom opremljeni kohlearnim implantatom nakon druge godine. Stoga ne treba čuditi da se pohrana i obrada verbalnih informacija djece s kohlearnim implantatom mjerljivo razlikuju od onih kod čujućih vršnjaka, što se može odraziti na uspješnost u izvedbi naprednijih jezičnih vještina čija je osnova slušanje, fonološko kodiranje i druge metajezikne sposobnosti.

Argument da rana slušna deprivacija općenito utječe na kognitivni potencijal djece s kohlearnim implantatima podrazumijeva i da je neverbalno radno pamćenje ove djece u odnosu na čujuće vršnjake drugačije, na što je upućuje nekoliko ranijih istraživanja (AuBuchon i sur., 2015; Kronenberger i sur., 2014; Harris i sur., 2013; Pisoni i sur., 2011). Međutim, snagu tvrdnje o općenito drukčijem neurokognitivnom ustrojstvu djece s prirođenim oštećenjem sluha umanjuju nedavna istraživanja (Davidson i sur., 2019; von Koss Torkildsen i sur., 2018; Castellanos i sur., 2015) koja upućuju da nije nužno rana slušna deprivacija uzrok drugačijeg kognitivnog razvoja djece s kohlearnim implantatima, već da je on povezan s tehnologijom kohlearnih implantata, koja nije dovoljna pomoć učenju govornog jezika. Naime, ova istraživanja sugeriraju da bi ranija ispitivanja kognitivnog potencijala djece s kohlearnim implantatima mogla biti pod utjecajem verbalnog zasićenja kognitivnih zadataka korištenih u tu svrhu: ako su kognitivni zadaci verbalno zasićeni ili se na neki način oslanjaju na verbalne vještine, djeca s kohlearnim implantatom mogu postići lošije rezultate od njihovih čujućih vršnjaka, no ako se verbalna komponenta u kognitivnim zadacima kontrolira, uspjeh djece s kohlearnim implantatom postaje sličan onome kod čujuće djece. S obzirom da su se u većini dosadašnjih istraživanja neverbalnog radnog pamćenja kod djece s kohlearnim implantatom koristili zadaci koji sadrže verbalnu medijaciju, u ovom se istraživanju koristio Corsi Block test koji osigurava da procjena neverbalnog radnog pamćenja isključuje mogućnost subvokalnog ponavljanja. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da se djeca s kohlearnim implantatom ne razlikuju od čujućih vršnjaka u razvijenosti vještina pohrane i obrade neverbalnih informacija u radnom pamćenju. Ovakvi rezultati u skladu su sa zaključcima nekoliko ranijih istraživanja (Davidson i sur., 2019; Huber i Kipman, 2012; Lyxell i sur., 2008; Wass i sur., 2008) u kojima su za ispitivanje neverbalnog radnog pamćenja korišteni zadaci bez mogućnosti transformacije vizualno prezentiranih čestica u fonološki kod subvokalnim ponavljanjem. Podjednaki rezultati u neverbalnom radnom pamćenju

djece s kohlearnim implantatom i čujućih vršnjaka čine se razumnim kada uzmemo u obzir činjenicu da su obje skupine djece bile izložene neverbalnim, vizualno-prostornim informacijama u jednakom opsegu (Wass i sur., 2008). Davidson i suradnici (2019) smatraju da se podjednako neverbalno radno pamćenje i istovremeno lošije verbalno radno pamćenje djece s kohlearnim implantatom u odnosu na čujuće vršnjake barem dijelom može objasniti spektralno degradiranim signalom kojeg pruža kohlearni implantat jer se čini da rana slušna deprivacija nije općenito povezana s kognitivnim funkcijama kako tvrdi kognitivna teorija, već specifično i ograničeno samo s njegovim verbalnim aspektom, što ide u prilog osjetilnoj teoriji. Primjerice, Cleary i suradnici (2001) izvijestili su o slabim rezultatima djece s kohlearnim implantatom na zadacima verbalnog i neverbalnog radnog pamćenja, što su protumačili njegovim atipičnim razvojem, no u proceduri testiranja neverbalne su zadatke uvijek predstavljali najprije audio-vizualno, a potom samo vizualno i to je svakako moglo potaknuti sudionike istraživanja na fonološko kodiranje podražaja, čak i u isključivo vizualnim zadacima. Dakle, jedino isključivanjem oslanjanja na strategiju fonološkog kodiranja možemo biti sigurni da je ispitivanje zaista usmjereno samo na neverbalno radno pamćenje, na što upozoravaju i Marshark i suradnici (2016) isticanjem svojih nalaza da gluhe osobe, bez obzira koriste li kohlearni implantat ili znakovni jezik, općenito postižu lošije rezultate u zadacima verbalnog radnog pamćenja od čujućih osoba, dok istovremeno pokazuju podjednaku spretnost u zadacima vizualno-prostornog (neverbalnog) radnog pamćenja, ako oni nisu podložni verbalnom kodiranju. Prema navedenom, zadatak za ispitivanje neverbalnog radnog pamćenja korišten u ovom istraživanju, kojeg je praktički nemoguće prevesti u fonološki oblik i prije kojeg nije zadan sličan audio-vizualni zadatak, može se smatrati čistom mjerom neverbalnog (vizualno-prostornog) radnog pamćenja.

Nalaz da sudionici s kohlearnim implantatom u odnosu na čujuće vršnjake imaju značajno slabije razvijene vještine verbalnog radnog pamćenja te podjednako razvijene vještine neverbalnog radnog pamćenja usmjerio je daljnju analizu podataka na aspekte radnog pamćenja koji mogu objasniti spomenutu razliku, odnosno na ispitivanje mogućeg postojanja osobitosti radnog pamćenja kod djece s kohlearnim implantatom. U tu su svrhu najprije ispitane razlike u pohrani verbalnih i neverbalnih informacija u radnom pamćenju i utvrđeno je da djeca s kohlearnim implantatom podjednako uspješno pohranjuju i verbalne i neverbalne informacije. Zatim su

uspoređeni pohrana i obrada verbalnih i neverbalnih informacija te je utvrđeno da djeca s kohlearnim implantatom značajno bolje procesiraju neverbalne informacije, nego verbalne.

Kako bi se ispitala osobitosti radnog pamćenja djece s kohlearnim implantatom napravljena je analiza razlika u pohrani informacija u radnom pamćenju, a zatim i analiza razlika u njihovoj obradi. Ove analize su pokazale da djeca s kohlearnim implantatom značajno bolje pohranjuju, nego obrađuju verbalne informacije što je u skladu s ranijim navodima (Hoog i sur., 2016; Fagan i sur., 2007; Pisoni, 2003). Pamćenje brojeva unaprijed zahtijeva kratko zadržavanje i ponavljanje verbalnog materijala, što zahtijeva aktivnost fonološke petlje, dok pamćenje brojeva unatrag zahtijeva i manipulaciju verbalnim materijalom pa je osim fonološke petlje potrebna i aktivnost središnjeg izvršitelja koji okupira veći kognitivni kapacitet, zbog čega dobiveni rezultat nije iznenađujući. Isti nalaz dobiven je kod analize razlika pohrane i obrade neverbalnih informacija, što znači da djeca s kohlearnim implantatom značajno bolje pohranjuju, nego obrađuju neverbalne informacije.

Na osnovu izloženog moguće je reći da se djeca s kohlearnim implantatom značajno razlikuju od čujućih vršnjaka i u pohrani, i u obradi verbalnih informacija, što dokazuje postojanje osobitosti radnog pamćenja u ovoj populaciji u njegovom verbalnom aspektu. Naime, u neverbalnom radnom pamćenju djeca s kohlearnim implantatom nisu pokazala osobitosti ili razliku u odnosu na čujuće vršnjake. Slabije razvijeno verbalno radno pamćenje djece s kohlearnim implantatom upućuje na nedovoljno razvijene specifične strategije za složenu obradu jezično-govornih informacija, što može biti posljedica: a) rane slušne, odnosno jezične deprivacije u vremenu prije tehnološke intervencije; b) njezinog nastavka nakon dodjele tehnološkog rješenja koje nije bilo dovoljno učinkovito; c) oba spomenuta razloga. Umjesto interpretacije rezultata u okvirima osjetilne ili kognitivne teorije, na osnovu uočenog kronološki neodgovarajućeg verbalnog radnog pamćenja moguće je reći da sudionici istraživanja s kohlearnim implantatom imaju općeniti problem pristupa govornom jeziku. Naime, budući da bi logična habilitacijska posljedica osjetilne teorije trebala biti kompenzacija rezolucije signala nedovoljne za usvajanje govorenog jezika – na primjer većim habilitacijskim naglaskom na vizualni kanal – uočeno podkapacitirano verbalno radno pamćenje djece s kohlearnim implantatom otvara pitanje uzima li se u habilitaciji u obzir rizik na koji upozorava osjetilna teorija. Drugačije rečeno, inzistiranje na isključivo oralnoj komunikaciji teško se može smatrati uspješnom habilitacijskom strategijom uz nalaz da

gotovo 80% ispitane djece s kohlearnim implantatom ostvaruje rezultat ispod 30. centila na testu razumijevanja gramatike, od čega čak 6 djece ispod 1. centila.

S druge pak strane, nalaz da djeca s kohlearnim implantatom imaju jednako neverbalno (vizualno-prostorno) radno pamćenje kao čujućí vršnjaci pridonosi teorijskim raspravama o utjecaju statusa sluha na kognitivne sposobnosti, ali i praktičnim pitanjima povezanim s obrazovanjem gluhe djece. Izostanak ove razlike sugerira dvije misli: a) čini se da rana teška naglušost ili gluhoća nisu općenito utjecali na kognitivni potencijal ispitane djece s kohlearnim implantatom jer bi inače i njihovo neverbalno radno pamćenje bilo drugačije od čujućih vršnjaka; b) čini se da prirođeno gluha djeca koja koriste kohlearni implantat nemaju bolje vještine neverbalnog (vizualno-prostornog) radnog pamćenja od čujućih vršnjaka, usprkos čestim navodima u literaturi da gluha djeca uče vizualno zbog čega bi trebala imati razvijenije vizualno-prostorne strategije pohrane i obrade podataka, pogotovo uslijed isticanja vizualno orijentiranih metoda i materijala u obrazovnom procesu. Zbog posljednje iznesenog opet je moguće promišljati dvojako: a) ponovno postaviti pitanje uzima li se u obzir u rehabilitaciji rizik na koji upozorava osjetilna teorija (rizik inzistiranja isključivo na oralnoj komunikaciji) jer je otvorena mogućnost da bi ispitana djeca s kohlearnim implantatom, u slučaju jačeg inzistiranja na korištenju vizualno-prostornog radnog pamćenja u rehabilitaciji, postigla još bolji rezultat na Corsi Block Testu; b) prihvatiti da djeca s kohlearnim implantatom nemaju posebno dobre strategije vizualno-prostornog radnog pamćenja te uvažiti upozorenja koja daju Marshark i suradnici (2016) o pretjeranom i štetnom oslanjanju na vizualne materijale i usmjeravanju gluhih učenika prema vizualno-prostornim, a ne verbalno-sekvencijalnim strategijama pamćenja.

Kako bi se još detaljnije ispitala priroda razlika u radnom pamćenju djece s kohlearnim implantatom naspram čujućih vršnjaka, ispitana je povezanost vještina pohrane i procesiranja te razumijevanja jezika unutar skupine djece s kohlearnim implantatom, a radi stjecanja potpunije informacije isto je urađeno i za skupinu čujuće djece. Korelacijskom analizom utvrđena je značajna pozitivna povezanost pohrane i obrade verbalnih i neverbalnih informacija te značajna pozitivna povezanost obrade verbalnih informacija i neverbalnog radnog pamćenja općenito. Radi lakše interpretacije analizirana je proporcija varijance jedne varijable objašnjene drugom varijablom, koja je pokazala da u obradi verbalnih informacija visokih 22% varijance može biti objašnjeno kapacitetom za njihovu pohranu, a čak 28% varijance može biti objašnjeno obradom neverbalnih informacija, što pokazuje da je obrada verbalnih informacija snažno povezana s

neverbalnim radnim pamćenjem. Navedeno upućuje da djeca uspješnija u obradi verbalnih informacija ujedno imaju i veći ukupni kapacitet neverbalnog radnog pamćenja. Prema tome, moguće je da se habilitacijski kapacitet ove djece ipak najbolje može upregnuti bimodalnim ili multimodalnim učenjem, odnosno iskorištavanjem dobrih vještina manipulacije vizualno-prostornim informacijama u svrhu jačanja vještina manipulacije verbalnim informacijama. Umjesto forsiranja vizualno-prostornih strategija učenja među gluhom djecom (Marshark i sur., 2016), a sukladno teoriji senzorne kompenzacije (López-Crespo i sur., 2012), ili forsiranja isključivo oralnog pristupa (Geers i sur., 2017), čini se da je razumnije iskorištavati sve senzorne kanale i njihove razne kombinacije, uvažavajući njihove funkcionalne i kvalitativne razlike u danim uvjetima i individualne preferencije, što djeci s kohlearnim implantatima može pomoći u stjecanju potpunije informacije (Swanwick, 2016; Yanbay i sur., 2014; LaSasso i Lollis, 2003) i time optimizirati oblikovanje njihove komunikacijske kompetencije (McConkey Robbins, 2018). Za usporedbu, u skupini čujuće djece sve su kognitivne varijable međusobno bile visoko pozitivno korelirane i međusobno objašnjavale visok postotak varijance, što ponovno potvrđuje postojanje osobitosti radnog pamćenja kod djece s kohlearnim implantaom.

Analizom povezanosti između razumijevanja jezika i kognitivnih varijabli utvrđeno je da je u skupini djece s kohlearnim implantatima razumijevanje jezika bilo značajno povezano samo s kapacitetom pohrane verbalnih informacija, za razliku od skupine čujućih vršnjaka u kojoj je razumijevanje jezika bilo značajno pozitivno povezano jedino s obradom neverbalnih informacija. S obzirom na znatno međusobno ujednačenje korelacije varijabli radnog pamćenja u skupini čujuće djece, moguće je reći da postoji značajan odnos između receptivnih jezičnih znanja i razvoja svih aspekata radnog pamćenja jer djeca sa slabijim receptivnim jezičnim vještinama (gluha djeca s kohlearnim implantatima) imaju manje međusobno podržavanje različitih aspekata radnog pamćenja. Čini se da ta ista djeca funkcionalnost receptivnog jezika najprije temelje na uspješnosti pohrane verbalnih informacija, dok djeca s bolje razvijenim receptivnim jezikom (čujuća djeca) to postižu iskorištavajući više raspoloživog kognitivnog kapaciteta, odnosno i neverbalno radno pamćenje.

6.3. Predikcija vještina receptivnog jezika djece s kohlearnim implantatom

Jedan od ciljeva ovog istraživanja bio je utvrditi koji do sada predloženi pojedinačni kognitivni, demografski, audiološki i habilitacijski čimbenici nude optimalan multivarijatan model predikcije vještina receptivnog jezika promatrane skupine djece s kohlearnim implantatom. Zbog veličine uzorka provedene su četiri multiple regresijske analize za demografske, audiološke, habilitacijske i kognitivne varijable. Regresijskom analizom je utvrđeno da definirane demografske (*Spol, Obrazovanje roditelja, Primanja kućanstva i Broj osoba u kućanstvu*) i habilitacijske nezavisne varijable (*Dinamika rane habilitacije, Dinamika kasne habilitacije i Timski rad*) nemaju veliku vrijednost za predviđanje rezultata razumijevanja jezika djece s kohlearnim implantatima pa demografski i habilitacijski regresijski model nisu dalje analizirani. Pretpostavljamo da demografske varijable, koje se spominju kao prediktori u brojnim dosadašnjim istraživanjima, u ovom istraživanju nisu došle do izražaja zbog uniformnosti samog programa kohlearne implantacije u Hrvatskoj gdje su troškovi kohlearne implantacije i habilitacije omogućeni zdravstvenim osiguranjem pa dostupnost stručne usluge ne ovisi o socio-ekonomskom statusu, zbog čega se ovakav rezultat može interpretirati sa stajališta manje opterećenosti karijernim/financijskim aspektom života. Uniformnost je prisutna i u sustavu habilitacije u kojem su djeca uglavnom uključena u iste programe intervencije, bez obzira na individualne različitosti i potrebe, za razliku od drugih, prvenstveno zapadnih razvijenih zemalja u kojima se na izbor nudi više rješenja (audio-verbalni pristup, totalna komunikacija, znakovni jezik). Iako nije dalje analiziran jedinstven doprinos pojedinog habilitacijskog prediktora prognozi uspješnosti razumijevanja jezika u ovoj populaciji, s obzirom na rezultate dosadašnjih istraživanja koji govore o značaju habilitacije u predviđanju jezičnih ishoda napravljena je dodatna analiza kojom je ispitan utjecaj dinamike rane i kasne habilitacije na jezično razumijevanje. Utvrđeno je da djeca s lošijim jezičnim razumijevanjem ne iskorištavaju maksimalno i intenzivno rano razdoblje habilitacije (štoviše neka od njih bila su uključena u samo jedan termin stručnog vođenja tjedno). S druge strane, gotovo sva djeca s boljim jezičnim razumijevanjem maksimalno su intenzivno iskorištavala ranu habilitaciju (svakodnevnom uključivanjem u stručan rad). Dakle, u ranoj habilitaciji djecu s kohlearnim implantatom potrebno je uprezati u što veći broj termina strukturirane habilitacije i stručnog savjetovanja i

vođenja obitelji, kako bi se umanjio rizik da neka djeca kasnije ostvare jezično lošiji rezultat i time nepovratno ostanu uskraćena za maksimalnu podršku.

Moguće je postaviti pitanje zašto su neka od djece s lošijim jezičnim rezultatima manje intenzivno pohađala kasniju rehabilitaciju, usprkos činjenici da se ona morala maksimalno intenzivirati kako bi se pokušalo u što većoj mjeri nadoknaditi lošije jezične rezultate. Naime, tek je oko 20% djece s boljim jezičnim razumijevanjem intenzivno uključeno u kasnu rehabilitaciju, dok je preostala većina u kasnu rehabilitaciju uključena minimalno (jedanput tjedno). Izgleda da je ipak nekoj djeci, iako su jezično bolja, i dalje potreban intenzivan sustavan rehabilitacijski rad, no za većinu te jezično uspješnije djece obrazac stručne intervencije bio je intenzivna (svakodnevna) rana te minimalna kasna rehabilitacija. Spomenuti rezultati opravdano sugeriraju da je intervenciji u Hrvatskoj potrebna detaljnija analiza u pogledu dostupnosti i organizacije rehabilitacijskih usluga. Istovremeno, s obzirom na općenito lošije jezične ishode kod djece s kohlearnim implantatom u odnosu na čujuću djecu, potrebna sadržajna inventura, kritičan pregled stručnih postupaka, tehnoloških aspekata intervencije, obveza stručnog tima i obitelji te analiza omjera uloženog i dobivenog, kako bi se objektivno ocijenio zatečeni jezično-govorni kapital te procijenile opcije njegovog povećanja, uz snažan naglasak na vremenske rokove za postizanje očekivanih miljokaza te brze stručne reakcije, ako se oni ne ostvare. U rehabilitaciji se, dugotrajnim procesom, od najjednostavnijih vještina napreduje prema složenijima principom nadogradnje na postojeću osnovu, zbog čega su kašnjenja u razvoju pojedinih vještina povezana s kašnjenjima ostalih; prema tome, razviti sustav za rano podizanje uzbune kako bi se pojedinoj vještini u kašnjenju posvetilo više podrške, vremena i pažnje mudra je i odgovorna stručna odluka koja sprječava dugotrajne razvojne zastoje i njihov ozbiljan utjecaj na kvalitetu života jer nam iskustvo govori da je povećanje stupnja zabrinutosti zbog sporog napredovanja u učenju govorenog jezika bolji pristup od „čekaj pa vidi što će se desiti“ pristupa (McConkey Robbins, 2005). Uzimajući u obzir i činjenicu da se grupni podaci koriste za postavljanje očekivanja u stručnoj intervenciji (McConkey Robbins, 2005), moglo bi se reći da se za razvijenost receptivnog jezika djece u Hrvatskoj mogu postaviti niska očekivanja. Jaka sugestija ovog istraživanja je da svakodnevni rehabilitacijski rad s djecom s oštećenjem sluha treba biti raznovrsniji od onoga što predviđa pojedina metoda, odnosno da je u rehabilitacijskom radu potrebno uvažiti izrazitu heterogenost populacije gluhe i teško nagluhe te jedinstvenih osobnih, obiteljskih i općih životnih okolnosti. Osim toga, sve su etape intervencije snažnije pokrivene i

bolje kontrolirane, ako su u njih investirani različiti stručnjaci koji rade na zajedničkom cilju. To je stoga, jer se u rehabilitaciji govorenog jezika puno polaže u obitelji kao teorijski najpoticajnije mogući čimbenik za jezične ishode, a zdrav razum nalaže da izgradnja snažne, spremne, educirane i proaktivne obitelji ne može biti ostvarena bez podrške tima stručnjaka. Čini se da je ulaganje više vremena u ranu rehabilitaciju, odnosno intenzivna i sustavna intenzivna i strukturirana podrška odmah po otkrivanju oštećenja sluha dobra strategija za napredak prema ostvarenju većeg slušnog i jezično-govornog potencijala.

Analizom regresijskih koeficijenata dva audiološka (*Srednji prag sluha na implantiranom uhu i Dob implantacije u mjesecima*) te dva kognitivna (*Pamćenje brojeva naprijed i CORSI raspon naprijed*) prediktora u posljednjem regresijskom modelu utvrđeno je da značajan doprinos predikciji razumijevanja jezika kod djece s kohlearnim implantatima daju audiološka varijabla *Srednji prag sluha na implantiranom uhu* i kognitivna varijabla *CORSI raspon naprijed*. Možemo reći da je u ovom istraživanju optimalan model predikcije vještina receptivnog jezika djece s kohlearnim implantatima audiološko-kognitivni.

Model nas upućuje da je razumijevanje jezika bolje kod one promatrane djece koja imaju niži prosječan prag čujnosti na (boljem) implantiranom uhu i koja su kronološki ranije implantirana. Srednji pragovi sluha djece s kohlearnim implantatima, koji daju podatak o mogućnosti slušanja tihog govora u frekvencijskom rasponu od 250 do 4000 Hz, nisu jednaki, što pokazuje da ova tehnologija ne daje iste rezultate čujnosti za svu implantiranu djecu. Tako su u ovom istraživanju djeca s kohlearnim implantatom imala srednji prag sluha na (boljem) implantiranom uhu u rasponu od 20 do 50 dB ($M=35\text{dB}$), u istraživanju koje su proveli Geers i Nicholas (2013) od 8 do 48 dB ($M=21,5\text{ dB}$), a u istraživanju koje su proveli Davidson i sur. (2014b) od 8,3 do 48,3 dB ($M=21,6\text{ dB}$). Prema istraživanjima niži (bolji) pragovi sluha povezani su s boljom percepcijom govora na tihim i razgovornim razinama bez jakih učinaka okolne buke (Davidson i sur., 2014b), boljim jezičnim ishodima (Geers i Nicholas, 2013) i značajan su prediktor receptivnog rječnika (Davidson i sur., 2014b) i kasnijeg morfološkog razvoja (Nicholas i Geers, 2018). Što niži prosječni pragovi čujnosti – a to znači do 20 dB – bitni su za percepciju govora i učenje novih riječi (Davidson i sur., 2014b) kao i za funkcionalnu slušnu dobit poput pristupa nenaglašenim završecima riječi koji karakteriziraju povezane morfeme (Nicholas i Geers, 2018). Na uzročno-posljedičnu vezu između tim nižih pragova sluha i tim boljih jezičnih ishoda kod

djece s kohlearnim implantatom ukazala su ranija istraživanja (Davidson i sur., 2014b; Geers i Nicholas, 2013) u kojima je pronađena značajna povezanost između prosječnog praga čujnosti nakon implantacije i znanja rječnika, a to ukazuje da je mogućnost primanja diskretnih dijelova govornih signala bitna za razumljivost govora okoline i posljedično usvajanje govorenog jezika u uvjetima koji sliče prirodnima. Ovdje je opet moguće spomenuti osjetilnu teoriju koja upućuje da je dobra rezolucija slušanja ili dostupnost što više diskretnih dijelova govornog signala (idealno svih dijelova govornog signala) u samom središtu uspjeha u učenju govorenog jezika: bitno je mozak opskrbiti signalima visoke kvalitete jer će onda i njihova iskoristivost biti visoka, na što navode slabiji jezični rezultati djece koja imaju veće prosječne pragove čujnosti nakon implantacije. Kako bi se postigli bolji (niži) pragovi sluha s kohlearnim implantatima nužno je odgovarajuće i redovito stručno upravljanje njihovim performansama, odnosno programiranje njihovih govornih procesora sukladno specifičnim potrebama pojedinog korisnika. Programiranjem govornog procesora nastoji se optimizirati identifikacija govornih zvukova, što ovisi o stručnosti osobe koja ga provodi i o redovitosti prilagodbe govornog procesora, a redovitost osigurava uočavanje specifičnih potreba pojedinog korisnika kohlearnog implantata i sukladno ugađanje njihovih uređaja. Redovitim i stručnim programiranjem se na optimalan način aktivira što veći broj elektroda i pronalazi prikladna veličina dinamičkog raspona od praga sluha do udobne razine slušanja, kao i opseg u kojem korisnik opaža rast glasnoće. Još su prije dvadesetak godina počeli stizati prvi znanstveni dokazi da se neprikladno programirani kohlearni implantati mogu povezati s lošim konačnim jezičnim ishodima (Tobey i sur., 2003), a objašnjenje je isto kao i za utvrđenu važnost što nižih prosječnih pragova čujnosti nakon implantacije: odgovarajućim programiranjem govornog procesora kohlearnog implantata postiže se bolja čujnost i veća dostupnost akustičkih obilježja govora koja su presudna za usvajanje jezika. Prema tome, iako se uloga programiranja kohlearnog implantata nije mogla analizirati zbog homogenosti podataka, istaknuta važnost što bolje čujnosti za jezični uspjeh upućuje na posrednu važnost ugađanja performansi kohlearnih implantata i tehničkog aspekta habilitacije.

Druga audiološka varijabla koja se u ovom istraživanju pokazala značajnim prediktorom razumijevanja jezika kod djece s kohlearnim implantatom je *Dob implantacije*, što je u skladu s brojnim dosadašnjih istraživanjima prediktora jezično-govornih ishoda kohlearne implantacije (Almomani i sur., 2021; Boons i sur. 2012; Nott i sur., 2009; Holt i Svirsky 2008; Dettman i sur.

2007; Tait i sur., 2007a; Tait i sur., 2007b; Connor i sur., 2006; Nikolopoulos i sur. 2004; Svirsky i sur., 2004). Važno je ponovno naglasiti da su u ovo istraživanje uključena samo djeca implantirana prije 4. godine života, što je prema tumačenju Kral i Sharma (2012) gornja granica vremenskog okvira osjetljivog razdoblja za kohlearnu implantaciju, dok optimalnim smatraju da se ona napravi prije 2. godine života. Naime što je kronološka dob kohlearne implantacije niža, tim ranije može započeti iskorištavanje najosjetljivijeg razdoblja sazrijevanja korteksa za usvajanje govorenog jezika (Sharma i sur., 2005; Kral i Sharma, 2012), a to potvrđuju i rezultati ovog istraživanja. Iako su u ovo istraživanje uključena djeca implantirana u okvirima osjetljivog razdoblja za implantaciju, važno je naglasiti da je samo njih 10 (otprilike trećina) bilo implantirano u optimalnom razdoblju, odnosno prije 2. godine života. U brojnim drugim razvijenim zemljama je već dugi niz godina preporučena dob za operativni zahvat smanjena na 12 mjeseci, a nerijetko se implantacija radi i prije navršene prve godine, što u konačnici rezultira boljim receptivnim jezičnim vještinama (Boons i sur., 2012; Dunn i sur., 2014; Percy-Smith i sur., 2013; Tobey i sur., 2013; Colleti i sur., 2011; Dettman i sur., 2016). Navedena istraživanja su pokazala da dob implantacije objašnjava između 10% i 25% jedinstvene varijance u jezičnim ishodima djece s kohlearnim implantatima, što upućuje na umjeren utjecaj dobi implantacije, pri čemu i drugi čimbenici vjerojatno imaju podjednak doprinos jezičnom razvoju (Duchesne i Marchark, 2019). Na tom tragu je i ovo istraživanje, u kojem je dob implantacije pojedinačno – a unutar audiološkog modela – dala nešto iznad 17% doprinosa predikciji jezičnih ishoda; istovremeno, na osnovu audiološko-kognitivnog modela možemo potvrditi da u predikciji jezičnih ishoda uz navedenu audiološku varijablu sudjeluju i dvije kognitivne varijable: pohrana verbalnih i neverbalnih informacija u radnom pamćenju.

Na osnovu analize kognitivnog regresijskog modela uočena je činjenica da je raspon pamćenja brojeva naprijed, koji se odnosi na pohranu verbalnih informacija i određuje kapacitet verbalnog radnog pamćenja, značajan prediktor razumijevanja jezika kod djece s kohlearnim implantatom. To znači da djeca koja bolje pohranjuju verbalne informacije u radnom pamćenju imaju bolje razumijevanje jezika, odnosno razumiju veći broj riječi hrvatskog jezika te bolje razumiju njegovu gramatičku konstrukciju. Značajnost prediktora *Pamćenja brojeva naprijed* u kognitivnom modelu odgovara navodima iz istraživanja Geers i suradnika (2013), Davidson i suradnika (2019), te Khoramian i Soleymani (2018). Nadalje, Arlinger i suradnici (2009)

objašnjavaju da kapacitet radnog pamćenja snažno utječe na razumijevanje govornog jezika te da osobe s većim kapacitetom radnog pamćenja imaju bolje sposobnosti obrade jezika, od pojedinaca s manjim kapacitetom. Slabiju pohranu verbalnih informacija u radnom pamćenju djece s kohlearnim implantatom moguće je objasniti time da ova djeca slabije pohranjuju detaljne fonološke i leksičke reprezentacije govornih signala, a to za posljedicu ima teškoće kodiranja i pohranjivanja novih riječi u pamćenju pa samim time i slabije razumijevanje rječnika. Osim toga, suženi kapacitet pohrane verbalnih informacija u radnom pamćenju odražava se na pamćenje dugih nizova riječi i posljedično razumijevanje složenih morfosintaktičkih struktura jezika, odnosno gramatike. Pisoni i suradnici (2011) objašnjavaju da se verbalno-sekvencijalno fonološko pamćenje intenzivno koristi u svim zadacima obrade jezika, zahtijevajući od djeteta da kodira, pohranjuje i održava prikaze govornih zvukova, izgovorenih riječi i značenja rečenica u radnom pamćenju, dok se istovremeno percipiraju dugi nizovi dodatnih izgovorenih riječi i rečenica. Fagani suradnici (2007) i Pisoni i Cleary (2003) tumače da gluha djeca imaju degradirane i nepotpune fonološke reprezentacije izgovorenih riječi u verbalnom radnom pamćenju, a svi konvencionalni testovi koji se koriste za procjenu jezičnih ishoda nakon kohlearne implantacije uvelike se oslanjaju na temeljne neurokognitivne procese kodiranja, pohranjivanja, dohvaćanja i organizacije odgovora, koji su posredovani verbalnim radnim pamćenjem. Stoga, prema navedenim autorima, varijacije u kapacitetu verbalnog radnog pamćenja mogu u konačnici biti jedan od ključnih čimbenika koji doprinose velikim individualnim razlikama mjerenja jezičnih ishoda, na što upućuje i ovo istraživanje.

Za još potpuniju sliku povezanosti verbalnog radnog pamćenja i razumijevanja jezika kod djece s kohlearnim implantatom napravljena je dodatna analiza u kojoj su ova djeca podijeljena u grupe s boljim i lošijim jezičnim rezultatima. Analiza je pokazala da grupa djece koja ima bolje jezično razumijevanje ima i bolje verbalno radno pamćenje u odnosu na grupu djece koja ima lošije jezično razumijevanje. Čini se da se u skupini djece s kohlearnim implantatom ipak diferenciraju ona s boljom temeljnom izvršnom funkcijom, od one s lošijom te da je moguće da je slabije verbalno radno pamćenje jedan od uzroka slabijeg jezičnog razvoja kod grupe s lošijim jezičnim razumijevanjem.

Prediktor koji se u konačnom, audiološko-kognitivnom regresijskom modelu pokazao značajnim za predviđanje jezičnih ishoda kohlearne implantacije i koji do sada nije bio spomenut je kognitivna varijabla koja opisuje pohranu neverbalnih informacija (*CORSI raspon naprijed*). Poznato je da neverbalno radno pamćenje, uz verbalno, može igrati važnu ulogu u jeziku kroz nekoliko ključnih mehanizama (Baddeley, 2000):

- podršku jezičnoj obradi kroz prostorno predstavljanje informacija (mnogi jezični zadaci, poput razumijevanja narativa, zahtijevaju održavanje i manipulaciju prostornim odnosima između objekata ili događaja),
- povezanost s neverbalnim aspektima jezika (jezik često uključuje neverbalne informacije koje se interpretiraju zajedno s verbalnim signalima – dok govorimo ili slušamo, paralelno radimo s vizualnim elementima koristeći vizuoprostorno, neverbalno pamćenje),
- mentalno predstavljanje rečenica (kada osoba čuje dugu rečenicu, mora zadržati različite dijelove te rečenice u pamćenju i stvoriti strukturalnu predstavu kako bi razumjela njezino značenje a u tome pomaže neverbalno, vizuoprostorno pamćenje vizualizacijom ili prostornim organiziranjem ideja u umu),
- mentalnu manipulaciju vizualnih informacija i jezične analogije (kod apstraktnog razmišljanja neverbalno, vizuoprostorno pamćenje može pomoći u mentalnom manipuliranju prostornim odnosima i time podržati razumijevanje jezika).

Marschark i Wauters (2011) tumače da djeca s oštećenjem sluha često pokazuju bolje rezultate u neverbalnim, vizuoprostornim zadacima u usporedbi s verbalnim zadacima što može biti posljedica toga što se više oslanjaju na vizualne modalitete za učenje i komunikaciju, a to zauzvrat može poboljšati njihovu sposobnost razumijevanja jezika putem vizualnih informacija. Kod prirođeno gluhe djece koja koriste kohlearni implantat neverbalno, vizuoprostorno radno pamćenje može djelomično kompenzirati poteškoće u verbalnom radnom pamćenju, pružajući im dodatne strategije za razumijevanje i proizvodnju jezika (Burkholder i Pisoni, 2003). Bolje neverbalno, vizuoprostorno pamćenje može djelovati kao potporni mehanizam u procesu jezične obrade, posebno u slučajevima gdje su slušne informacije ograničene ili otežane (Conway i Pisoni, 2008) pa djeca skohlearnim implantatom često koriste vizualne informacije za nadopunu slušnih, što im pomaže u razumijevanju jezika (Burkholder i Pisoni, 2003).

Rezultati ovog istraživanja upućuju da djeca s kohlearnim implantatima s boljim jezičnim rezultatima ujedno imaju manji (bolji) prag čujnosti, ali i manji kapacitet pohrane neverbalnih informacija. To se može tumačiti tako da ako dijete s kohlearnim implantatom bolje čuje, bolje će razumjeti jezik i manje će se oslanjati na neverbalno radno pamćenje. Djeca koja bolje čuju imaju veći kapacitet za verbalnu obradu, a to znači da manje ovise o kompenzacijskim strategijama kao što su oslanjanje na vizuoprostorno (neverbalno) radno pamćenje. Naime, djeci s kohlearnim implantatom je govorna komunikacija teža nego čujućoj djeci pa su samim time pod većim kognitivnim opterećenjem zato što drukčije čuju te moraju razvijati kompenzacijske mehanizme (uključujući i kognitivne) da bi razumjeli jezik. Upravo stoga više koriste neverbalno radno pamćenje koje je kod ove djece kompenzacijsko, za razliku od čujuće djece kod koje je ono pomoćno, odnosno suplementarno. Na osnovu rezultata ovog istraživanja čini se da djeca s kohlearnim implantatom, zbog degradiranog signala kojeg dobivaju iz implantata, ne primaju dovoljno dobar materijal kojeg trebaju obraditi u verbalnom radnom pamćenju pa se moraju istovremeno oslanjati na neverbalno radno pamćenje. Osim toga ova djeca zbog lošeg jezika ne mogu proširiti kapacitet verbalnog radnog pamćenja pa se pomažu neverbalnim radnim pamćenjem. Kako se njihove slušne vještine i jezično razumijevanje poboljšavaju, smanjuje se potreba za korištenjem neverbalnih modaliteta kao što su vizuoprostorno radno pamćenje ili oslanjanje na vizualne strategije za kompenzaciju. S obzirom na to da dobivaju dovoljno slušnih informacija za uspješnu jezičnu obradu, njihov kapacitet za neverbalne informacije postaje manje izražen. Djeca koja se mogu više osloniti na verbalne informacije koriste manji kapacitet za neverbalne informacije jer im je sluh primarni kanal obrade podataka za razliku od djece koja slabije čuju i imaju poteškoća s razumijevanjem jezika, gdje neverbalno, vizuoprostorno radno pamćenje često ima veću ulogu jer moraju tražiti alternative za slušne informacije.

Činjenica da optimalan prediktivni model za razumijevanje jezika kod djece s kohlearnim implantatom definiraju niži (bolji) prag sluha i manji kapacitet neverbalne pohrane naglašava važnost opskrbljivanja mozga signalima visoke kvalitete kroz stručno upravljanje performansama kohlearnih implantata, odnosno programiranje njihovih govornih procesora sukladno specifičnim potrebama pojedinog korisnika kao i važnost rane slušne rehabilitacije i pružanja odgovarajućeg slušnog okruženja za optimalan jezični razvoj ove djece. Međutim, ne

smije se zanemariti činjenica da se i čujuć u razumijevanju jezika oslanjaju na neverbalne, vizuoprostorne informacije, a ne samo gluhi – stoga je oslanjanje samo na slušanje kod djece s kohlearnim implantatom kontraproduktivno, posebno u najranijim godinama kada vizuoprostorne vještine mogu nadoknaditi ograničenja u verbalnom radnom pamćenju, pružajući im dodatne strategije za razumijevanje i proizvodnju jezika.

7. VERIFIKACIJA HIPOTEZA

U ovom je istraživanju, sukladno njegovim postavljenim ciljevima, oblikovano šest hipoteza.

Prvu hipotezu (H1), koja je glasila *Djeca s kohlearnim implantatom imat će značajno slabije rezultate na standardiziranim mjerama receptivnog jezika od čujućih vršnjaka*, je na osnovi statistički značajnih razlika na razini značajnosti od $p < 0,05$ u rječničkom i gramatičkom znanju te na sumarnoj varijabli razumijevanja receptivnog jezika skupine djece s kohlearnim implantatom i skupine njihovih čujućih vršnjaka, utvrđene Mann-Whitney U testom, **moгуće prihvatiti**.

Drugу hipotezu (H2), koja je glasila *Djeca s kohlearnim implantatom imat će značajno slabije vještine verbalnog radnog pamćenja od čujućih vršnjaka*, je na osnovi statistički značajnih razlika na razini značajnosti od $p < 0,05$ u pohrani i u obradi verbalnih informacija između skupine djece s kohlearnim implantatom i skupine njihovih čujućih vršnjaka, utvrđene Mann-Whitney U testom, **moгуće prihvatiti**.

Treću hipotezu (H3), koja je glasila *Djeca s kohlearnim implantatom imat će značajno slabije vještine neverbalnog radnog pamćenja od čujućih vršnjaka*, je na osnovi statistički neznаčajnih razlika na razini značajnosti od $p < 0,05$ u pohrani i u obradi neverbalnih informacija između skupine djece s kohlearnim implantatom i skupine njihovih čujućih vršnjaka, utvrđene Mann-Whitney U testom, **moгуće odbaciti**.

Četvrtu hipotezu (H4), koja je glasila *Djeca s kohlearnim implantatom imat će značajno bolju razvijenost vještina neverbalnog radnog pamćenja nego verbalnog radnog pamćenja*, na osnovi provedenog Testa znakova (uz razinu značajnosti od $p < 0,05$) kojim je utvrđeno da nema statistički značajne razlike između pohrane verbalnih i neverbalnih informacija, ali da postoji statistički značajna razlika u obradi u korist neverbalnih informacija, **moгуće je djelomično prihvatiti**.

Petu hipotezu (H5), koja je glasila *Djeca s kohlearnim implantatom imat će značajno slabiju razvijenost vještina radnog pamćenja u domeni obrade, nego u domeni pohrane verbalnih i neverbalnih informacija*, je na osnovi statistički značajno bolje pohrane, nego obrade verbalnih i neverbalnih informacija, utvrđenih Testom znakova uz razinu značajnosti od $p < 0,05$, **moгуće prihvatiti**.

Šestu hipotezu (H6), koja je glasila *Kognitivne vještine radnog pamćenja daju značajno veći doprinos predikciji receptivnih jezičnih vještina djece s kohlearnim implantatom, nego njihove demografske, audiološke, tehničke i rehabilitacijske osobine*, je na osnovi provedenih regresijskih analiza, kojima je utvrđeno da razumijevanje jezika djece s kohlearnim implantatom značajno predviđaju dva audiološka i dva kognitivna prediktora, **moгуće djelomično prihvatiti**.

8. ZAKLJUČAK

Rječničko i gramatičko znanje prelingvalno gluhe djece s kohlearnim implantatom u ovom se istraživanju pokazalo značajno slabijim u usporedbi s čujućim vršnjacima. Ovaj je zaključak razočaravajući, s obzirom da su ta djeca u prosjeku rano implantirana modernim kohlearnim implantatima, da nemaju dodatnih teškoća, da koriste oralnu komunikaciju i da su uključena u habilitacijske programe od najranije dobi te da u pohađaju redovni sustav obrazovanja. Sve navedeno predstavlja dobre predispozicije za razvoj govorenog jezika, odnosno čini osnovu za visoka očekivanja u smislu postizanja jezičnih ishoda sličnih onim vršnjačkim. Prema tome, opravdano se zapitati zašto su njihovi jezični ishodi niski i što u intervenciji treba promijeniti da bi se poboljšali.

U usporedbi s čujućim vršnjacima, promatrana djeca s kohlearnim implantatom značajno slabije pohranjuju i obrađuju verbalne informacije, dok u pohrani i obradi neverbalnih informacija prosječno pokazuju slične sposobnosti. U usporedbi dvije komponente njihovog radnog pamćenja – pohrane i obrade – uspješnije pohranjuju nego obrađuju informacije, što je logičan nalaz s obzirom da je obrada kognitivno zahtjevniji zadatak. U usporedbi dvije vrste informacija, ova djeca verbalne i neverbalne informacije pohranjuju podjednako uspješno, dok su značajno uspješnija u obradi neverbalnih, nego verbalnih informacija. Navedeno ukazuje na osobitosti vještina radnog pamćenja ove djece, odnosno na njihov kognitivni potencijal u raspolaganju neverbalnim informacijama, koji može biti iskorišten za potporu verbalno-sekvencijalnim strategijama pamćenja kroz operacionaliziranje bimodalnog ili multimodalnog učenja. Intenzivnije uprezanje njihovih kognitivnih kapaciteta iskorištavanjem svih senzornih kanala i njihovih kombinacija može pomoći u stjecanju potpunije jezično-govorne informacije i jačanju komunikacijske kompetencije, na što upravo upućuju visoke pozitivne korelacije, odnosno međusobno podržavanje kognitivnih vještina pohrane i obrade verbalnih i neverbalnih informacija među promatranom čujućom djecom.

Spomenuti rezultati navode na zaključak da promatrana djeca s kohlearnim implantatom imaju teškoće u pohrani i obradi verbalnih informacija zbog teškog pristupa diskretnim dijelovima govornog signala, što podržava osjetilnu, umjesto kognitivne teorije jezičnih ishoda. Pohrana i obrada neverbalnih informacija usporediva s onom kod čujućih vršnjaka upućuje da ova djeca

nemaju općenito drukčiji kognitivni ustroj radnog pamćenja zbog prirođenog ili rano stečenog oštećenja sluha, već da uslijed necjelovitog pristupa govorenom jeziku ne uspijevaju razviti specifične strategije za uspješnu jezičnu obradu. Na isti zaključak o kompromitiranom senzornom unosu navodi činjenica da njihove vještine receptivnog jezika ovise o što nižem prosječnom pragu čujnosti te što manjem unimodalnom funkcioniranju radnog pamćenja ili što manjem oslanjanju na verbalni ili neverbalni, umjesto na oba aspekta radnog pamćenja, kako bi poprimilo komplementaran, a ne kompenzacijski karakter u razumijevanju jezika.

Opisano sugerira da sustavno rano otkrivanje oštećenja sluha na nacionalnoj razini i rana kohlearna implantacija trebaju biti nadograđeni u rehabilitacijskim aktivnostima koje slijede: njihovim intenziviranjem u ranim fazama intervencije te njihovim sadržajnim obogaćivanjem i većom fleksibilnošću, kako bi se uvažila izrazita heterogenost ove populacije i recentne znanstvene neurokognitivne i druge spoznaje o specifičnostima njihovog procesa učenja.

9. OGRANIČENJA ISTRAŽIVANJA

1. Zbog nedostatka standardiziranih testova za procjenu ekspresivnog jezika na Hrvatskom jeziku, u ovom je istraživanju ispitan samo receptivni jezik pa nije dobivena cjelovita slika o jezičnim ishodima promatrane djece s kohlearnim implantatima.
2. U nastojanju homogeniziranja skupine sudionika s oštećenjem sluha, ujedno je smanjen i varijabilitet pojedinih promatranih parametara te veličina uzorka, što je moglo utjecati na značenje pojedinih varijabli u provedenim statističkim analizama.
3. Potreba za ispitivanjem više kognitivnih mjera u ovakvim istraživanjima je očita, posebice za ispitivanje izvršne funkcije, no kronološka dob sudionika i duljina testiranja ograničili su izbor testova koji se mogao primijeniti, što je smanjilo rezoluciju pogleda na promatrane kognitivne konstrukte.
4. Za dublju spoznaju o odnosu radnog pamćenja i jezika, pa time i vjerodostojnije zaključivanje, u istraživanje je potrebno uključiti i djecu s kohlearnim implantatom koja koriste znakovni jezik. Međutim, ta je populacija u Hrvatskoj toliko mala, da u istraživačkom smislu nije dostupna.

10. LITERATURA

1. Absalan, A., Pirasteh, I., Dashti Khavidaki, G. A., Asemi rad, A., Nasr Esfahani, A. A., & Nilforoush, M. H. (2013). A prevalence study of hearing loss among primary school children in the south east of Iran. *International journal of otolaryngology*, 2013(1), 138935. <https://doi.org/10.1155/2013/138935>
2. Almomani, F., Al-momani, M. O., Garadat, S., Alquadah, S., Kassab, M., Hamadneh, S., Rauterkus, G., & Gans, R. (2021). Cognitive functioning in Deaf children using Cochlear implants. *BMC Pediatr*, 21(71). <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-43887/v1>
3. Alonso-Luján, L. R., Gutiérrez-Farfán, I., Luna-Reyes, F. A., Chamlati-Aguirre, L. E., & Durand Rivera, A. (2014). Audiometric evaluation short and medium term in cochlear implants. *Revista de investigacion clinica; organo del Hospital de Enfermedades de la Nutricion*, 66(5), 415–421. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25695384/>
4. Ambrose, S. E., Fey, M. E., & Eisenberg, L. S., (2012). Phonological Awareness and Print Knowledge of Preschool Children With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55, 811-823. [http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/11-0086\)](http://dx.doi.org/10.1044/1092-4388(2011/11-0086))
5. Archbold, S., Lutman, M. E., & Marshall, D. H. (1995). Categories of auditory performance. *The Annals of otology, rhinology & laryngology. Supplement*, 166, 312-314.
6. Arlinger, S., Lunner, T., Lyxell, B., & Kathleen Pichora-Fuller, M. (2009). The emergence of cognitive hearing science. *Scandinavian journal of psychology*, 50(5), 371-384. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2009.00753.x>
7. Arnoldner, C., & Lin, V. Y. (2013). Expanded selection criteria in adult cochlear implantation. *Cochlear Implants International*, 14 (sup4), 10-13. <https://doi.org/10.1179/1467010013Z.000000000123>
8. Ashori, M. (2022). Impact of auditory-verbal therapy on executive functions in children with cochlear implants. *Journal of Otology*, 17(3), 130-135. <https://doi.org/10.1016/j.joto.2022.04.002>
9. AuBuchon, A. M., Pisoni, D. B., & Kronenberger, W. G. (2015). Short-term and working memory impairments in early-implanted, long-term cochlear implant users are independent of audibility and speech production. *Ear and hearing*, 36(6), 733-737.

10. Baddeley, A. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of communication disorders*, 36(3), 189-208. [https://doi.org/10.1016/S0021-9924\(03\)00019-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9924(03)00019-4)
11. Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current biology*, 20(4), R136-R140. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014>
12. Bates, E., & Dick, F. (2002). Language, gesture, and the developing brain. *Developmental Psychobiology: The Journal of the International Society for Developmental Psychobiology*, 40(3), 293-310. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1002/dev.10034>
13. Bavin, E. L., Sarant, J., Leigh, G., Prendergast, L., Busby, P., & Peterson, C. (2018). Children with cochlear implants in infancy: Predictors of early vocabulary. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 53(4), 788-798. <https://doi.org/10.1111/1460-6984.12383>
14. Bess, F. H., & Tharpe, A. M. (1986). An introduction to unilateral sensorineural hearing loss in children. *Ear and hearing*, 7(1), 3-13.
15. Binos, P., Nirgianaki, E., & Psillas, G. (2021). How effective is auditory–verbal therapy (AVT) for building language development of children with cochlear implants? A systematic review. *Life*, 11(3), 239. <https://doi.org/10.3390/life11030239>
16. Bishop, D. M. V., Kuvač Kraljević, J., Hržica, G., Kovačević, M., & Kologranić Belić, L. (2014). Test razumijevanja gramatike TROG-2:HR. Naklada Slap.
17. Bishop, D. V. (1989). *Test for the Reception of Grammar:(TROG)*. Medical Research Council.
18. Blamey, P. J., Sarant, J. Z., Paatsch, L. E., Barry, J. G., Bow, C. P., Wales, R. J., Wright, M., Psarros, C., Rattigan, K., & Tooher, R. (2001). Relationships among speech perception, production, language, hearing loss, and age in children with impaired hearing. *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, 44(2), 264–285. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2001/022\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2001/022))
19. Black, J., Hickson, L., Black, B., & Khan, A. (2014). Paediatric cochlear implantation: Adverse prognostic factors and trends from a review of 174 cases. *Cochlear implants international*, 15(2), 62-77. <https://doi.org/10.1179/1754762813Y.0000000050>
20. Boons, T., Brokx, J. P., Dhooge, I., Frijns, J. H., Peeraer, L., Vermeulen, A., Wouters, J., & van Wieringen, A. (2012). Predictors of spoken language development following pediatric

- p cochlear implantation.
- Ear Hear*
- , 33(5), 617-39.
-
- <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3182503e47>
-
21. Boons, T., De Raeve, L., Langereis, M., Peeraer, L., Wouters, J., & Van Wieringen, A. (2013). Expressive vocabulary, morphology, syntax and narrative skills in profoundly deaf children after early cochlear implantation.
- Research in Developmental Disabilities*
- , 34(6), 2008-2022.
- <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.03.003>
-
22. Boothroyd, A. (1984). Auditory perception of speech contrasts by subjects with sensorineural hearing loss.
- Journal of Speech, Language, and Hearing Research*
- , 27(1), 134-144.
- <https://doi.org/10.1044/jshr.2701.134>
-
23. Briscoe, J., Bishop, D. V., & Norbury, C. F. (2001). Phonological processing, language, and literacy: A comparison of children with mild-to-moderate sensorineural hearing loss and those with specific language impairment.
- The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*
- , 42(3), 329-340.
- <https://doi.org/10.1111/1469-7610.00726>
-
24. Brown, C., & Gifford, R. H. (2021). Expansion of audiologic criteria for pediatric cochlear implantation.
- Otolaryngologic Clinics of North America*
- , 54(6), 1181-1191.
- <https://doi.org/10.1016/j.otc.2021.08.002>
-
25. Bruijnzeel, H., Ziylan, F., Stegeman, I., Topsakal, V., & Grolman, W. (2016). A Systematic Review to Define the Speech and Language Benefit of Early (<12 Months) Pediatric Cochlear Implantation.
- Audiology & neuro-otology*
- , 21(2), 113–126.
- <https://doi.org/10.1159/000443363>
-
26. Bumber, Ž., Katić, V., Nikšić-Ivančić, M., Pegan, B., Petric, V., & Šprem, N. (2004).
- Otorinolaringologija*
- , naklada Lijevak.
-
27. Burdo, S., Giuliani, A., & Dalla Costa, L. (2016). Active inhibition of the first over the second ear implanted sequentially.
- European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*
- , 133, S31-S35.
- <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2016.04.009>
-
28. Burkholder, R. A., & Pisoni, D. B. (2003). Speech timing and working memory in profoundly deaf children after cochlear implantation.
- Journal of experimental child psychology*
- , 85(1), 63-88.
- [https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(03\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(03)00033-X)
-
29. Busch, T., Vanpoucke, F., & van Wieringen, A. (2017). Auditory environment across the life span of cochlear implant users: Insights from data logging.
- Journal of Speech, Language, and Hearing Research*
- , 60(5), 1362-1377.
- https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-H-16-0152

30. Busch, T., Vermeulen, A., Langereis, M., Vanpoucke, F., & van Wieringen, A. (2020). Cochlear implant data logs predict children's receptive vocabulary. *Ear and Hearing*, 41(4), 733-746. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000810>
31. Butcher, E., Dezateux, C., Cortina-Borja, M., & Knowles, R. L. (2019). Prevalence of permanent childhood hearing loss detected at the universal newborn hearing screen: Systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 14(7), e0219600. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219600>
32. Cannon, J. E., & Kirby, S. (2013). Grammar structures and deaf and hard of hearing students: A review of past performance and a report of new findings. *American annals of the deaf*, 158(3), 292-310. <https://doi.org/10.1353/aad.2013.0024>
33. Carlson M. L. (2020). Cochlear Implantation in Adults. *The New England journal of medicine*, 382(16), 1531–1542. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1904407>
34. Carlyon, R. P., & Goehring, T. (2021). Cochlear implant research and development in the twenty-first century: a critical update. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 22(5), 481-508.
35. Caselli, N., Pyers, J., & Lieberman, A. M. (2021). Deaf Children of Hearing Parents Have Age-Level Vocabulary Growth When Exposed to American Sign Language by 6 Months of Age. *The Journal of pediatrics*, 232, 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2021.01.029>
36. Castellanos, I., Kronenberger, W. G., Beer, J., Colson, B. G., Henning, S. C., Ditmars, A., & Pisoni, D. B. (2015). Concept formation skills in long-term cochlear implant users. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 20(1), 27-40. <https://doi.org/10.1093/deafed/enu039>
37. Ching, T. Y., Zhang, V. W., Hou, S., & Van Buynder, P. (2016). Cortical auditory evoked potentials reveal changes in audibility with nonlinear frequency compression in hearing aids for children: clinical implications. In *Seminars in Hearing* (Vol. 37, No. 01, pp. 025-035). Thieme Medical Publishers. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0035-1570332>
38. Cleary, M., Pisoni, D. B., & Geers, A. E. (2001). Some measures of verbal and spatial working memory in eight-and nine-year-old hearing-impaired children with cochlear implants. *Ear and hearing*, 22(5), 395-411. <https://journals.lww.com/ear-hearing/toc/2001/10000>

39. Clement, C. J., den Os, E. A., & Koopmans, F. J. (2009). The development of vocalizations of deaf and normally hearing infants. *Institute of Phonetic Sciences, University of Amsterdam, Proceedings* 18: 65–76.
40. Clement, C. J., & Koopmans-van Beinum, F. J. (1995). Influence of lack of auditory feedback: vocalizations of deaf and hearing infants compared. In *Proceedings of the Institute of Phonetic Sciences Amsterdam* (Vol. 19, pp. 25-37).
41. Cole, E. B., & Flexer, C. (2019). *Children with hearing loss: Developing listening and talking, birth to six*. Plural Publishing.
42. Colletti, L. (2009). Long-term follow-up of infants (4–11 months) fitted with cochlear implants. *Acta oto-laryngologica*, 129 (4), 361-366. <https://doi.org/10.1080/00016480802552596>
43. Colletti, L., Mandalà, M., Zoccante, L., Shannon, R. V., & Colletti, V. (2011). Infants versus older children fitted with cochlear implants: performance over 10 years. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 75(4), 504-509. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2011.01.005>
44. Coninx, F., Weichbold, V., & Tsiakpini, L. (2003). LittleEARS auditory questionnaire. *Innsbruck, Austria: MED-EL*.
45. Connor, C. M., Craig, H. K., Raudenbush, S. W., Heavner, K., & Zwolan, T. A. (2006). 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 and hearing*, 27(6), 628-644.
46. Connor, C. M., Hieber, S., Arts, H. A., & Zwolan, T. A. (2000). Speech, vocabulary, and the education of children using cochlear implants: oral or total communication?. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 43(5), 1185-1204. DOI: 10.1044/jslhr.4305.1185
47. Conway, C. M., Karpicke, J., Anaya, E. M., Henning, S. C., Kronenberger, W. G., & Pisoni, D. B. (2011). Nonverbal cognition in deaf children following cochlear implantation: Motor sequencing disturbances mediate language delays. *Developmental neuropsychology*, 36(2), 237-254. DOI: 10.1080/87565641.2010.549869
48. Conway, C. M., Pisoni, D. B., & Kronenberger, W. G. (2009). The Importance of Sound for Cognitive Sequencing Abilities: The Auditory Scaffolding Hypothesis. *Current Directions in Psychological Science*. 18 (5) :275-279. doi:10.1111/j.1467-8721.2009.01651

49. Crosson, J., & Geers, A. (2001). Analysis of narrative ability in children with cochlear implants. *Ear and Hearing*, 22(5), 381-394. DOI: 10.1097/00003446-200110000-00003.
50. Crowson, M. G., Semenov, Y. R., Tucci, D. L., & Niparko, J. K. (2018). Quality of life and cost-effectiveness of cochlear implants: a narrative review. *Audiology and Neurotology*, 22(4-5), 236-258. DOI: 10.1159/000484079.
51. Davidson, K., Lillo-Martin, D., & Chen Pichler, D. (2014). Spoken English language development among native signing children with cochlear implants. *Journal of deaf studies and deaf education*, 19(2), 238-250. DOI: 10.1093/deafed/ent045.
52. Davidson, L. S., Geers, A. E., & Nicholas, J. G. (2014b). The effects of audibility and novel word learning ability on vocabulary level in children with cochlear implants. *Cochlear implants international*, 15(4), 211-221. DOI: 10.1179/1754762813Y.00000000050.
53. Davidson, L. S., Geers, A. E., Hale, S., Sommers, M. M., Brenner, C., & Spehar, B. (2019). Effects of Early Auditory Deprivation on Working Memory and Reasoning Abilities in Verbal and Visuospatial Domains for Pediatric Cochlear Implant Recipients. *Ear and hearing*, 40 (3), 517–528. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000640.
54. Dawson, P. W., Busby, P. A., McKay, C. M., & Clark, G. M. (2002). Short-term auditory memory in children using cochlear implants and its relevance to receptive language.
55. Dettman, S. J., Dowell, R. C., Choo, D., Arnott, W., Abrahams, Y., Davis, A., ... & Briggs, R. J. (2016). Long-term communication outcomes for children receiving cochlear implants younger than 12 months: A multicenter study. *Otology & Neurotology*, 37(2), e82-e95. DOI: 10.1097/MAO.0000000000000907.
56. Dettman, S. J., Pinder, D., Briggs, R. J., Dowell, R. C. & Leigh, J. R. (2007). Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: risks versus benefits. *Ear and hearing*, 28 (2 Suppl:11S-18S. doi: 10.1097/AUD.0b013e31803153f8
57. Dettman, S., Wall, E., Constantinescu, G., & Dowell, R. (2013). Communication outcomes for groups of children using cochlear implants enrolled in auditory-verbal, aural-oral, and bilingual-bicultural early intervention programs. *Otology & Neurotology*, 34(3), 451-459. DOI: 10.1097/MAO.0b013e31828b083c.
58. Dizdar, D. (2006). Kvantitativne metode.

59. Dizdar, D i Katović, D (2021). Kvantitativne metode za RSTUDIO, Priručnik. <https://km.com.hr/wp-content/uploads/2021/10/Kvantitativne-metode-za-RStudio-prirucnik.pdf>
60. Donolato, E., Giofrè, D., & Mammarella, I. C. (2017). Differences in verbal and visuospatial forward and backward order recall: A review of the literature. *Frontiers in psychology*, 8, 663. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00663>
61. Dornan, D., Hickson, L., Murdoch, B., & Houston, T. (2009). Longitudinal study of speech perception, speech, and language for children with hearing loss in an auditory-verbal therapy program. *Volta Review* 109 (2-3) 61-85. <https://doi.org/10.17955/tvr.109.2.3.619>
62. Duchesne, L., & Marschark, M. (2019). Effects of age at cochlear implantation on vocabulary and grammar: A review of the evidence. *American journal of speech-language pathology*, 28(4), 1673-1691. https://doi.org/10.1044/2019_AJSLP-18-0161
63. Dunn, L. M., Dunn, L. M. (1997). *Peabody Picture Vocabulary Test - Third Edition*. American Guidance Service, Minnesota
64. Dunn, C. C., Walker, E. A., Oleson, J., Kenworthy, M., Van Voorst, T., Tomblin, J. B., ... & Gantz, B. J. (2014). Longitudinal speech perception and language performance in pediatric cochlear implant users: the effect of age at implantation. *Ear and hearing*, 35(2), 148-160. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000024.
65. Easterbrooks, S. R., & Estes, E. L. (2007). *Helping deaf and hard of hearing students to us spoken language: A guide for educators and families*. Corwin Press.
66. Easterbrooks, S. R., Lederberg, A. R., Miller, E. M., Bergeron, J. P., & Connor, C. M., (2008). Emergent literacy skills during early childhood in children with hearing loss: Strengths and weaknesses. *The Volta Review*. 108, 91-114.
67. Easwar, V., Sanfilippo, J., Papsin, B., & Gordon, K. (2018). Impact of consistency in daily device use on speech perception abilities in children with cochlear implants: datalogging evidence. *Journal of the American Academy of Audiology*, 29(09), 835-846. doi: 10.3766/jaaa.17051
68. Edwards, L., & Anderson, S. (2014). The association between visual, nonverbal cognitive abilities and speech, phonological processing, vocabulary and reading outcomes in children with cochlear implants. *Ear and hearing*, 35(3), 366-374.

69. Eilers, R. E., & Oller, D. K. (1994). Infant vocalizations and the early diagnosis of severe hearing impairment. *The Journal of pediatrics*, 124(2), 199-203. DOI: 10.1016/S0022-3476(94)70306-2.
70. Elbers, L. (1982): Operating principles in repetitive babbling: A cognitive continuity approach, *Cognition*, 12, 45-63. DOI: 10.1016/0010-0277(82)90021-5.
71. Erbas, E., Hickson, L., & Scarinci, N. (2017). Communication outcomes of children with hearing loss enrolled in programs implementing different educational approaches: A systematic review. *Speech, Language and Hearing*, 20(2), 102-121. DOI: 10.1080/2050571X.2016.1271450.
72. Ezzeldin, H., Kaddah, F. E. Z. A., & Al Hameed, A. A. (2018). The use of the LittleEARS Auditory Questionnaire in assessing children before and after cochlear implantation. *The Egyptian Journal of Otolaryngology*, 34, 138-143.
73. Fagan, M. K., Pisoni, D. B., Horn, D. L., & Dillon, C. M. (2007). Neuropsychological correlates of vocabulary, reading, and working memory in deaf children with cochlear implants. *Journal of deaf studies and deaf education*, 12(4), 461-471. DOI: 10.1093/deafed/enm023.
74. Fagan, M. K., Bergeson, T. R., & Morris, K. J. (2014). Synchrony, complexity and directiveness in mothers' interactions with infants pre-and post-cochlear implantation. *Infant Behavior and Development*, 37(3), 249-257. DOI: 10.1016/j.infbeh.2014.04.003.
75. Fairgray, E., Purdy, S. C., & Smart, J. L. (2010). Effects of auditory-verbal therapy for school-aged children with hearing loss: An exploratory study. *Volta Review*, 110(3), 407.
76. Faraji-Khiavi, F., Dashti, R., Sameni, S. J., & Bayat, A. (2016). Satisfaction with hearing aids based on technology and style among hearing impaired persons. *Iranian Journal of Otorhinolaryngology*, 28(88), 321.
77. Farinetti, A., Raji, A., Wu, H., Wana, B., & Vincent, C. (2018). International consensus (ICON) on audiological assessment of hearing loss in children. *European annals of otorhinolaryngology, head and neck diseases*, 135(1S), S41–S48. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2017.12.008>
78. Figueras, B., Edwards, L., & Langdon, D. (2008). Executive function and language in deaf children. *Journal of deaf studies and deaf education*, 13(3), 362-377. DOI: 10.1093/deafed/enn006.

79. Fitzpatrick, E. M., Olds, J., Gaboury, I., McCrae, R., Schramm, D., & Durieux-Smith, A. (2012). Comparison of outcomes in children with hearing aids and cochlear implants. *Cochlear Implants International*, 13(1), 5-15. DOI: 10.1179/146701011X13129283082362.
80. Fulcher, A., Purcell, A. A., Baker, E., & Munro, N. (2012). Listen up: children with early identified hearing loss achieve age-appropriate speech/language outcomes by 3 years-of-age. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 76(12), 1785–1794. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2012.09.001>
81. Gajecki, T., Zhang, Y., & Nogueira, W. (2023). A Deep Denoising Sound Coding Strategy for Cochlear Implants. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 70(9), 2700–2709. <https://doi.org/10.1109/TBME.2023.3262677>
82. Ganek, H., James, A., Papaioannou, V., & Gordon, K. (2020). Can differences in early hearing development be distinguished by the LittleEARs Auditory Questionnaire?. *Ear and Hearing*, 41(4), 998-1008. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000807.
83. Ganek, H., Robbins, A. M., & Niparko, J. K. (2012). Language outcomes after cochlear implantation. *Otolaryngologic Clinics of North America*, 45(1), 173-185. DOI: 10.1016/j.otc.2011.08.022.
84. Gardner, M. F. (1983). *Expressive One-word Picture Vocabulary Test: Upper-extension*. Academic Therapy Publications.
85. Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental psychology*, 40(2), 177.
86. Gathercole, S. E., & Baddeley, A. D. (2014). *Working memory and language*. Psychology Press.
87. Geers, A. E., & Hayes, H. (2011). Reading, writing, and phonological processing skills of adolescents with 10 or more years of cochlear implant experience. *Ear and hearing*, 32(1), 49S-59S. DOI: 10.1097/AUD.0b013e3182014c6e.
88. Geers, A. E., & Nicholas, J. G. (2013). Enduring advantages of early cochlear implantation for spoken language development. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 56,2. 643-655. DOI: 10.1044/1092-4388(2012/11-0347).
89. Geers, A. E., & Sedey, A. L. (2011). Language and verbal reasoning skills in adolescents with 10 or more years of cochlear implant experience. *Ear and hearing*, 32(1 Suppl), 39S. DOI: 10.1097/AUD.0b013e3182014c56.

90. Geers, A. E., Moog, J. S., Biedenstein, J., Brenner, C., & Hayes, H. (2009). Spoken language scores of children using cochlear implants compared to hearing age-mates at school donolentry. *Journal of deaf studies and deaf education*, 14(3), 371-385. DOI: 10.1093/deafed/enn046.
91. Geers, A. E. (2003). Predictors of reading skill development in children with early cochlear implantation. *Ear and hearing*. 24 (1), 59S-68S. DOI: 10.1097/01.AUD.0000051690.31851.93.
92. Geers, A. E., Nicholas, J. G., & Sedey, A. L. (2003). Language skills of children with early cochlear implantation. *Ear and hearing*, 24(1), 46S-58S. DOI: 10.1097/01.AUD.0000051689.57380.1D.
93. Geers, A. E. (2004). Speech, language, and reading skills after early cochlear implantation. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 130(5), 634-638. DOI: 10.1001/archotol.130.5.634.
94. Geers, A. E., Nicholas, J. G., & Moog, J. S. (2007). Estimating the influence of cochlear implantation on language development in children. *Audiological medicine*, 5(4), 262-273. DOI: 10.1080/16513860701659404.
95. Geers, A. E., Tobey, E. A., & Moog, J. S. (2011). Long-term outcomes of cochlear implantation in early childhood. *Ear and Hearing*, 32(1), 1S. DOI: 10.1097/AUD.0b013e3182014c6b.
96. Geers, A. E., Pisoni, D. B., & Brenner, C. (2013). Complex working memory span in cochlear implanted and normal hearing teenagers. *Otology & Neurotology*, 34(3), 396-401. DOI: 10.1097/MAO.0b013e31828251dc.
97. Geers, A. E., Mitchell, C. M., Warner-Czyz, A., Wang, N. Y., Eisenberg, L. S., & CDaCI Investigative Team. (2017). Early sign language exposure and cochlear implantation benefits. *Pediatrics*, 140(1). <https://doi.org/10.1542/peds.2016-3489>
98. Gifford, R. H. (2016). Cochlear implant candidacy in children: audiological considerations. *Pediatric Cochlear Implantation: Learning and the Brain*, 27-41.
99. Gordon, K. A., Papsin, B. C., & Cushing, S. L. (2023). Long-term language, educational, and quality-of-life outcomes in adolescents after childhood cochlear implantation. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 149(8), 715-716. DOI: 10.1001/jamaoto.2023.1857.

100. Gordon, K. A., Wong, D. D., & Papsin, B. C. (2013). Bilateral input protects the cortex from unilaterally-driven reorganization in children who are deaf. *Brain*, 136(5), 1609-1625. <https://doi.org/10.1093/brain/awt052>
101. Gordon, K. A., & Papsin, B. C. (2009). Benefits of short interimplant delays in children receiving bilateral cochlear implants. *Otology & Neurotology*, 30(3), 319-331. doi: 10.1097/MAO.0b013e31819a8f4c.
102. Gordon, K. A., Jiwani, S., & Papsin, B. C. (2011). What is the optimal timing for bilateral cochlear implantation in children?. *Cochlear Implants International*, 12(sup2), S14-S8. doi: 10.1179/146701011X13074645127199.
103. Govaerts, P. J., Schauwers, K., & Gillis, S. (2002). Language acquisition in very young children with a cochlear implant: Introduction. *Antwerp Papers in Linguistics*, 102, 1–10.
104. Grayden, D. B., & Clark, G. M. (2006). Implant design and development. *Cochlear implants: A practical guide*, 1-20.
105. Hall, J. W. (2014). *Introduction to audiology today* (pp. 139-145). Boston, MA: Pearson.
106. Hall, M. L., Eigsti, I. M., Bortfeld, H., & Lillo-Martin, D. (2018). Executive function in deaf children: Auditory access and language access. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 61(8), 1970-1988. DOI: 10.1044/2018_JSLHR-L-17-0300.
107. Hall, M. L., Hall, W. C., & Caselli, N. K. (2019). Deaf children need language, not (just) speech. *First Language*, 39(4), 367-395. DOI: 10.1177/0142723719834102.
108. Hansson, K., Ibertsson, T., Asker-Árnason, L., & Sahlén, B. (2017). Phonological processing, grammar and sentence comprehension in older and younger generations of Swedish children with cochlear implants. *Autism & Developmental Language Impairments*, 2, 2396941517692809. DOI: 10.1177/2396941517692809.
109. Harris, M., & Moreno, C. (2004). Deaf children's use of phonological coding: Evidence from reading, spelling, and working memory. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 9(3), 253-268. DOI: 10.1093/deafed/Enh027.
110. Harris, M. S., Kronenberger, W. G., Gao, S., Hoen, H. M., Miyamoto, R. T. & Pisoni, D. B. (2013). Verbal short-term memory development and spoken language outcomes in deaf children with cochlear implants. *Ear and hearing*, 34(2), 179. DOI: 10.1097/AUD.0b013e31826d0cd7.

111. Harris, M., & Terlektsi, E. (2011). Reading and spelling abilities of deaf adolescents with cochlear implants and hearing aids. *Journal of deaf studies and deaf education*, 16(1), 24-34. DOI: 10.1093/deafed/enq032.
112. Hassanzadeh, S. (2012). Outcomes of cochlear implantation in deaf children of deaf parents: comparative study. *The Journal of Laryngology & Otology*, 126(10), 989-994. DOI: [10.1017/S0022215112001909](https://doi.org/10.1017/S0022215112001909).
113. Haualand, H. & Allen, C. (2009). Deaf people and human rights. World Federation of the Deaf and Swedish National Association of the Deaf. (Dostupno na www.wfdeaf.org;))
114. Hawley, M. L., Litovsky, R. Y., & Culling, J. F. (2004). The benefit of binaural hearing in a cocktail party: Effect of location and type of interferer. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 115(2), 833-843. DOI: 10.1121/1.1639908.
115. Hayes, H., Geers, A. E., Treiman, R., & Moog, J. S. (2009). Receptive vocabulary development in deaf children with cochlear implants: Achievement in an intensive auditory-oral educational setting. *Ear and hearing*, 30(1), 128-135. DOI: 10.1097/AUD.0b013e3181926517.
116. Hay-McCutcheon, M. J., Kirk, K. I., Henning, S. C., Gao, S., & Qi, R. (2008). Using early language outcomes to predict later language ability in children with cochlear implants. *Audiology and Neurotology*, 13(6), 370-378. doi: 10.1159/000148200.
117. Henner, J., Caldwell-Harris, C., Novogrodsky, R. & Hoffmeister, R. (2016). American Sign Language syntax and analogical reasoning skills are influenced by early acquisition and age of entry to signing schools for the deaf. *Frontiers in Psychology*, 7, 1982. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.01982.
118. Hirsh-Pasek, K., Adamson, L. B., Bakeman, R., Owen, M. T., Golinkoff, R. M., Pace, A., ... & Suma, K. (2015). The contribution of early communication quality to low-income children's language success. *Psychological science*, 26(7), 1071-1083. DOI: 10.1177/0956797615581493.
119. Hoff, E. (2013). *Language Development* ([edition unavailable]). Cengage Learning EMEA. Retrieved from <https://www.perlego.com/book/801836/language-development-pdf>
120. de Hoog, B. E., Langereis, M. C., van Weerdenburg, M., Keuning, J., Knoors, H., & Verhoeven, L. (2016). Auditory and verbal memory predictors of spoken language skills in children with cochlear implants. *Research in developmental disabilities*, 57, 112-124. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.06.019>

121. Holt, R. F., & Kirk, K. I. (2005). Speech and language development in cognitively delayed children with cochlear implants. *Ear and hearing*, 26(2), 132-148. DOI: 10.1097/00003446-200504000-00002.
122. Holt, R. F., & Svirsky, M. A. (2008). An exploratory look at pediatric cochlear implantation: is earliest always best? *Ear and Hearing*, 29, 492-511. DOI: 10.1097/AUD.0b013e31816a0d0c.
123. Holt, R. F., Beer, J., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & Lalonde, K. (2012). Contribution of family environment to pediatric cochlear implant users' speech and language outcomes: some preliminary findings. *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, 55(3), 848–864. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/11-0143\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/11-0143))
124. Hoppe, U., & Hesse, G. (2017). Hearing aids: indications, technology, adaptation, and quality control. *GMS current topics in otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery*, 16. DOI: 10.3205/cto000145.
125. Hrastinski, I., Pribanić, L., & Mrvica, I. (2019). Razumijevanje rječnika i gramatike učenika s kohlearnim implantatom. *Logopedija*, 9(1), 1-8.
126. Huber, M., & Kipman, U. (2012). Cognitive skills and academic achievement of deaf children with cochlear implants. *Otolaryngology--Head and Neck Surgery*, 147(4), 763-772. <https://doi.org/10.1177/0194599812448352>
127. Humphries, T., Kushalnagar, P., Mathur, G., Napoli, D. J., Padden, C., Rathmann, C. & Smith, S. (2014). Bilingualism: A pearl to overcome certain perils of cochlear implants. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 21, 107-125.
128. Jackson, C. W., & Schatschneider, C. (2014). Rate of language growth in children with hearing loss in an auditory-verbal early intervention program. *American annals of the deaf*, 158(5), 539–554. <https://doi.org/10.1353/aad.2014.0006>
129. Jeanes, R.C., Nienhuys, T.G. & Rickards, F.W., (2000). The pragmatic skills of profoundly deaf children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*. 5 (3), 237-247. DOI: 10.1093/deafed/5.3.237.
130. Jensen, D.R., Grames, L.M. & Lieu, J.E. (2013). Effects of aural atresia on speech development and learning: retrospective analysis from a multidisciplinary craniofacial clinic. *JAMA Otolaryngology – Head & Neck Surgery*, 139(8), 797–802. DOI: 10.1001/jamaoto.2013.420.

131. Johnson, C., & Goswami, U. (2010). Phonological awareness, vocabulary, and reading in deaf children with cochlear implants. *Journal of speech, language, and hearing research : JSLHR*, 53(2), 237–261. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2009/08-0139\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2009/08-0139))
132. Jones, A. C., Toscano, E., Botting, N., Atkinson, J. R., Denmark, T., Herman, R., & Morgan, G. (2016). Narrative skills in deaf children who use spoken English: Dissociations between macro and microstructural devices. *Research in developmental disabilities*, 59, 268-282. DOI: 10.1016/j.ridd.2016.09.002.
133. Joris, P. X., & van der Heijden, M. (2019). Early binaural hearing: The comparison of temporal differences at the two ears. *Annual Review of Neuroscience*, 42, 433–457. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-080317-061925>
134. Jusczyk, P. W. (2002). Some critical developments in acquiring native language sound organization during the first year. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 111(5_suppl), 11-15. DOI: 10.1177/00034894021110S503.
135. Jurun, E. (2007). Kvantitativne metode u ekonomiji.
136. Kamal, S. M., Robinson, A.D. & Diaz, R.C. (2012) Cochlear implantation in single-sided deafness for enhancement of sound localization and speech perception. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 20(5), 393-397. DOI: 10.1097/MOO.0b013e32835733e9.
137. Karltorp, E., Eklöf, M., Östlund, E., Asp, F., Tideholm, B., & Löfkvist, U. (2020). Cochlear implants before 9 months of age led to more natural spoken language development without increased surgical risks. *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)*, 109(2), 332–341. <https://doi.org/10.1111/apa.14954>
138. Kessels, R. P., van Den Berg, E., Ruis, C., & Brands, A. M. (2008). The backward span of the Corsi Block-Tapping Task and its association with the WAIS-III Digit Span. *Assessment*, 15(4), 426-434. <https://doi.org/10.1177/1073191108315611>
139. Kirk, K. I., & Hudgins, M. (2016). Speech perception and spoken word recognition in children with cochlear implants. *Pediatric Cochlear Implantation: Learning and the Brain*, 145-161.
140. Koehlinger, K. M., Van Horne, A. J. O., & Moeller, M. P. (2013). Grammatical outcomes of 3-and 6-year-old children who are hard of hearing. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 56: 1701–14. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2013/12-0188\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2013/12-0188))

141. Koehlinger, K., Van Horne, A. O., Oleson, J., McCreery, R., & Moeller, M. P. (2015). The role of sentence position, allomorph, and morpheme type on accurate use of s-related morphemes by children who are hard of hearing. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58(2), 396-409. DOI: 10.1044/2015_JSLHR-L-14-0220.
142. Korver, A. M., Smith, R. J., Van Camp, G., Schleiss, M. R., Bitner-Glindzicz, M. A., Lustig, L. R., ... & Boudewyns, A. N. (2017). Congenital hearing loss. *Nature reviews Disease primers*, 3(1), 1-17. DOI: 10.1038/nrdp.2017.83.
143. Kosaner, J., Sonuguler, S., Olgun, L., & Amann, E. (2013). Young cochlear implant users' auditory development as measured and monitored by the LittleEARS® Auditory Questionnaire: A Turkish experience. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 77(8), 1359-1363. DOI: 10.1016/j.ijporl.2013.06.019.
144. Kovačević, M., Padovan, N., Hržica, G., Kuvač Kraljević, J., Mustapić, M., Dobravac, G., & Palmović, M. (2009). *Peabody slikovni test rječnika PPVT-HR-III*. Naklada Slap
145. Kral, A., & Lenarz, T. (2015). How the brain learns to listen: deafness and the bionic ear. *e-Neuroforum*, 6(1), 21-28. DOI: 10.1515/nf-2015-0004.
146. Kral, A., Hartmann, R., Tillein, J., Heid, S., & Klinke, R. (2002). Hearing after congenital deafness: central auditory plasticity and sensory deprivation. *Cerebral Cortex*, 12(8), 797-807. DOI: 10.1093/cercor/12.8.797.
147. Kral, A., Tillein, J., Hubka, P., Schiemann, D., Heid, S., Hartmann, R., & Engel, A. K. (2009). Spatiotemporal patterns of cortical activity with bilateral cochlear implants in congenital deafness. *Journal of Neuroscience*, 29(3), 811-827. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.4440-08.2009.
148. Kral, A., Kronenberger, W. G., Pisoni, D. B., & O'Donoghue, G. M. (2016). Neurocognitive factors in sensory restoration of early deafness: a connectome model. *The Lancet. Neurology*, 15(6), 610–621. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)00034-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(16)00034-X)
149. Kral, A., & O'Donoghue, G. M. (2010). Profound deafness in childhood. *New England Journal of Medicine*, 363(15), 1438-1450. DOI: 10.1056/NEJMra0911225.
150. Kral, A., & Sharma, A. (2012). Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends in neurosciences*, 35(2), 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2011.09.004>
151. Kramer, S., & Brown, D. K. (2021). *Audiology: science to practice*. Plural Publishing.

152. Kronenberger, W. G., Colson, B. G., Henning, S. C. & Pisoni, D. B. (2014). Executive Functioning and Speech-Language Skills Following Long-Term Use of Cochlear Implants. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 19, 4, 456–470. <https://doi.org/10.1093/deafed/enu011>
153. Kuhl, P.K. (2000). Language, mind and brain: Experience alters perception. In Gazzaniga, M.S. (Ed.), *The new cognitive neuroscience* (pp. 99-115). Cambridge, MA: MIT Press.
154. Kushalnagar, P., Topolski, T. D, Schick, B., Edwards, T. C., Skalicky, A. M. & Patrick, D. L. (2011). Mode of communication, perceived level of understanding, and perceived quality of life in youth who are deaf or hard of hearing. *Journal of deaf studies and deaf education*. 16(4):512–23. DOI: [10.1093/deafed/enr015](https://doi.org/10.1093/deafed/enr015).
155. Kyle, F. E., & Cain, K. (2015). A comparison of deaf and hearing children's reading comprehension profiles. *Topics in language disorders*, 35(2), 144-156. DOI: 10.1097/TLD.0000000000000051.
156. LaSasso, C., & Lollis, J. (2003). Survey of residential and day schools for deaf students in the United States that identify themselves as bilingual-bicultural programs. *Journal of deaf studies and deaf education*, 8(1), 79-91. DOI: 10.1093/deafed/8.1.79.
157. Lederberg, A. R., & Spencer, P. E. (2001). Vocabulary development of deaf and hard of hearing children. *Context, cognition, and deafness*, 88-112.
158. Lederberg, A. R., Prezbindowski, A. K., & Spencer, P. E. (2000). Word-learning skills of deaf preschoolers: the development of novel mapping and rapid word-learning strategies. *Child development*, 71(6), 1571-1585. DOI: 10.1111/1467-8624.00247.
159. Lederberg, A. R., Schick, B. & Spencer, P. E. (2013). Language and literacy development of deaf and hard-of-hearing children: Successes and challenges. *Developmental Psychology*, 49, 15–30. doi:10.1037/a0029558
160. Leigh, J. R., Dettman, S. J., & Dowell, R. C. (2016). Evidence-based guidelines for recommending cochlear implantation for young children: Audiological criteria and optimizing age at implantation. *International Journal of Audiology*, 55(sup2), S9-S18. DOI: 10.1080/14992027.2016.1198266.
161. Lenarz, T. (2017). Cochlear implant–state of the art. *Laryngo-rhino-otologie*, 96(S 01), S123-S151. DOI: 10.1055/s-0043-102763.

162. Le Normand, M. T., Ouellet, C., & Cohen, H. (2003). Productivity of lexical categories in French-speaking children with cochlear implants. *Brain and cognition*, 53(2), 257-262. DOI: 10.1016/S0278-2626(03)00122-3.
163. Levine, D., Strother-Garcia, K., Golinkoff, R. M., & Hirsh-Pasek, K. (2016). Language development in the first year of life: What deaf children might be missing before cochlear implantation. *Otology & Neurotology*, 37(2), e56-e62. DOI: 10.1097/MAO.0000000000000911.
164. Lin, F. R., & Niparko, J. K. (2006). Measuring health-related quality of life after pediatric cochlear implantation: a systematic review. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 70(10), 1695-1706.
165. Litovsky, R. (2015). Development of the auditory system. *Handbook of clinical neurology*, 129, 55-72. DOI: 10.1016/B978-0-444-62630-1.00004-8.
166. Litovsky, R. Y., & Gordon, K. (2016). Bilateral cochlear implants in children: Effects of auditory experience and deprivation on auditory perception. *Hearing Research*, 338, 76-87. DOI: 10.1016/j.heares.2016.01.003.
167. López-Crespo, G., Daza, M. T., & Méndez-López, M. (2012). Visual working memory in deaf children with diverse communication modes: Improvement by differential outcomes. *Research in Developmental Disabilities*, 33(2), 362-368. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2011.10.022>
168. Luckhurst, J. A., Lauback, C. W., & Unterstein VanSkiver, A. P. (2013). Differences in Spoken Lexical Skills: Preschool Children with Cochlear Implants and Children with Typical Hearing. *Volta Review*, 113(1).
169. Luckner, J. L., & Cooke, C. (2010). A summary of the vocabulary research with students who are deaf or hard of hearing. *American annals of the deaf*, 155(1), 38-67. <https://doi.org/10.1353/aad.0.0129>
170. Lynch, M. P., Oller, D. K., & Steffens, M. (1989). Development of speech-like vocalizations in a child with congenital absence of cochleas: The case of total deafness. *Applied Psycholinguistics*, 10(3), 315-333. <https://doi.org/10.1017/S0142716400008651>
171. Lyxell, B., Sahlén, B., Wass, M., Ibertsson, T., Larsby, B., Hällgren, M., & Mäki-Torkko, E. (2008). Cognitive development in children with cochlear implants: Relations to reading and communication. *International journal of audiology*, 47(sup2), S47-S52. <https://doi.org/10.1080/14992020802307370>

172. Marn, B., & Kekić, B. (2016). Praćenje ishoda sveobuhvatnog probira novorođenčadi na oštećenje sluha u Hrvatskoj od 2003. do 2014. godine. *Paediatrica Croatica*, 60(1).
173. Marschark, M. & Hauser, P. C. (2012). *How Deaf Children Learn*. Oxford: Oxford University Press.
174. Marschark, M., & Wauters, L. (2011). Cognitive functioning in deaf adults and children. In M. Marschark & P. E. Spencer (Eds.), *The Oxford handbook of deaf studies, language, and education* (2nd ed., pp. 486–499). Oxford University Press.
175. Marschark, M., & Leigh, G. (2016). Recognizing diversity in deaf education: Now what do we do with it?! In M. Marschark, V. Lampropoulou, & E. K. Skordilis (Eds.), *Diversity in deaf education* (pp. 507–535). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190493073.003.0018>
176. Marshall, C., Jones, A., Denmark, T., Mason, K., Atkinson, J., Botting, N., & Morgan, G. (2015). Deaf children's non-verbal working memory is impacted by their language experience. *Frontiers in psychology*, 6, 527. DOI: 10.3389/fpsyg.2015.00527.
177. Martines, F., Martines, E., Ballacchino, A., & Salvago, P. (2013). Speech perception outcomes after cochlear implantation in prelingually deaf infants: The Western Sicily experience. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 77(5), 707-713. DOI: 10.1016/j.ijporl.2013.01.020.
178. Mayer, C., & Trezek, B. J. (2018). Literacy outcomes in deaf students with cochlear implants: Current state of the knowledge. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 23(1), 1-16. DOI: 10.1093/deafed/enx043.
179. May-Mederake, B., Kuehn, H., Vogel, A., Keilmann, A., Bohnert, A., Mueller, S., ... & Coninx, F. (2010). Evaluation of auditory development in infants and toddlers who received cochlear implants under the age of 24 months with the LittleEARS® Auditory Questionnaire. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 74(10), 1149-1155. DOI: 10.1016/j.ijporl.2010.06.007.
180. May-Mederake, B. (2012). Early intervention and assessment of speech and language development in young children with cochlear implants. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 76(7), 939-946. DOI: 10.1016/j.ijporl.2012.02.051.
181. Mayne, A. M., Yoshinaga-Itano, C., & Sedey, A. L. (1998). Receptive vocabulary development of infants and toddlers who are deaf or hard of hearing. *Volta Review*, 100(5).

182. McConkey Robbins, A. (2005). CLINICAL RED FLAGS for slow progress in children with cochlear implants. Loud And Clear – A Cochlear Implant Rehabilitation Newsletter, 1, An Advanced Bionics® Corporation Publication
183. McConkey Robbins A. (2018). 12 guiding premises of pediatric cochlear implant habilitation. *World journal of otorhinolaryngology - head and neck surgery*, 3(4), 235–239. <https://doi.org/10.1016/j.wjorl.2017.12.009>
184. McSweeny, C., Cushing, S. L., Campos, J. L., Papsin, B. C., & Gordon, K. A. (2021). Functional consequences of poor binaural hearing in development: Evidence from children with unilateral hearing loss and children receiving bilateral cochlear implants. *Trends in Hearing*, 25, 23312165211051215. <https://doi.org/10.1177/23312165211051215>
185. Meinzen-Derr, J., Wiley, S., Grove, W., Altaye, M., Gaffney, M., Satterfield-Nash, A., ... & Boyle, C. (2020). Kindergarten readiness in children who are deaf or hard of hearing who received early intervention. *Pediatrics*, 146(4). DOI: [10.1542/peds.2020-0557](https://doi.org/10.1542/peds.2020-0557).
186. Mitchell, R. M., Christianson, E., Ramirez, R., Onchiri, F. M., Horn, D. L., Pontis, L., ... & Sie, K. C. (2020). Auditory comprehension outcomes in children who receive a cochlear implant before 12 months of age. *The Laryngoscope*, 130(3), 776-781.
187. Miyamoto, R. T., Hay-McCutcheon, M. J., Iler Kirk, K., Houston, D. M., & Bergeson-Dana, T. (2008). Language skills of profoundly deaf children who received cochlear implants under 12 months of age: a preliminary study. *Acta oto-laryngologica*, 128(4), 373-377. DOI: 10.1080/00016480701785012.
188. Miyamoto, R. T., Colson, B., Henning, S., & Pisoni, D. (2017). Cochlear implantation in infants below 12 months of age. *World Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 3(04), 214-218. DOI: 10.1016/j.wjorl.2017.10.002.
189. Moeller, M. P. (2000). Early intervention and language development in children who are deaf and hard of hearing. *Pediatrics*, 106(3), e43-e43. DOI: 10.1542/peds.106.3.e43.
190. Moeller, M. P., Tomblin, J. B., Yoshinaga-Itano, C., Connor, C. M., & Jerger, S. (2007). Current state of knowledge: language and literacy of children with hearing impairment. *Ear and hearing*, 28(6), 740–753. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e318157f07f>
191. Moog, J. S & Geers, A. E. (2010). Early Educational Placement and Later Language Outcomes for Children With Cochlear Implants. *Otology and Neurotology*, 31, 1315-1319. DOI: 10.1097/MAO.0b013e3181e2a049.

192. Most, T., Shina-August, E., & Meilijson, S. (2010). Pragmatic abilities of children with hearing loss using cochlear implants or hearing aids compared to hearing children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 15(4), 422-437.
193. Moura, J. E., Martins, J. H., Alves, M., Oliveira, G., Ramos, D., Alves, H., Caiado, R., Teixeira, A., Silva, L. F., & Migueis, J. (2023). Children then, adults now: long-term outcomes-performance at 15, 20, and 25 years of cochlear implant use. *Frontiers in rehabilitation sciences*, 4, 1275808. <https://doi.org/10.3389/fresc.2023.1275808>
194. Nicholas, J. G., & Geers, A. E. (2018). Sensitivity of expressive linguistic domains to surgery age and audibility of speech in preschoolers with cochlear implants. *Cochlear implants international*, 19(1), 26-37. DOI: 10.1080/14670100.2017.1375183.
195. Nicholas, J. G., & Geers, A. E. (2013). Spoken language benefits of extending cochlear implant candidacy below 12 months of age. *Otology & Neurotology*, 34(3), 532-538. DOI: 10.1097/MAO.0b013e3182814d2c.
196. Nicholas, J. G., & Geers, A. E. (2007). Will they catch up? The role of age at cochlear implantation in the spoken language development of children with severe to profound hearing loss. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50, 4, 1048-1062. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2007/073\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2007/073))
197. Nicholas, J. G., & Geers, A. E. (2006). Effects of early auditory experience on the spoken language of deaf children at 3 years of age. *Ear and hearing*, 27(3), 286-298. DOI: 10.1097/01.aud.0000215973.76912.c6.
198. Nikolopoulos, T. P., Dyar, D., Archbold, S. & O'Donoghue, G. M. (2004). Development of spoken language grammar following cochlear implantation in prelingually deaf children. *Archives of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 130, 629-633. DOI: 10.1001/archotol.130.5.511.
199. Niparko, J. K., Tobey, E. A., Thal, D. J., Eisenberg, L. S., Wang, N. Y., Quittner, A. L., Fink, N. E. (2010). CDaCI Investigative Team. Spoken language development in children following cochlear implantation. *JAMA*. 303(15):1498-506. doi: 10.1001/jama.2010.451.
200. Nittrouer, S., & Caldwell-Tarr, A. (2016). Language and literacy skills in children with cochlear implants: Past and present findings. *Pediatric cochlear implantation: Learning and the brain*, 177-197. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4939-2788-3_11

201. Nittrouer, S., Caldwell-Tarr, A., & Lowenstein, J. H. (2013). Working memory in children with cochlear implants: problems are in storage, not processing. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 77(11), 1886–1898. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2013.09.001>
202. Nittrouer, S., Caldwell-Tarr, A., Low, K., Lowenstein, J. H. (2017) Verbal Working Memory in Children With Cochlear Implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 60. 3342–3364. DOI: 10.1044/2017_JSLHR-H-16-0400.
203. Nittrouer, S., Sansom, E., Low, K., Rice, C., Caldwell-Tarr, A. (2014). Language structures used by kindergartners with cochlear implants: Relationship to phonological awareness, lexical knowledge and hearing loss. *Ear and Hearing*, 35, 506–518. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000021.
204. Norbury, C. F., & Bishop, D. V. (2003). Narrative skills of children with communication impairments. *International journal of language & communication disorders*, 38(3), 287-313. DOI: 10.1080/1368282031000156953.
205. Nott, P., Cowan, R., Brown, P. M. & Wigglesworth, G. (2009). Early language development in children with profound hearing loss fitted with a device at a young age: Part I- the time period taken to acquire first words and first word combinations. *Ear and Hearing*. 30. 526 – 540. DOI: 10.1097/AUD.0b013e3181a76d0e.
206. Nunes, T., Pretzlik, U., & Ilicak, S. (2005). Validation of a parent outcome questionnaire from pediatric cochlear implantation. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 10(4), 330-356. DOI: 10.1093/deafed/eni034.
207. Oller, D. K., Eilers, R. E., Bull, D. H., Carney, A. E. (1985). Prespeech vocalizations of a deaf infant: A comparison with normal metaphonological development. *Journal of Speech and Hearing Research*, 28(1), 47-63. DOI: 10.1044/jshr.2801.47.
208. Oller, D. K., Eilers, R. E. (1988): The role of audition in infant babbling, *Child Development*, 59, 441-449. DOI: 10.2307/1130323.
209. Oller, D. K., Eilers, R. E., Urbano, R., Cobo-Lewis, A. B. (1997). Development of precursors to speech in infants exposed to two languages, *Journal of Child Language*, 27, 407-425. DOI: 10.1017/S0305000900009891.
210. Oller, D. K., Eilers, R. E., Neal, A. R., Cobo-Lewis, A. B. (1998). Late onset canonical babbling: A possible early marker of abnormal development. *American Journal on Mental Retardation*, 103(3), 249-263. DOI: 10.1352/0895-8017(1998)103<0249>2.0.CO;2

211. Oller, D. K., Eilers, R. E., Neal, A. R., Schwartz, H. K. (1999). Precursors to speech in infancy: The prediction of speech and language disorders. *Journal of Communication Disorders*, 32(4), 223-245. DOI: 10.1016/S0021-9924(99)00013-1.
212. Oller D. K. (2000): The emergence of the speech capacity, Lawrence Erlbaum Associates Inc., Mahwah, New Jersey.
213. Ouellet, C., Le Normand, M. T., & Cohen, H. (2001). Language evolution in children with cochlear implants. *Brain and Cognition*, 46(1-2), 231-235. DOI: 10.1016/S0278-2626(01)80078-7.
214. Paatsch, L. E., Toe, D.M. (2013). A comparison of pragmatic abilities of children who are deaf or hard of hearing and their hearing peers. *Journal of deaf studies and deaf education*. 19 (4), 1-19. DOI: 10.1093/deafed/ent013.
215. Pallant, J. (2007). SPSS survival manual—A step by step guide to data analysis using SPSS for windows (3rd ed.). Maidenhead: Open University Press.
216. Patrick, J. F, Busby, P. A., Gibson, P. J. (2006). The Development of the Nucleus® Freedom™ Cochlear Implant System. *Trends in Amplification*. 10(4): 175-200. doi:10.1177/1084713806296386
217. Percy-Smith, L., Busch, G., Sandahl, M., Nissen, L., Josvassen, J. L., Lange, T., Rusch, E., & Cayé-Thomasen, P. (2013). Language understanding and vocabulary of early cochlear implanted children. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 77(2), 184–188. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2012.10.014>
218. Percy-Smith L., Tonning T. L., Josvassen J. L., Mikkelsen J. H., Nissen L., Dieleman E., Hallstrom M., Caye-Thomasen P. (2018). Auditory verbal habilitation is associated with improved outcome for children with cochlear implant. *Cochlear Implants International*, 19(1), 38–45. DOI: [10.1080/14670100.2017.1389020](https://doi.org/10.1080/14670100.2017.1389020).
219. Peterson, N.R., Pisoni, D.B., Miyamoto, R.T. (2010). Cochlear implants and spoken language processing abilities: review and assessment of the literature. *Restorative neurology and neuroscience*, 28, 2, 237-250. doi: 10.3233/RNN-2010-0535
220. Pisoni, D. D., & Geers, A. E. (2000). Working memory in deaf children with cochlear implants: Correlations between digit span and measures of spoken language processing. *The Annals of otology, rhinology & laryngology. Supplement*, 185, 92.

221. Pisoni, D. B., & Cleary, M. (2003). Measures of working memory span and verbal rehearsal speed in deaf children after cochlear implantation. *Ear and hearing*, 24(1), 106S-120S. doi: 10.1097/01.AUD.0000054393.07140.16
222. Pisoni, D. B., & Cleary, M. (2004). Learning, memory, and cognitive processes in deaf children following cochlear implantation. In *Cochlear implants: Auditory prostheses and electric hearing* (pp. 377-426). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-22585-2_9
223. Pisoni, D. B., Kronenberger, W. G., Roman, A. S., & Geers, A. E. (2011). Measures of digit span and verbal rehearsal speed in deaf children after more than 10 years of cochlear implantation. *Ear and hearing*, 32(1 Suppl), 60S-74S. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181ffd58e>
224. Pisoni, D. B., Kronenberger, W. G., Chandramouli, S. H., & Conway, C. M. (2016). Learning and memory processes following cochlear implantation: The missing piece of the puzzle. *Frontiers in psychology*, 7, 493. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.00493.
225. Pisoni, D.B., Kronenberger, W.G., Harris, M.S. & Moberly, A.C. (2017). Three challenges for future research on cochlear implants. *World Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*. 3, 240-254. DOI: 10.1016/j.wjorl.2017.12.001.
226. Pisoni, D. B., Conway, C. M., Kronenberger, W. G., Horn, D. L., Karpicke, J., & Henning, S. C. (2008). Efficacy and effectiveness of cochlear implants in deaf children. In M. Marschark & P. C. Hauser (Eds.), *Deaf cognition: Foundations and outcomes* (pp. 52-101). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195368673.003.0003>
227. Pollack, I. (1984). Monaural and binaural threshold sensitivity for tones and for white noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 1948 20(1), 52-7.
228. Prezbindowski, A. K., & Lederberg, A. R. (2003). Vocabulary Assessment of Deaf and Hard-of-Hearing Children From Infancy Through the Preschool Years. *Journal of deaf studies and deaf education*, 8(4), 383-400. <https://doi.org/10.1093/deafed/eng031>
229. Purcell, P. L., Deep, N. L., Waltzman, S. B., Roland Jr, J. T., Cushing, S. L., Papsin, B. C., & Gordon, K. A. (2021). Cochlear implantation in infants: why and how. *Trends in hearing*, 25, 23312165211031751.
230. Radovančić, B. (1995). *Osnove rehabilitacije slušanja i govora*. Fakultet za defektologiju Sveučilišta u Zagrebu.

231. Reddy, Y. M., Anjali, L., Augustine, A., Mary, J., & Ajay, P. (2022). Knowledge, attitude and practices regarding cochlear implants among medical doctors other than otolaryngologists: a prospective cross-sectional study. *The Journal of laryngology and otology*, 136(6), 492–499. <https://doi.org/10.1017/S0022215121004278>
232. Rieffe, C., Meerum Terwogt, M. (2006). Anger communication in deaf children. *Cognition and Emotion*. 20 (8), 1261-1273. doi: 10.1080/02699930500513686
233. Ruben, R. J. (1999). A time frame of critical/sensitive periods of language development. *Indian Journal of Otolaryngology and head & neck surgery*, 51, 85-89.
234. Ruben, R. J. (2018). Language development in the pediatric cochlear implant patient. *Laryngoscope investigative otolaryngology*, 3(3), 209-213. doi: 10.1002/lio2.170
235. Ruder, C. C. (2004, November). Grammatical morpheme development in young cochlear implant users. In *International Congress Series* (Vol. 1273, pp. 320-323). Elsevier.
236. Ruffin, C. V., Kronenberger, W. G., Colson, B. G., Henning, S. C., & Pisoni, D. B. (2013). Long-term speech and language outcomes in prelingually deaf children, adolescents and young adults who received cochlear implants in childhood. *Audiology and Neurotology*, 18(5), 289-296. doi: 10.1159/000353379
237. Sahli A. S. (2019). Developments of children with hearing loss according to the age of diagnosis, amplification, and training in the early childhood period. *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies (EUFOS) : affiliated with the German Society for Oto-Rhino-Laryngology - Head and Neck Surgery*, 276(9), 2457–2463. <https://doi.org/10.1007/s00405-019-05501-w>
238. Sarant, J., Harris, D., Bennet, L., & Bant, S. (2014). Bilateral versus unilateral cochlear implants in children: a study of spoken language outcomes. *Ear and hearing*, 35(4), 396-409. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000000022>
239. Sawaf, T., Vovos, R., Hadford, S., Woodson, E., & Anne, S. (2022). Utility of intraoperative neural response telemetry in pediatric cochlear implants. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 162, 111298.
240. Schauwers, K., Gillis, S., & Govaerts, P. (2005). Language acquisition in children with a cochlear implant. *Developmental theory and language disorders*, 4, 95.

241. Schauwers, K., Gillis, S., Daemers, K., De Beukelaer, C., & Govaerts, P. J. (2004). Cochlear implantation between 5 and 20 months of age: the onset of babbling and the audiologic outcome. *Otology & Neurotology*, 25(3), 263-270. doi: 10.1097/00129492-200405000-00001
242. Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & analgesia*, 126(5), 1763-1768. doi: 10.1213/ANE.0000000000002864
243. Schorr, E. A., Roth, F. P., & Fox, N. A. (2008). A comparison of the speech and language skills of children with cochlear implants and children with normal hearing. *Communication Disorders Quarterly*, 29(4), 195–210. <https://doi.org/10.1177/1525740108321217>
244. Sharma, A., & Glick, H. (2018). Cortical Neuroplasticity in Hearing Loss: Why It Matters in Clinical Decision-Making for Children and Adults: Observing changes in brain processing--and adjusting our intervention strategies accordingly. *The Hearing Review*, 25(7), 20-25.
245. Sharma, A., Dorman, M. F., & Kral, A. (2005). The influence of a sensitive period on central auditory development in children with unilateral and bilateral cochlear implants. *Hearing research*, 203(1-2), 134–143. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2004.12.010>
246. Sharma, A., Tobey, E., Dorman, M., Bharadwaj, S., Martin, K., Gilley, P., & Kunkel, F. (2004). Central auditory maturation and babbling development in infants with cochlear implants. *Archives of otolaryngology--head & neck surgery*, 130(5), 511–516. <https://doi.org/10.1001/archotol.130.5.511>
247. Simmons, E.S. (2013). Reynell Developmental Language Scales. In: Volkmar, F.R. (eds) Encyclopedia of Autism Spectrum Disorders. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1698-3_985
248. Skinner, M. W., Holden, L. K., Whitford, L. A., Plant, K. L., Psarros, C., & Holden, T. A. (2002). Speech recognition with the nucleus 24 SPEAK, ACE, and CIS speech coding strategies in newly implanted adults. *Ear and hearing*, 23(3), 207-223. doi: 10.1097/01.AUD.0000018400.82987.19
249. Stark, R. E. (1980): Stages of speech development in the first year of life. U: Yeni-Komshian, G., Kavanagh, J., Ferguson, C.: Child phonology, Vol. 1, Academic Press, New York, 73-90.

250. Stoel-Gammon, C., & Otomo, K. (1986). Babbling development of hearing-impaired and normally hearing subjects. *The Journal of speech and hearing disorders*, 51(1), 33–41. <https://doi.org/10.1044/jshd.5101.33>
251. Svirsky, M. A., Teoh, S. W., & Neuburger, H. (2004). Development of language and speech perception in congenitally, profoundly deaf children as a function of age at cochlear implantation. *Audiology & neuro-otology*, 9(4), 224–233. <https://doi.org/10.1159/000078392>
252. Svirsky M. A. (2000). Language development in children with profound and prelingual hearing loss, without cochlear implants. *The Annals of otology, rhinology & laryngology. Supplement*, 185, 99–100. <https://doi.org/10.1177/0003489400109s1243>
253. Swanwick, R. (2016). Deaf children's bimodal bilingualism and education. *Language Teaching*, 49(1), 1–34. doi: 10.1017/S0261444815000386
254. Šantić, I. Š., & Bonetti, L. (2023). Language Intervention Instead of Speech Intervention for Children With Cochlear Implants. *Journal of audiology & otology*, 27(2), 55–62. <https://doi.org/10.7874/jao.2022.00584>
255. Tait, M., Nikolopoulos, T. P. & Lutman, M. E. (2007a). Age at implantation and development of vocal and auditory preverbal skills in implanted deaf children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 71, 603–610. doi: 10.1016/j.ijporl.2006.11.015
256. Tait, M., De Raeve, L. & Nikolopoulos, T. P. (2007b). Deaf children with cochlear implants before the age of 1 year: comparison of preverbal communication with normally hearing children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 71, 1605–1611. doi: 10.1016/j.ijporl.2007.07.013
257. Tamati, T. N., Pisoni, D. B., & Moberly, A. C. (2022). Speech and language outcomes in adults and children with cochlear implants. *Annual Review of Linguistics*, 8(1), 299–319.
258. Teagle, H. F. (2016). Cochlear implant programming for children. *Pediatric cochlear implantation: Learning and the brain*, 97–109.
259. Theunissen, S. C., Rieffe, C., Kouwenberg, M., De Raeve, L. J., Soede, W., Briaire, J. J., & Frijns, J. H. (2014). Behavioral problems in school-aged hearing-impaired children: the influence of sociodemographic, linguistic, and medical factors. *European child & adolescent psychiatry*, 23(4), 187–196. <https://doi.org/10.1007/s00787-013-0444-4>
260. Thomas, E. S., & Zwolan, T. A. (2019). Communication Mode and Speech and Language Outcomes of Young Cochlear Implant Recipients: A Comparison of Auditory-Verbal, Oral

- Communication, and Total Communication. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 40(10), e975–e983. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000002405>
261. Tobey, E. A., Thal, D., Niparko, J. K., Eisenberg, L. S., Quittner, A. L., Wang, N. Y., & CDaCI Investigative Team. (2013). Influence of implantation age on school-age language performance in pediatric cochlear implant users. *International journal of audiology*, 52(4), 219-229. DOI: [10.3109/14992027.2012.759666](https://doi.org/10.3109/14992027.2012.759666)
262. Tobey, E. A., Geers, A. E., Brenner, C., Altuna, D. & Gabbert, G. (2003). Factors associated with development of speech production skills in children implanted by age five. *Ear and Hearing*. 24. S36-S45. doi: 10.1097/01.AUD.0000051688.48224.B6
263. Trotić, R., Ries, M., Ajduk, J., Kelava, I., & Košec, A. (2021). Simultana bilateralna kohlearna implantacija kod djece. *Medica Jadertina*, 51(Suplement), 59-59. <https://hrcak.srce.hr/256950>
264. Tye-Murray, N. (2003). Conversational fluency of children who use cochlear implants. *Ear and Hearing*, 24(1), 82S-89S. doi: 10.1097/01.AUD.0000051695.90525.FD
265. Uhler, K., & Gifford, R. H. (2014). Current trends in pediatric cochlear implant candidate selection and postoperative follow-up. *American journal of audiology*, 23(3), 309-325. doi: 10.1044/2014_AJA-14-0029
266. Uhler, K., Yoshinaga-Itano, C., Gabbard, S. A., Rothpletz, A. M., & Jenkins, H. (2011). Longitudinal infant speech perception in young cochlear implant users. *Journal of the American Academy of Audiology*, 22(03), 129-142. doi: 10.3766/jaaa.22.3.3
267. Velandia, S., Martinez, D., Goncalves, S., Pena, S., Bas, E., Ein, L., Prentiss, S., Telischi, F., Angeli, S., Dinh, C. T. (2020). Effect of age, electrode array, and time on cochlear implant. *Cochlear Implants International impedances*. 21, 6, 344-352, <https://doi.org/10.1080/14670100.2020.1788859>
268. Vohr, B., Jodoin-Krauzyk, J., Tucker, R., Topol, D., Johnson, M.J., Ahlgren, M., StPierre, L. (2011). Expressive vocabulary of children with hearing loss in the first 2 years of life: impact of early intervention. *Journal of Perinatology*. 31, 274–280. doi: 10.1038/jp.2010.117

269. von Koss Torkildsen, J., Arciuli, J., Haukedal, C. L., & Wie, O. B. (2018). Does a lack of auditory experience affect sequential learning?. *Cognition*, 170, 123-129. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.09.017>
270. Wagner, R. K., Torgesen, J. K., Rashotte, C. A., & Pearson, N. A. (1999). *Comprehensive test of phonological processing: CTOPP*. Austin, TX: Pro-ed.
271. Warner-Czyz, A. D., Roland Jr, J. T., Thomas, D., Uhler, K., & Zombek, L. (2022). American cochlear implant alliance task force guidelines for determining cochlear implant candidacy in children. *Ear and Hearing*, 43(2), 268-282. doi: 10.1097/AUD.0000000000001168
272. Wass, M., Ibertsson, T., Lyxell, B., Sahlen, B., Hällgren, M., Larsby, B., & MÄKI-TORKKO, E. L. I. N. A. (2008). Cognitive and linguistic skills in Swedish children with cochlear implants—measures of accuracy and latency as indicators of development. *Scandinavian Journal of Psychology*, 49(6), 559-576. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2008.00680.x>
273. Webb, M. Y., Lederberg, A. R., Branum-Martin, L., & McDonald Connor, C. (2015). Evaluating the structure of early English literacy skills in deaf and hard-of-hearing children. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 20(4), 343-355. doi: 10.1093/deafed/env023
274. Wechsler, D. (1991). Wechsler Intelligence Scale for Children (3rd ed.). (WISC-III): Manual. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
275. Wechsler, David: WISC-IV HR. Wechslerov test inteligencije za djecu - IV. izdanje. Hrvatska adaptacija. Priručnik za primjenu i bodovanje / Matešić, Krunoslav (ur.). Jasrebarsko: Naklada Slap, 2009.
276. Weisberg, S., & Cook, R. D. (1982). Residuals and influence in regression.
277. White, J. i Brennan-Jones, C. G. (2014). Auditory Verbal Therapy: Improving the Evidence-Base. *Deafness & Education International*, 16 (3), 125-128
278. Wie, O. B., von Koss Torkildsen, J., Schaubert, S., Busch, T., & Litovsky, R. (2020). Long-term language development in children with early simultaneous bilateral cochlear implants. *Ear and hearing*, 41(5), 1294-1305. DOI: [10.1097/AUD.0000000000000851](https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000851)
279. Wie, O. B., Falkenberg, E. S., Tvete, O., & Tomblin, B. (2007). Children with a cochlear implant: Characteristics and determinants of speech recognition, speech-recognition growth rate, and speech production. *International Journal of Audiology*, 46(5), 232-243. doi: 10.1080/14992020601182891

280. Wieringen, A. & Wouters, J. (2014). What can we expect of normally developing children implanted at a young age with respect to their auditory, linguistic and cognitive skills? *Hearing Research*, 322, 171-179. doi: 10.1016/j.heares.2014.10.002
281. Wilson, B. S., Dorman, M. F. (2008). Cochlear implants: Current designs and future possibilities. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 45, 5, 695–730.
282. Willstedt-Svensson, U., Löfqvist, A., Almqvist, B., & Sahlén, B. (2004). Is age at implant the only factor that counts? The influence of working memory on lexical and grammatical development in children with cochlear implants. *International journal of audiology*, 43(9), 506-515. doi: 10.1080/14992020400050060
283. Wiseman, K. B., & Warner-Czyz, A. D. (2018). Inconsistent device use in pediatric cochlear implant users: Prevalence and risk factors. *Cochlear Implants International*, 19(3), 131-141. doi: 10.1080/14670100.2018.1475288
284. Wolfe, J., & Schafer, E. (2014). *Programming cochlear implants*. Plural publishing.
285. Wouters, J., McDermott, H. J. & Francart, T. (2015). Sound Coding in Cochlear Implants: From electric pulses to hearing. *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 32, no. 2, pp. 67-80, doi: 10.1109/MSP.2014.2371671. doi: 10.1109/MSP.2014.2371671
286. Yanbay, E., Hickson, L., Scarinci, N., Constantinescu, G., & Dettman, S. J. (2014). Language outcomes for children with cochlear implants enrolled in different communication programs. *Cochlear implants international*, 15(3), 121-135. doi: 10.1179/1754762813Y.0000000058
287. Yoder, P. J., Warren, S. F., & McCathren, R. B. (1998). Determining spoken language prognosis in children with developmental disabilities. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 7(4), 77-87.
288. Yoshinaga-Itano, C., Baca, R. L., & Sedey, A. L. (2010). Describing the trajectory of language development in the presence of severe-to-profound hearing loss: a closer look at children with cochlear implants versus hearing aids. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 31(8), 1268–1274. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e3181f1ce07>
289. Yoshinaga-Itano C. (2014). Principles and guidelines for early intervention after confirmation that a child is deaf or hard of hearing. *Journal of deaf studies and deaf education*, 19(2), 143–175. <https://doi.org/10.1093/deafed/ent043>

290. Yoshinaga-Itano, C., Manchaiah, V., & Hunnicutt, C. (2021). Outcomes of universal newborn screening programs: Systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 10(13), 2784. doi: 10.3390/jcm10132784
291. Young, J. Y., Ryan, M. E., & Young, N. M. (2014). Preoperative imaging of sensorineural hearing loss in pediatric candidates for cochlear implantation. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc*, 34(5), E133–E149. <https://doi.org/10.1148/rg.345130083>
292. Young, G. A., & Killen, D. H. (2002). Receptive and expressive language skills of children with five years of experience using a cochlear implant. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 111(9), 802-810. DOI: [10.1177/000348940211100908](https://doi.org/10.1177/000348940211100908)
293. Yuksel, M., Cesur, S., & Ciprut, A. (2017). Time of cochlear implant use obtained from data logging and word discrimination performance of children. *J Otolaryngol ENT Res*, 9, 617. <https://doi.org/10.15406/joentr.2017.09.00292>
294. Zaputović, S. (2007). Klinički i genetički probir na prirođenu gluhoću. *Gynaecologia et perinatologia: journal for gynaecology, perinatology, reproductive medicine and ultrasonic diagnostics*, 16(2), 73-78.
295. Zimmerman-Phillips, S., Robbins, A. M., & Osberger, M. J. (2000). Assessing cochlear implant benefit in very young children. *The Annals of otology, rhinology & laryngology. Supplement*, 185, 42–43. <https://doi.org/10.1177/0003489400109s1217>
296. Zwolan, T. A. (2008). Recent advances in cochlear implants. *Contemporary Issues in Communication Science and Disorders*, 35(Fall), 113-121.

Prilog

Frekvencija ispitanika po dobi

KI dob	Frekvencija	Čujući dob	Frekvencija
6,0	1	6,0	1
6,2	1	6.2	1
6,5	1	6.5	1
6,7	2	6.7	1
7,0	1	7.0	1
7,3	1	7.3	1
7,5	1	7.5	1
7,8	1	7.8	1
8,1	2	8,1	1
8,3	1	8,3	1
8,9	2	8,9	1
9,3	2	9.3	1
10,3	1	10,3	1
10,8	2	10.8	1
11,0	1	11.0	1
11,3	1		
12,8	1	12.8	1
13,6	1	13.6	1
13,7	1		
13,9	1	13.9	1
13,10	1	13.10	1
13,11	1		
14,1	1	14.1	1
14,2	2		
14,6	1	14.6	1
14,11	1		
15,0	1	15.0	1
15,3	1	15.3	1
15,9	1		

11. ŽIVOTOPIS

Ivana Šimić rođena je 22.11. 1976 u Mostaru. Diplomirala je 2000 godine na Edukacijsko-rehabilitacijskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Na istom fakultetu je 2010. godine stekla diplomu magistra znanosti. Od 2000 do 2020 godine radila je kao logoped u Službi za psihofiziološke i govorne poteškoće Doma zdravlja Mostar, a od 2020 do 2021 kao logoped na Odjelu za otorinolaringologiju KB Sveti Duh u Zagrebu. Od 2021. godine radi kao asistent na Odsjeku za logopediju Edukacijsko-rehabilitacijskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Radi i kao viši asistent na Studiju logopedije Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru od njegovog osnutka 2015 godine. Istraživački i stručni interesi su joj habilitacija jezika, govora i slušanja kod gluhe djece s ugrađenim kohlearnim implantatom i ostale djece s različitim oštećenjima sluha. U tom području se educirala u vodećim europskim centrima (Mechelen, Innsbruck, Beč, Prag,...), a 2019. godine u Beču je stekla certifikat „Specialty Certification in Cochlear Implants“. Radila je na prijevodu i adaptaciji na hrvatski jezik nekoliko testova za procjenu slušanja djece s oštećenjem sluha. Osim oštećenja sluha područje interesa, te znanstvenog i stručnog rada su joj poremećaji glasa i govorna akustika. Certificirana je za provođenje kliničke akustičke procjene glasa (Clinical Assessment of Acoustic Voice signals - CAAVS). Aktivno ili pasivno je sudjelovala na brojnim znanstvenim i stručnim kongresima i skupovima, te objavila četiri znanstvena rada.

Šimić, I., Bonetti, A. i Bonetti, L. (2025). "Utjecaj različitih slušnih tehnoloških intervencija na kvalitetu glasa osoba s oštećenjem sluha". *Logopedija*. <https://hrcak.srce.hr/clanak/473024>

Šantić, I. Š., & Bonetti, L. (2023). Language Intervention Instead of Speech Intervention for Children With Cochlear Implants. *Journal of audiology & otology*, 27(2), 55–62. <https://doi.org/10.7874/jao.2022.00584>

Šimić Šantić, I., Bonetti, A. i Prstačić, R. (2023). Povezanost bolesti covid-19 i poremećaja glasa. *Medica Jadertina*, 53 (2), 117-122. <https://doi.org/10.57140/mj.53.2.6>

Šimić Šantić, I. (2019). Ispitivanje prediktivne snage Upitnika za samoprocjenu slušanja (USS) kao instrumenta za probir oštećenja sluha stečenog u odrasloj dobi. *Logopedija*, 9 (2), 77-83. <https://doi.org/10.31299/log.9.2.5>