

# Ishodi slušno-govorne rehabilitacije u djece s bilateralnim kohlearnim implantatom

---

**Mrkić, Mia-Đana**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:131:920813>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-13**



Sveučilište u Zagrebu  
Filozofski fakultet  
University of Zagreb  
Faculty of Humanities  
and Social Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[ODRAZ - open repository of the University of Zagreb  
Faculty of Humanities and Social Sciences](#)



Sveučilište u Zagrebu

Filozofski fakultet

Odsjek za fonetiku

Mia-Đana Mrkić

**ISHODI SLUŠNO-GOVORNE REHABILITACIJE U DJECE S  
BILATERALNIM KOHLEARNIM IMPLANTATOM**

Diplomski rad

Zagreb, lipanj, 2023.

Sveučilište u Zagrebu

Filozofski fakultet

Odsjek za fonetiku

Mia-Đana Mrkić

**ISHODI SLUŠNO-GOVORNE REHABILITACIJE U DJECE S  
BILATERALNIM KOHLEARNIM IMPLANTATOM**

Diplomski rad

Mentorica: doc. dr. sc. Diana Tomić

Zagreb, lipanj, 2023.

## **PODACI O AUTORICI**

Ime i prezime: Mia-Đana Mrkić

Datum i mjesto rođenja: 14. lipnja 1996., Zadar

Studijske grupe i godina upisa: fonetika i kroatistika, 2019.

Lokalni matični broj studenta:

## **PODACI O RADU**

Naslov rada na hrvatskome jeziku: Ishodi slušno-govorne rehabilitacije u djece s bilateralnim kohlearnim implantatom

Naslov rada na engleskom jeziku: Outcomes of hearing and speech rehabilitation in children with bilateral cochlear implants

Broj stranica: 44

Broj priloga: 0

Datum predaje rada: 16. lipnja 2023.

Sastav povjerenstva koje je rad ocijenilo i pred kojim je rad obranjen:

1. doc. dr. sc. Diana Tomić
2. doc. dr. sc. Arnalda Dobrić
3. doc. dr. sc. Ana Vidović Zorić

Datum obrane rada: 26. lipnja 2023.

Broj ECTS bodova: 15

Ocjena:

Potpis članova povjerenstva:

-----  
-----  
-----

## **IZJAVA O AUTORSTVU DIPLOMSKOGA RADA**

Ovime potvrđujem da sam osobno napisala diplomski rad pod naslovom  
**ISHODI SLUŠNO-GOVORNE REHABILITACIJE U DJECE S BILATERALNIM  
KOHLEARNIM IMPLANTATOM**  
i da sam njegova autorica.

Svi dijelovi rada, podaci ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima (mrežni izvori, udžbenici, knjige, znanstveni, stručni članci i sl.) u radu su jasno označeni kao takvi te su navedeni u popisu literature.

Mia-Dana Mrkić  
(ime i prezime studenta)

---

(potpis)

Zagreb, 26. lipnja 2023.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. SLUH I SLUŠANJE</b> .....	2
2.1. Anatomske i fiziološke osnove sluha .....	2
2.2. Slušna oštećenja: indikacije za bilateralnu kohlearnu implantaciju .....	4
<b>3. UMJETNA PUŽNICA (KOHLEARNI IMPLANTAT)</b> .....	5
3.1. Dijelovi umjetne pužnice.....	6
3.2. Osnove funkcioniranja i princip rada umjetne pužnice .....	7
3.3. Digitalna obrada signala unutar umjetne pužnice.....	8
<b>4. BILATERALNA IMPLANTACIJA UMJETNE PUŽNICE</b> .....	9
4.1. Uvod u bilateralnu kohlearnu implantaciju .....	10
4.1.1. Predimplantacijski period i postupak ugradnje umjetne pužnice .....	12
4.1.2. Postimplantacijski period i čimbenici uspjeha .....	14
4.2. Simultana i sekvencijalna kohlearna implantacija.....	16
<b>5. REHABILITACIJA SLUŠANJA I GOVORA IMPLANTIRANIH OSOBA</b> .....	18
5.1. Verbotonalna metoda u slušno-govornoj rehabilitaciji .....	19
<b>6. ISHODI BILATERALNE KOHLEARNE IMPLANTACIJE TE SLUŠNO-GOVORNE REHABILITACIJE</b> .....	21
<b>7. PRIJEDLOG VJEŽBI ZA SLUŠNO-GOVORNU REHABILITACIJU</b> .....	24
7.1. Vježbe za razvijanje auditivne percepcije .....	25
7.1.1. Vrednovanje napretka te implementacija novih aktivnosti u cilju postizanja napretka	30
7.2. Vježbe za razvijanje govora i jezika.....	31
7.3. Vježbe za razvijanje komunikacijskih vještina .....	32
<b>8. ZAKLJUČAK</b> .....	35
<b>SAŽETAK</b> .....	36
<b>SUMMARY</b> .....	37
<b>LITERATURA</b> .....	38

## 1. UVOD

Sluh i slušanje (kao funkcija) igraju ključnu ulogu u svakodnevnom životu; omogućavaju nam razumijevanje i komunikaciju, te u konačnici – povezuju ljude. Teška slušna oštećenja u djece mogu dovesti do problema u razvoju govora i jezika, odnosno u ostvarivanju komunikacije što utječe na kognitivan razvoj i njihovu socijalizaciju. Važnost pravovremene reakcije u slučaju teških slušnih oštećenja kod djece leži u činjenici da pravodobna dijagnoza i rehabilitacija značajno mogu poboljšati sve prethodno navede aspekte. Umjetna pužnica ili kohlearni implantat jest vrsta elektroničkog slušnog pomagala koja, za razliku od klasičnih slušnih pomagala (koji služe kao pojačala zvuka), pretvara zvučne signale u električne, koji se putem elektroda smještenih u pužnici unutarnjeg uha, prenose dalje putem slušnog živca do kore mozga (Wolfe, 2020). Jednostrana (unilateralna) kohlearna implantacija jest češći oblik intervencije, međutim prepoznavanjem prednosti obostrane (bilateralne) kohlearne implantacije, ona u fokus dolazi 1971. godine kada je po prvi put izvodi doktor William House u Los Angelesu (Trotić i sur., 2003). U svijetu se primjena bilateralne kohlearne implantacije intenzivira u prvom desetljeću 21. stoljeća (Trotić i sur., 2021), dok se u Hrvatskoj prva simultana (istovremena) bilateralna kohlearna implantacija izvela u travnju 2000. godine (Trotić i sur., 2001).

Obostrana (bilateralna) ugradnja umjetne pužnice prepoznata je kao učinkovita opcija i prvi korak u rehabilitaciji slušno-govornih sposobnosti kod djece s bilateralnim gubitkom sluha. U ovome radu biti će predstavljena i opisana obostrana ugradnja umjetne pužnice u djece. Naglasak je stavljen na utjecaj umjetne pužnice na govorno-jezični razvoj djece te uspješnost daljnjeg rehabilitacijskog procesa. Na početku će se rada pružiti uvid u anatomske i fiziološke osnove sluha, objasniti koja to slušna oštećenja postaju indikacijom za bilateralnu kohlearnu implantaciju te će se opisati dijelovi i osnove funkcioniranja umjetne pužnice. Nadalje, predstaviti će se uvod u bilateralnu kohlearnu implantaciju u kojem se raščlanjuje razlika u procjeni kandidata za bilateralnu kohlearnu implantaciju u odnosu na unilateralnu, te usporedba ograničenja i prednosti između simultane i sekvencijalne kohlearne implantacije. Središnji dio rada odnosi se na rehabilitaciju govora i slušanja te ishode, odnosno uspješnost slušno-govorne rehabilitacije. Naposljetku, iznijet će se prijedlog rehabilitacijskih vježbi (koje počivaju na Verbotonalnim načelima) razvijen za bilateralno implantiranu djecu. Cilj ovog rada je pružiti uvid u važnost rehabilitacije govora i slušanja kod djece s bilateralnim kohlearnim implantatima te istaknuti ishode takve rehabilitacije.

## 2. SLUH I SLUŠANJE

Sluh je jedan od pet, odnosno šest osnovnih osjetila (uz miris, okus, vid, dodir i osjetilo ravnoteže) te nam omogućuje percepciju zvukova iz okoline, a jednako je važan i za ostvarivanje komunikacije (Moore i sur., 2007). Hrvatski akademik Petar Guberina navodi kako je sluh odgovor mozga na zvučni podražaj (koji u većoj mjeri uvjetuje razvoj slušanja i govora), a sama funkcija slušanja predstavlja odgovor mozga na zvučni podražaj uz percepciju značenja (Guberina, 2010). Prema Purvesu i suradnicima (2018), sposobnost slušanja omogućuje nam razlikovanje ritma, tonaliteta, glasnoće te kvalitete različitih zvukova. Za razliku od drugih osjetila poput vida, sluh nije ograničen samo na specifične organe koji su smješteni u glavi. Umjesto toga, sluh se sastoji od više dijelova u uhu (poput vanjskog uha koja uključuje ušku i vanjski zvukovod, srednjeg uha koje uključuje bubnjić te slušne koščiце te unutarnjeg uha koje uključuje pužnicu i vestibularni sustav) i mozgu (poput slušne kore i subkortikalnih struktura) koji surađuju kako bi nam omogućili percepciju i obradu različitih zvukova te razumijevanje govora (Guyton i Hall, 2017).

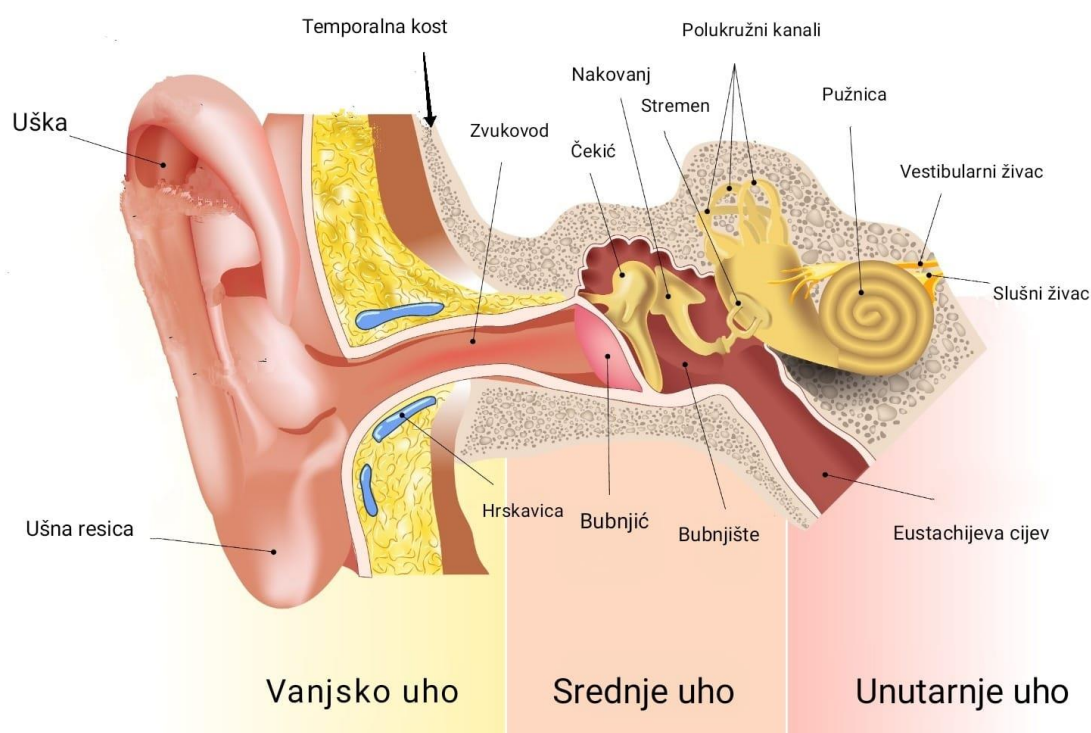
### 2.1. Anatomske i fiziološke osnove sluha

Uho predstavlja organ sluha i ravnoteže (*organum vestibulocochleare*) (Judaš i Kostović, 1997). Prema Guytonu i Hallu (2017), uho reagira na podražaje (vibracije zvučnih valova) koji su rezultat gibanja zraka. Uvidom u anatomiju slušni osjetni organ može podijeliti na tri prethodno spomenuta dijela: vanjsko uho (*auris externa*), srednje uho (*auris media*) te unutarnje uho (*auris interna*) (Judaš i Kostović, 1997).

Tri anatomska odsječka uha (vanjsko, srednje i unutarnje uho) s njihovim sastavnim dijelovima prikazana su na *Slici 1*.



# Anatomija uha



Slika 1. Anatomija uha (<https://hearinfinity.com/how-hearing-works/>, preveo i prilagodio autor)

Vanjsko uho čine uška te vanjski zvukovod, te ono prikuplja zvukove iz okoline i usmjerava ih u ušni kanal prema bubnjiću u srednjem uhu. Srednje uho sadrži tri male kosti – čekić (*malleus*), nakovanj (*incus*) i stremen (*stapes*) - koje prenose vibracije bubnjića (*membrana tympani*) do unutarnjeg uha. U unutarnjem uhu se nalazi koštani labirint koji sadrži snopove stanica koje pretvaraju zvukove u signale koje mozak može obraditi (Guyton i Hall, 2017). Slušna oštećenja mogu nastati zbog različitih faktora, kao što su: starenje, izloženost buci te nasljednih faktora (Moore i sur., 2007). Ovisno o vrsti i stupnju oštećenja, poseže se za različitim vrstama slušnih pomagala; bilo da je riječ o klasičnim slušnim pomagalima u obliku slušnih aparata ili drugim rješenjima poput umjetne pužnice. Oštećenja u unutarnjem uhu posebno su teška zato što se stanice u unutarnjem uhu ne regeneriraju. Spomenuta oštećenja dakle mogu imati ozbiljne posljedice na kvalitetu života; uključujući socijalnu izolaciju, depresiju i smanjenje radne sposobnosti (Purves i sur., 2018). Kako bi se pomoglo osobama s teškim slušnim oštećenjima, razvijena su spomenuta slušna pomagala – umjetne pužnice (kohlearni implantati) koji se putem kirurškog zahvata ugrađuju u unutarnje uho i omogućavaju

ljudima čujnost (Zeng i Oba, 2014). Bilateralna kohlearna implantacija, prilikom koje se umjetna pužnica ugrađuje obostrano, može pružiti dodatne prednosti, koje uključuju poboljšanu percepciju zvuka te poboljšanje razumijevanja govora u bučnim okruženjima (Gantz i sur., 2010).

## 2.2. Slušna oštećenja: indikacije za bilateralnu kohlearnu implantaciju

Postoje različiti uzroci nastanka i vrste slušnih oštećenja. Ona najčešće nastaju zbog genetskih, infektivnih, traumatskih te ototoksičnih uzroka (Eapen i sur, 2017). Gubitak sluha koji nastaje zbog oštećenja stanica u unutarnjem uhu (u pužnici ili slušnom živcu), uslijed kojeg osoba ima ili vrlo ograničenu ili nikakvu sposobnost čujnosti bez upotrebe slušnog pomagala (potpuni gubitak sluha), naziva se senzorineuralnim gubitkom sluha. Ukoliko je oštećenje simetrično (oštećenje sluha jednakog stupnja prisutno na oba uha), a konkretno se radi o obostranoj zamjedbenoj gluhoći ili teškoj naglušosti s pragom čujnosti iznad 90 dB, utoliko je ono indikacija za obostranu ugradnju umjetne pužnice. Ovaj tip oštećenja može nastati zbog stečenih prenatalnih uzorka (kongenitalni gubitak sluha) ili uslijed različitih autoimunih bolesti i infekcija ili izlaganja prevelikoj buci (akustičkih trauma) (Clark, 2003). Osobe koje ipak imaju preostale slušne funkcije koje nisu adekvatno poboljšane upotrebom drugih slušnih pomagala (poput slušnog aparata), također se mogu smatrati kandidatima za ugradnju umjetne pužnice (Eapen i sur, 2017). Prema istraživanju Firszt i suradnika (2012) i u slučajevima kada je kod nekih osoba prisutan asimetrični gubitak sluha, ugradnja umjetne pužnice može biti korisna za poboljšanje sposobnosti razumijevanja govora. Valja naglasiti kako se asimetrični gubitak sluha odnosi na stanje u kojem osoba ima različit stupanj oštećenja sluha jednog uha u odnosu na drugo uho; primjerice sluh jednog uha može biti uredan ili može postojati umjeren gubitak sluha, dok u drugom uhu osoba doživljava težak gubitak sluha (ASHA, 2015).

Dakle, teška i potpuna obostrana slušna oštećenja te asimetrični gubitak sluha koji pretpostavlja teški gubitak sluha u jednom uhu te primjerice zamjedbenu gluhoću u drugom uhu, su najčešće indikacije za bilateralnu kohlearnu implantaciju. Kod ovakvih slušnih oštećenja, bilateralna kohlearna implantacija omogućuje korisnicima binauralno slušanje (utilizira oba uha) koje omogućuje bolju detekciju te precizniju lokalizaciju zvuka, te naposljetku i bolju razabirljivost akustičkog signala u buci u odnosu na monauralno slušanje (slušanje s jednim uhom) (Wolfe, 2020). Binauralno slušanje je perceptivna sposobnost kojom mozak integrira zvučne informacije (iz oba uha) kako bi stvorio osjećaj prostorne percepcije

zvuka. Ova sposobnost se temelji na konceptima bimodalnosti i bilateralnosti, gdje bimodalno slušanje označava simultanu upotrebu slušnog aparata na jednom uhu te umjetne pužnice na drugom uhu, dok bilateralnost implicira simultanu obostranu upotrebu umjetne pužnice, tvrdi Wolfe (2020).

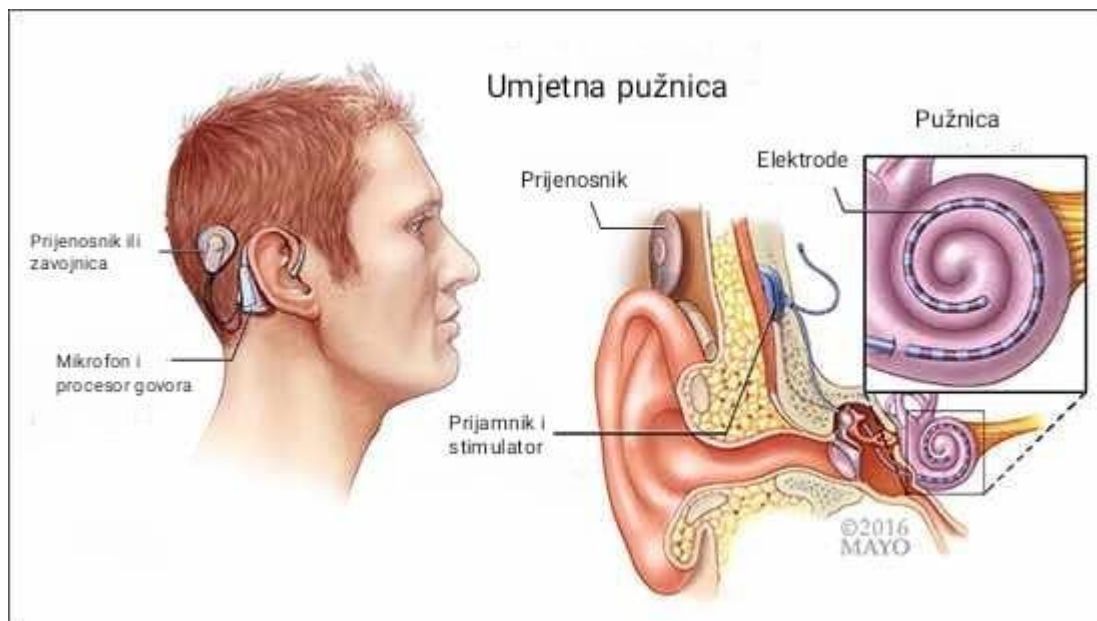
Konačno, valja istaknuti kako unatoč uspješnim rezultatima bilateralne kohlearne implantacije kod osoba s određenim vrstama slušnih oštećenja, još uvijek postoje neka otvorena pitanja u ovoj problematici. Jedno od tih pitanja odnosi se na rizike i komplikacije koji se vežu i uz individualne karakteristike kandidata, a o čemu će više riječi biti kasnije.

### **3. UMJETNA PUŽNICA (KOHLEARNI IMPLANTAT)**

Umjetna pužnica jest vrsta elektroničkog slušnog pomagala koje ugradnjom elektroda u pužnicu zaobilazi oštećene slušne stanice te podražuje vrške slušnog živca. Na taj način omogućuje čujnost i u slučajevima kada to, zbog težine oštećenja, nije moguće postići ostalim slušnim pomagalima (Wolfe, 2020). Interes za razvojem slušnog pomagala koje bi se omogućilo čujnost osobama sa iznimno teškim oštećenjima sluha, svoje korijene vuče još od kasnih 1700-ih i ranih 1800-ih godina. Tada dolazi do napretka u razumijevanju električne energije i osnova elektronike, koji je vodio do prvih eksperimenata u kojima se istraživao potencijal podraživanja slušnog živca električnom energijom (Wolfe, 2020). Šezdesetih godina prošlog stoljeća počinje snažan rast interesa i razvoja tehnologije koja bi omogućila stimulaciju slušnog živca putem električnog podraživanja. Do velikog iskoraka dolazi kada doktor William Fouts House, u suradnji s inženjerom elektrotehnike Jimom Doyleom te neurokirurgom Johnom Doyleom, 1961. godine ugrađuje elektrodu u pužnicu. Zbog toga se smatra ocem kohlearne implantacije (Wolfe, 2020). Od 1985. godine djeci s teškom nagluhošću osigurani su kohlearni implantati, a do početka 21. stoljeća preko 20 000 djece diljem svijeta ugradilo je unilateralni implantat, s jasnim dokazima o povoljnim rezultatima u pedijatrijskih korisnika, tvrde u svom istraživanju Galvin i Hughes (2012). U Republici Hrvatskoj 12. lipnja 1996. godine odvila se prva implantacija umjetne pužnice u Klinici za otorinolaringologiju i kirurgiju glave i vrata KB Sestara milosrdnica (Paškvalin i sur., 2005). U ovom poglavlju će se detaljnije istražiti kako umjetna pužnica funkcionira te koji su potencijalna ograničenja i koristi ovog uređaja.

### 3.1. Dijelovi umjetne pužnice

Umjetna pužnica (kohlearni implantat) jest uređaj koji se sastoji od vanjskog dijela (kojeg čine mikروفon, procesor govora i prijenosnik) i unutarnjeg dijela (kojeg sačinjavaju prijamnik-stimulator za generiranje električnih podražaja te elektrode) (Trotić i sur., 2012). Procesor sadržava mikروفon koji skuplja zvuk te ga konvertira u digitalni signal koji potom procesira te kodira u radiofrekvencijski signal. Taj signal šalje se dalje u antenu smještenu u ugrađenom dijelu. Vanjski dio uređaja, odnosno procesor sadržava i jedinice za memoriranje (mape koje sadržavaju specifične informacije). Ugrađeni dio sadržava prijamnik (sophisticirano računalo) povezan s magnetom te hermetički zatvoren stimulator; ovdje se kodirana zvučna informacija pretvara u električni podražaj koji se šalje elektrodama u pužnicu (Vlahović, 2014). Čitav spomenuti proces odvija se u nekoliko milisekunda što omogućava korisnicima slušanje u stvarnom vremenu. Sastavni dijelovi umjetne pužnice prikazani su na *Slici 2*.



Slika 2. Umjetna pužnica

(<https://www.nealgold.net/blog/7/29/2019/hearing-without-my-ears>, preveo i prilagodio autor)

### 3.2. Osnove funkcioniranja i princip rada umjetne pužnice

Važno je naglasiti kako su dijelovi umjetne pužnice, koji se ugrađuju, biokompatibilni; nalaze se u kućištu koje je keramičko ili izgrađeno od titanija (Wolfe, 2020). Elektrode, od iridija i platine, nalaze se unutar nosača elektroda. Vlahović u svome radu (2014) navodi kako postoje različiti nosači elektroda, a razlikuju se po broju elektroda (od 12 do 22), razmaku između elektroda, veličini, obliku, čvrstoći elektroda te njihovom položaju koji zauzimaju u pužnici nakon same ugradnje. Govoreći o elektrodama, Roemer i suradnici u svome radu (2016) tvrde kako se uspjeh kohlearne implantacije (o kojoj će više biti rečeno u daljnjim poglavljima) može dodatno poboljšati minimiziranjem implantacijske traume. Navode kako bi „idealna“ elektroda trebala smanjiti postimplantacijsku traumu te omogućiti podršku rezidualnim spiralnim ganglijima, odnosno skupini stanica (neurona), smještenih unutar pužnice, čija je glavna funkcija prijenos slušnih signala iz unutarnjeg uha u mozak. Kombinacija fleksibilne elektrode i stanica koje proizvode i oslobađaju zaštitne faktore mogla bi upravo predstavljati optimalno sredstvo za postizanje ovoga. Istraživanja o biohibridnim elektrodama predstavljaju početni korak prema regenerativnoj terapiji, stanične osnove, za slušne poremećaje (Roemer i sur., 2016).

Prethodno je spomenuto kako stimulator dekodira radiofrekvencijski signal u električne impulse koje potom šalje odgovarajućim elektrodama u pužnicu (Kirtane i sur., 2010). Suvremeniji uređaji također posjeduju petlju za povratnu spregu; ona omogućuje monitoriranje električne i neuralne aktivnosti te povratne informacije šalje vanjskoj jedinici. Nosač elektroda (koji je povezan s prijammikom) umeće se u pužnicu slijedeći njezinu zakrivljenost – to je važno zbog tonotopske organizacije pužnice. Wolfe (2020) tvrdi kako se informacije koje se trebaju prenijeti putem kohlearnog implantata mogu podijeliti na intenzitetske i frekvencijske komponente. Strategija kodiranja odnosi se na skup pravila, kojima se podaci o frekvenciji te vremenskim i intenzitetskim karakteristikama zvuka pretvaraju u električni signal. Prema Dowellu i suradnicima (2011), optimalna strategija procesiranja zvuka trebala bi korisnicima bilateralnih kohlearnih implanata osigurati usklađenu stimulaciju na oba uha kada je signal isti na svakom mikofonu, ali također i vjerno očuvati i interauralnu razliku u glasnoći te interauralnu vremensku razliku (odnosno razliku u glasnoći i vremenu dolaska zvuka između dva uha) kada se signali na oba uha razlikuju.

Prijenos intenzitetskih komponenti postiže se manipulacijom širine i visine električnog impulsa te manipulacijom broja podraženih živčanih završetaka. U svome radu Vlahović (2014)

je ukazala kako prijenos frekvencijskih komponenata ovisi o učestalosti (teorija vremena) i mjestu podraživanja u pužnici (teorija mjesta ili tonotopska teorija). Postoje tri različita načina programiranja, odnosno podraživanja; monopolarno, bipolarno te „common ground“ podraživanje, odnosno podraživanje elektroda zajedničkog polja. Prema Vlahović (2014), kod monopolarnog podraživanja električna energija prolazi između jedne aktivne intrakohlearne elektrode i vanjske uzemljene elektrode; to omogućava manju potrošnju energije iz procesora, a samim time i smanjuje potrebu za mijenjanjem baterija. Bipolarno podraživanje (BP) odnosi se na prolazak električne energije između dvije intrakohlearne elektrode koje mogu biti ili jedna pored druge ili međusobno razdvojene (BP +1, BP +2 i slično); ovakav način podraživanja omogućuje dobru prostornu specifičnost. Naposljetku, podraživanje elektroda zajedničkog polja odnosi se na to da je jedna elektroda označena kao aktivna, dok su preostale spojene zajedno (Vlahović, 2014). Konačno, može se zaključiti kako sustav kohlearnog implantata zaobilazi osjetne stanice, ali koristeći se tonotopskom organizacijom bazilarne membrane, podražuje živčana vlakna električnim impulsima, te na taj način omogućuje mozgu da interpretira frekvenciju određenog zvuka kao da stanice bazilarne membrane funkcioniraju uredno.

### 3.3. Digitalna obrada signala unutar umjetne pužnice

Slušna pomagala značajno su napredovala u razdoblju od 90-ih godina prošlog stoljeća pa do ranih 2000-ih. Iduće desetljeće sa sobom nosi još veći broj inovacija u tehnologiji slušnih pomagala. Bežična tehnologija te trendovi individualizacije i povezivosti, također su nešto što snažno utječe na razvoj nove tehnologije (Edwards, 2007). Digitalna obrada signala (DOS) ključni je proces u funkcioniranju suvremenih umjetnih pužnica. Ova tehnologija omogućuje pretvaranje zvučnih signala u digitalne oblike kojima se može manipulirati, odnosno prilagođavati ih u cilju poboljšanja učinka kohlearnih implanata. Digitalna obrada signala koristi niz matematičkih algoritama kako bi se poboljšala kvaliteta zvuka i omogućila razumijevanje govora u različitim akustičnim okruženjima (Clark, 2003). Uvođenje digitalne obrade signala u slušna pomagala 1996. godine omogućilo je implementaciju naprednih algoritama te već 2005. godine 93 % posto prodanih slušnih pomagala u Americi posjeduje spomenutu digitalnu tehnologiju (Edwards, 2007). Digitalna obrada signala revolucionirala je slušnu industriju te rezultirala novinama koje su i danas od velikog značaja osobama sa slušnim oštećenjima. Wilson i Dorman u svome radu (2008) navode kako su dobiti spomenute

tehnologije danas prilično jasne, a sve počiva na sposobnosti ugrađivanja naprednih algoritama poput: redukcije buke, pojačanja govora, kontrole šumova, filtriranja zvuka te klasifikacije (zvučne) okoline u kojoj se korisnik nalazi. Sve navedeno jednostavno nije bilo moguće za analognu tehnologiju puno slabije snage. Međutim, valja istaknuti i izvjesna ograničenja koja digitalna obrada signala posjeduje. Jedno od tih ograničenja jest ovisnost o kvaliteti ulaznog signala; ukoliko je ulazni signal izrazito loše kvalitete, utoliko postoji mogućnost da digitalna obrada signala može dodatno pogoršati kvalitetu zvuka umjesto da ju poboljša. Iduće ograničenje koje se može istaknuti jest problem u razlikovanju različitih zvukova zbog kojeg dolazi do poteškoća u razumijevanju govora u bučnoj okolini; dolazi do problema s *cocktail party effect*-om koji se odnosi na sposobnost mozga da selektivno obradi zvukove koji dolaze iz jednog izvora, dok istovremeno ignorira zvukove iz drugih izvora (Darwin, 2008). Konačno, digitalna obrada signala ima svoja ograničenja, ali i višestruke koristi, koje s vremenom i napretkom tehnologije mogu samo rasti.

## 4. BILATERALNA IMPLANTACIJA UMJETNE PUŽNICE

Prethodno su predstavljena slušna oštećenja koja upućuju na bilateralnu kohlearnu implantaciju, osnove funkcioniranja same umjetne pužnice te prednosti i ograničenja koje digitalna obrada signala pruža. Dakle, do bilateralne kohlearne implantacije dolazi kada je slušno oštećenje obostrano te je najčešće riječ o zamjedbenoj gluhoći s pragom čujnosti iznad 90 dB (ASHA, 2015). Trotić i suradnici u svome radu (2021) navode kako se optimalni rezultati postižu bilateralnom ugradnjom umjetnih pužnica u dobi između 12 i 24 mjeseca starosti djeteta. Implantacija umjetne pužnice kompleksan je postupak koji obuhvaća: period koji prethodi implantaciji, postupak kirurške ugradnje umjetne pužnice te postimplantacijski period i obradu. Kako bi se postigao optimalan rezultat, potrebno je ispuniti niz kriterija i provesti niz dijagnostičkih postupaka koji će se prikazati u ovom poglavlju. Međutim, postoje razlike u procjeni kandidata za unilateralnu i bilateralnu kohlearnu implantaciju. Uz to, bilateralna kohlearna implantacija može biti simultana i sekvencijalna. Kako bi se dao odgovor na pitanje koje se odnosi na izbor jednog od ovih dvaju pristupa, ujedno će se prikazati prednosti i ograničenja simultane i sekvencijalne implantacije uz usporedbu njihovih rezultata. Naposljetku, Trotić i suradnici u svome radu (2021) tvrde kako bilateralna kohlearna implantacija nosi i određene nedostatke poput: produljenog vremena operativnog zahvata, dvostrukog rizika oštećenja osjetljivih struktura uha te ograničenih financijskih sredstava

namijenjenih nabavi umjetnih pužnica. Međutim, kao odgovor na pitanje zašto se pribjegava bilateralnoj kohlearnoj implantaciji mogu se istaknuti neke od mnogobrojnih prednosti poput: bolje lokalizacije izvora i smjera zvuka, bolje razumljivosti u tišini i buci te brže napredovanje u procesu rehabilitacije sluha (Trotić i sur., 2021).

#### 4.1. Uvod u bilateralnu kohlearnu implantaciju

Kako je već prethodno spomenuto, potreba za kohlearnom implantacijom obično nastupa onda kada tradicionalna slušna pomagala, koja poboljšavaju preostalu slušnu funkciju uha, podbace (Coez i sur., 2008). Kandidati za ugradnju umjetne pužnice odabiru se nakon kompleksnog i temeljitog postupka evaluacije vrste i stupnja slušnog oštećenja, manjka koristi pri korištenju ostalih slušnih pomagala, radiološke determinacije anatomske podloge za samu ugradnju te adekvatne roditeljske motivacije za predoperativnu i postoperativnu habilitaciju, odnosno terapiju (Kirtane i sur., 2010). Drugim riječima, kandidati za umjetnu pužnicu moraju zadovoljiti različite kriterije: audiološke, općemedicinske, psihološke, radiološke, kognitivne i ostale (Paškvalin i sur., 2005). Baljkas (2018) navodi kako su konkretni kriteriji za ugradnju kohlearnog implantata sljedeći:

- *audiološki kriteriji, a oni se odnose na obostranu zamjedbenu gluhoću (prag čujnosti iznad 90 dB) i beskorisnost klasičnih slušnih pomagala,*
- *dob koja mora najmanje iznositi 1 godinu ili više, pri čemu je optimalno razdoblje za ugradnju ako je osoba mlađa od pet godina,*
- *osoba ne smije imati određenih nedostataka kao na primjer oštećenje slušnog živca, oštećenje nekog mjesta izvan unutarnjeg uha, loša pneumatizacija mastoida, općenito loše stanje osobe itd.,*
- *motivacija i očekivanja o korisnosti umjetne pužnice,*
- *osoba bi trebala imati neporemećene odnose u krugu obitelji,*
- *osoba mora biti iz monolingvalne i čujuće obitelji,*
- *osoba mora biti uključena u edukacijski i rehabilitacijski program koji će unaprijediti njezine slušne sposobnosti i usmenu komunikaciju,*
- *valjani psihološki nalaz osobe (razina inteligencije, ponašanje) (Baljkas, 2018 prema Grubišić, 2003).*

Baljkas (2018) nadalje tvrdi kako postoje i kriteriji koji ovdje prethodno nisu navedeni, a jednako su važni:

1. *uredan nalaz za opću anesteziju,*



2. *prohodnost pužnice dokazana radiološkim pretragama,*
3. *pozitivno mišljenje logopeda o poslijeoperacijskoj rehabilitaciji,*
4. *potpuna nerazabirljivost govora,*
5. *teška naglušost (Baljkas 2018, prema Novaković 2012)*

Naveden je dakle detaljan i širok pregled različitih kriterija koje kandidati za ugradnju umjetne pužnice trebaju ispuniti, no valja istaknuti kako je potrebno dodatno razmatranje nekih od spomenutih kriterija kako bi se uistinu utvrdio njihov značaj i težina u procesu donošenja odluke o kohlearnoj implantaciji. Jedan od kriterija koje iznosi Baljkas (2018) odnosi se na *općenito loše stanje osobe*, ali nije navedeno što se pod time konkretno podrazumijeva. Također, moguće je istaknuti kriterij koji tvrdi *osoba bi trebala imati neporemećene odnose u krugu obitelji*, a koji vjerojatno upućuje na obiteljsku motivaciju i potporu u samome rehabilitacijskom procesu, međutim jednako kao i prethodni kriterij nije dovoljno razjašnjen. Dodatno, Baljkas (2018) navodi kako dob kandidata za ugradnju mora iznositi najmanje godinu dana, međutim postoje mnoga istraživanja koja sve više govore u prilog rane intervencije, odnosno kohlearne implantacije u dojenčadi mlađe od 12 mjeseci u slučaju da je identificirano teško slušno oštećenje. Jedno od suvremenijih istraživanja, koje su proveli Sanfins i suradnici (2020), navodi kako se kao kriteriji za ugradnju ističu: procjena funkcionalnosti slušnog živca prije ugradnje kohlearnog implantata, procjena funkcionalnosti sluha i komunikacije pojedinca (uključuje individualizirani pristup), procjena kognitivnih sposobnosti u djece te procjena socijalnih faktora (uključuje obiteljski angažman te motivaciju za uključivanje u rehabilitacijski program).

Naposljetku, većina spomenutih kriterija vrijedi i u slučaju unilateralne i bilateralne kohlearne implantacije. Međutim, kako je prethodno spomenuto u uvodu poglavlja, ipak postoje određene razlike u procjeni kandidata između unilateralne i bilateralne kohlearne implantacije. Prilikom procjene kandidata za unilateralnu kohlearnu implantaciju ključni su faktori: stupanj gubitka sluha, razumijevanje govora, govorno-jezični razvoj, slušna funkcionalnost neimplantiranog uha te medicinska razmatranja (Gifford i Dorman, 2019). Stupanj gubitka sluha odnosi se na tešku naglušost ili gluhoću u jednom uhu, uz nikakvu korist od klasičnih slušnih pomagala. Procjena razumijevanja govora pomaže ustanoviti hoće li kandidat imati koristi od umjetne pužnice, a testovi se mogu provesti u bučnim okruženjima. Vrednovanje govorno-jezičnog razvoja u djece ključno je za procjenu potencijalnih koristi umjetne pužnice. Ispitivanje slušne funkcije neimplantiranog uha važno je kako bi se ispitalo

je li sluh drugog uha dovoljan za ostvarivanje kvalitetne svakodnevne komunikacije te naposljetku medicinska se razmatranja odnose na ispitivanje cjelokupnog zdravlja kandidata, anatomiju uha te potencijalne kontraindikacije (Gifford i Dorman, 2019). Iako procjena kandidata za bilateralnu kohlearnu implantaciju uključuje gotovo sve navedene kriterije, ključnim faktorima koji se uzimaju u obzir pri procjeni smatraju se: obostrani gubitak sluha, binauralne prednosti slušanja, slušna deprivacija, komunikacijske potrebe te analiza troška i koristi (Dowell i Briggs, 2016). Procjena potencijalnih prednosti binauralnog slušanja uključuje lokalizaciju zvuka, prepoznavanje i razumijevanje govora u glasnim slušnim okruženjima te poboljšanje u kvaliteti zvuka. Procjena slušne deprivacije, odnosi se na razmatranje obostranog izostanka sluha i dužine njezina trajanja; dugotrajan obostrani izostanak sluha može utjecati na slušni razvoj i sposobnost kandidatovih mogućnosti integracije zvuka. U obzir se također uzimaju i procjenjuju komunikacijske potrebe kandidata, te kvaliteta života koju osiguravaju bilateralni kohlearni implantati u odnosu na potencijalne rizike te cijenu samog operativnog postupka (Dowell i Briggs, 2016).

Konačno, jasno je kako se svaki slučaj treba razmotriti individualno, a odluka o ugradnji umjetne pužnice ovisi o mnogim čimbenicima koji jednako uključuju vrstu slušnog oštećenja te zdravstveno stanje djeteta. Procjena kandidata za umjetnu pužnicu okuplja i različite stručnjake, odnosno interdisciplinarni tim stručnjaka kojeg čine: audiolog, kirurg za umjetnu pužnicu, radiolog, a u slučaju djece i pedijatar, logoped te pedijatrijski anesteziolog (Wolfe, 2020). Najbolji rezultati vidljivi su u djece koja su operirana u vrlo ranoj dobi te u odraslih osoba kod kojih je došlo do gubitka sluha nakon razvoja govora (postlingualno) (<http://www.suvag.hr/tko-su-kandidati-za-ugradnju-umjetne-puznice/>).

#### 4.1.1. Predimplantacijski period i postupak ugradnje umjetne pužnice

Postupku ugradnje kohlearnog implantata prethodi razdoblje koje se naziva predimplantacijskim periodom, u kojem se provodi i prijeoperacijska dijagnostika. Predoperativna obrada podrazumijeva (<http://www.suvag.hr/prijeoperacijska-obrada/>):

- *točno utvrditi jačinu gubitka sluha, pa time i indikaciju za operaciju,*
- *utvrditi postojanje povoljnih, ali i nepovoljnih činitelja za operaciju kako bi im se prilagodili kirurški i rehabilitacijski postupci, te dobile što potpunije informacije o predvidljivom uspjehu nakon ugradnje umjetne pužnice.*

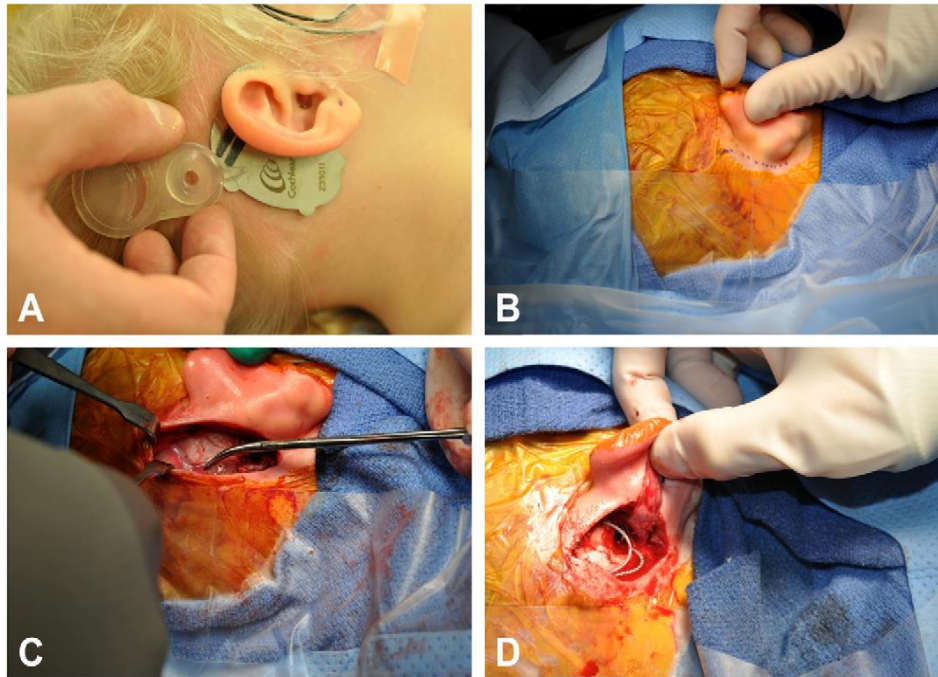
Prijeoperacijska dijagnostika odnosi se na niz pretraga koje se provode u svrhu prikupljanja svih potrebnih podataka koji prethode implantaciji, a sastoji se od:

- *audiološke dijagnostike: tonska audiometrija (TA), Verbotonalna audiometrija (VTA), govorne audiometrije (GA), audiometrija moždanog debla (BERA), otoakustička emisija (EOAE), elektroaudiometrija (EAM), funkcionalne pretrage slušanja (optimalno slušno polje OSP),*
- *vestibularne dijagnostike: elektronistagmografija (ENG), stabilometrijska platforma,*
- *temeljito psihološkog ispitivanja,*
- *neurološkog pregleda.*

Ciljevi prijeoperacijske dijagnostike jesu: utvrđivanje indikacije za operaciju (točna jačina perifernog slušnog oštećenja) odnosno isključivanje kontraindikacija za operaciju, procjena povoljnih te nepovoljnih uvjeta za samu operaciju i rehabilitaciju te procjena predvidivog ishoda koja bi osigurala realna očekivanja kandidata, odnosno roditelja (Dobrić, 2019). Nakon dijagnostike slijedi uključivanje osoba u edukacijsko-rehabilitacijski proces koji se odvija individualno ili u grupnom radu.

Postupak, odnosno zahvat ugradnje umjetne pužnice odvija se pod općom anestezijom i traje 3 do 4 sata (Baljkas, 2018). Prema Vlahović, kod ugradnje kohlearnog implantata važan je čimbenik dubina insercije nosača elektroda; u radu navodi kako iz anatomskih razloga nosač ne doseže sam vrh pužnice, već mu se približava ovisno o tipu – doseže najdublje do frekvencijskog područja od 400 do 100 Hz (Vlahović, 2014). Važno je napomenuti kako dublja insercija nužno ne predstavlja i bolju čujnost.

Ris u svome radu (2020) tvrdi kako se osoba otpušta 7 dana nakon kirurškog zahvata iz bolnice, a šavovi se vade nakon sljedećih tjedan dana. Rana u potpunosti zacjeljuje nakon 3 do 5 tjedana. Postupak kirurške ugradnje umjetne pužnice prikazan je u nekoliko koraka na *Slici 3*.



Slika 3. *Postupak kirurške ugradnje umjetne pužnice* – (A) planiran položaj prijemnika-stimulatora, (B) dizajniran je mali postaurikularni rez, (C) podizanje i mjerenje subperiostalnog džepa, (D) kohlearni implantat je postavljen na mjesto.

(Cohen, M. S., Ha, A. Y., Kitsko, D. J., & Chi, D. H. (2014)., 1545–1547., prilagodio autor)

#### 4.1.2. Postimplantacijski period i čimbenici uspjeha

Vlahović u svome radu (2014) tvrdi kako je prilagodba umjetne pužnice postupak koji se temelji na slušnoj percepciji koju izaziva električni podražaj. Baljkas (2018) objašnjava da se tri do šest tjedana nakon operacije uključuje se uređaj i započinje razdoblje prilagodbe (Baljkas, 2018 prema Sladić, 2009). Najvažniji korak prije same aktivacije uređaja jest razgovor audiologa s korisnikom i/ili njegovom obitelji o realnim očekivanjima. Audiolog je dužan skrenuti pažnju korisnika na mogućnosti: da prepoznavanje govora bude limitirano, da govor i zvukovi mogu zvučati „čudno“, odnosno umjetno i robotski te da kvaliteta zvuka (neposredno nakon operacije) može biti slaba (Wolfe, 2020). U konačnici, odrasle se osobe relativno brzo naviknu, a nakon početnog perioda pokazuju se mnogi benefiti kohlearnog implantata. Kod djece najbitnija je uloga koju imaju roditelji ili skrbnici. Djeca u početku imaju raznovrsne reakcije na aktivaciju uređaja; pokazuju sreću, strah, anksioznost, indiferentnost, ljutnju i slično

(Wolfe, 2020). Preporuka za djecu su redoviti odlasci audiologu prvih pet godina nakon aktivacije umjetne pužnice.

Nadalje, za svakog pojedinog korisnika kohlearnog implantata izrađuje se program, odnosno mapa. Audiolog kreira strategiju kodiranja signala za implantirano uho, a postoji i mogućnost isprobavanja više strategija, od kojih su najpoznatije: SAS (*Simultaneous Analog Stimulation*), CIS (*Continuous Interleaved Sampling*), MPS (*Multiple Pulsatile Sample*), HiResolution Sound Processing, *n – of – m* strategije, FSP (*Fine Structure Processing*) (Wolfe, 2020). U poslijeoperacijskom razdoblju, za vrijeme kojeg dolazi do navikavanja na nove podražaje, mapa se dodatno podešava. Budući da mala djeca ne mogu aktivno sudjelovati u procesu prilagodbe i u izradi mape, koriste se objektivna mjerenja; primjer toga jest neuralna povratna telemetrija (NRT – *Neural Response Telemetry*). Riječ je o elektrofiziološkoj metodi pomoću koje se mjeri ukupni akcijski potencijal slušnog živca (ECAP – *Electrically Evoked Compound Action Potential*) kod osoba s kohlearnim implantom (Wolfe, 2020).

Ugradnja umjetne pužnice predstavlja jedini postupak koji u gluhe djece omogućuje uredan razvoj slušne kore i k tome odgovarajući razvoj slušanja i govora, ali hoće li do toga doći nakon operacije ovisi o brojnim čimbenicima (Dobrić, 2019). Neki od najbitnijih čimbenika koji utječu na rezultate korištenja kohlearnog implantata su:

- *dob nastanka oštećenja sluha,*
- *jačina slušnog oštećenja,*
- *trajanje slušnog oštećenja,*
- *dob kod operacije,*
- *prijeoperacijsko korištenje slušnih pomagala,*
- *prije i poslijeoperacijska rehabilitacija.*

Uz ove čimbenike koji su izdvojeni mogu se još navesti: funkcionalna očuvanost stanica spiralnog ganglija, položaj nosača elektroda te broj aktivnih elektroda, strategija podraživanja, prilagodba procesora, kognitivne sposobnosti, psihosocijalna okolina, dostupnost primjerene rehabilitacije i drugi (Dobrić, 2019). Može se zaključiti kako kohlearni implantat, vrlo brzo po prilagodbi procesora, omogućuje čujnost, no razvoj slušanja i govora ovisi o rehabilitaciji (koja ovisno o dobi i razvoju slušanja i govora može biti individualna ili grupna).

## 4.2. Simultana i sekvencijalna kohlearna implantacija

Bilateralna kohlearna implantacija počela se provoditi još u 80-im godinama prošlog stoljeća, nakon što su korisnici s jednostranom umjetnom pužnicom uočili probleme u razumijevanju govora te poteškoćama u samom slušanju, prilikom boravka u bučnim akustičkim okruženjima. Stoga je bilateralna kohlearna implantacija razvijena kako bi se poboljšala sposobnost slušanja u kompleksnijim slušnim okruženjima poput: grupnih rasprava, bučnih restorana ili u situacijama u kojima se drugi govornik nalazi izvan vidokruga osobe sa slušnim oštećenjem (Easwar i sur., 2013). U današnje vrijeme bilateralna kohlearna implantacija postala je standardnom praksom za osobe s teškim bilateralnim senzorneuralnim slušnim oštećenjima. Bilateralna ugradnja umjetne pužnice može se odvijati tijekom jednog operativnog procesa (simultano) ili u dvije zasebne operacije (sekvencijalno) (Wolfe, 2020). Dob osobe predstavlja također iznimno važan faktor prilikom odluke između simultane ili sekvencijalne implantacije, navodi Wolfe (2020). Prema Van Deun i suradnicima (2009) rana intervencija, odnosno implantacija igra ključnu ulogu u cjelokupnom procesu rehabilitacije i prilagodbe na kohlearne implantate. Jasno je, također, koliko bilateralna kohlearna implantacija ima prednosti nad unilateralnom kada se u pitanju teška obostrana slušna oštećenja; bilateralna implantacija utilizira oba uha i na taj način u korisnika maksimizira sposobnost slušanja i razumijevanja govora (Basura i sur., 2009). Kada se govori o razlikama, prednostima i ograničenjima koje imaju simultana i sekvencijalna bilateralna kohlearna implantacija, teza je kako će se simultanoj kohearnoj implantaciji ipak neposredno dati prednost.

Nema razlike u postotku komplikacija tijekom simultane i sekvencijalne operacije, ali valja istaknuti kako jedan postupak davanja anestezije smanjuje vjerojatnost za pojavu bilo kakvih komplikacija (koje se najčešće pojavljuju na početku davanja ili na samome kraju djelovanja anestezije), tvrde Santa Maria i Oghalai (2014) u svome istraživanju. Može se dakle zaključiti kako se neizravno već u ovome istraživanju prednost daje simultanoj implantaciji budući da ona podrazumijeva jednokratno davanje anestezije.

Nadalje, istraživanje koje provode Gordon i suradnici (2006) govori o učincima sekvencijalne, odnosno simultane kohlearne implantacije na razvoj komunikacije u djece s bilateralnim slušnim oštećenjima. Istraživanje je uključivalo 30 djece koja su sekvencijalno implantirana te 32 djece koja su simultano implantirana. Istraživanje je pratilo razvoj komunikacije djece tijekom razdoblja od 3 godine. Međutim, rezultati ovoga istraživanja nisu utvrdili značajne razlike u razvoju komunikacije spomenutih dviju skupina djece (Gordon i sur.,

2006). Poput ovoga, sljedeća studija imala je za svoj cilj predstaviti usporedbu ishoda simultane i sekvencijalne bilateralne kohlearne implantacije u djece s dubokim senzorneuralnim gubitkom sluha. Roland i suradnici u svojem su istraživanju (2009) uključili 54 djece koja su prošla bilateranu kohlearnu implantaciju, od kojih je podjednak broj djece simultano implantirano (27) te sekvencijalno implantirano (27). Pratila se percepcija govora te razvoj jezika djece tijekom razdoblja od 3 godine. Poput prethodne, ni ova studija nije uspjela utvrditi konkretne razlike u percepciji govora niti u razvoju jeziku dviju skupina (Roland i sur., 2009).

Oba navedena istraživanja navode na zaključak kako još uvijek ne postoji konsenzus o tome koji postupak je optimalan te koji će zasigurno osigurati i garantirati najpoželjnije rezultate i ishode. Ono što se također može zaključiti jest da postoji razlika između percepcije govora simultano implantiranih korisnika od onih sekvencijalno implantiranih, ponajviše kada postoji veliki vremenski odmak od jedne do druge operacije (Wolfe, 2020). Upravo o spomenutoj prilagodbi na bilateralne kohlearne implantate govori i istraživanje Karyn Louise Galvin i Kathryn Clare Hughes iz 2012. godine. Cilj njihova rada jest jasno klasificirati teškoće u prilagodbi ili manjak spomenutih u mladim korisnika umjetnih pužnica (Galvin i Hughes, 2012). U ovome istraživanju u klinici u Melbourneu sudjelovalo je 46 simultano ili sekvencijalno implantirane djece, kronološke dobi od 3,5 ili manje godina. Njihova studija je pokazala kako postoji značajna veza između vremenskih intervala u kojem se korisnici aktivno (i učestalo) koriste implantima te uspješne prilagodbe. Galvin i Hughes (2012) navode kako je 95 % simultano implantirane djece te 70 % sekvencijalno implantirane djece ostvarilo cjelodnevnu upotrebu kohlearnih implanata unutar 2 mjeseca te su se skoro svi nastavili aktivno koristiti njima narednih 12 mjeseci. Drugim riječima, i ova studija neposredno ukazuje na ponešto veći postotak uspješnosti prilagodbe u djece koja su ipak simultano implantirana. Naveden je još jedan bitan faktor vezan uz bilateralnu kohlearnu implantaciju; bilateralna se implantacija u što mlađoj dobi te kraći period između prve i druge implantacije (ako je riječ o sekvencijalnoj implantaciji) mogu povezati s većim pozitivnim ishodima u budućnosti (Galvin i Hughes, 2012). Razlog zašto prednost na ovaj način neposredno daju simultanoj implantaciji biva u tome što simultano implantirano dijete poznaje samo i isključivo zvuk koji pružaju oba implanata. Usporedno s tim, dijete koje je sekvencijalno implantirano najčešće ima već početno iskustvo s različitom percepcijom zvuka i kada se radi usporedba s drugim ugrađenim kohlearnim implantatom – ono može postati negativno (Galvin i Hughes, 2012).

Uzevši u obzir odabrana istraživanja i njihove rezultate može se zaključiti kako je početno postavljena teza opravdana u pogledima: jednokratnog primanja anestezije prilikom

operacijskog postupka te same prilagodbe na bilateralne kohlearne implantate. Dotaknuvši se ishoda bilateralne kohlearne implantacije (kojima će više pažnje biti pridodano u sljedećim poglavljima), nije moguće dati konkretan odgovor na pitanje koji je od ovih dvaju pristupa bolji. Odgovor na pitanje je li životno i dugoročno „isplativija“ simultana ili sekvencijalna ugradnja ostaje većinom otvoren; on ovisi o mnogobrojnim faktorima i individualnim potrebama djeteta, iako se neposredna prednost ipak predaje simultanoj ugradnji.

## **5. REHABILITACIJA SLUŠANJA I GOVORA IMPLANTIRANIH OSOBA**

Cilj rehabilitacije i habilitacije jest da se kroz rad s osobama koje koriste kohlearne implantate izvuče maksimum koji im ovaj uređaj može pružiti (Clark, 2003). Clark u knjizi *Cochlear Implants – Fundamentals and Applications* objašnjava razliku između pojmova habilitacije i rehabilitacije. Habilitacija jest termin koji se odnosi na razvoj novih komunikacijskih vještina (po prvi put) u djece koja su rođena gluha ili su ostala gluha prije potpunog razvoja jezika (prelingvalno gluha djeca). Za razliku od habilitacije, rehabilitacija predstavlja učenje ponovnog korištenja istih neuronskih mreža te komunikacijskih vještina u osoba koje su ostale gluhe ili teško slušno oštećene nakon razvoja govora (postlingvalno), tvrdi Clark (2003). Proces prilagodbe na ugrađeni kohlearni implantat ne staje nakon aktivacije uređaja. Rehabilitacija je prijeko potrebna implantiranim osobama kako bi se, uz pomoć stručnjaka, radilo na maksimalnoj usmjerenosti na slušanje i komunikacijskim sposobnostima, odnosno potrebno je dati priliku slušnom sustavu da se razvija, koristeći sve slušne informacije koje kohlearni implantat omogućuje. Uspješnost rehabilitacije implantiranih osoba ovisi mnogobrojnim čimbenicima, od kojih su neki već i ranije spomenuti; dob pri ugradnji te kontinuirano korištenje kohlearnog implantata (neredovitost u korištenju uzrokuje određene promjene u produkciji i percepciji govora). Određen postotak uspješnosti rehabilitacije ovisi i o kognitivnim predispozicijama implantirane djece; pažnja, percepcija te kapacitet i funkcija radne memorije samo su neki od njih (Dulčić i sur., 2012). Naposljetku, konačan uspjeh rehabilitacije kod implantirane djece ovisi i o okolini u kojoj dijete živi te angažiranosti, motivaciji i podršci roditelja i/ili skrbnika u cjelokupnom procesu prije i poslije ugradnje umjetne pužnice. U vremenu u kojem živimo susrećemo se s mnogim životnim izazovima koji ne zaobilaze ni pristupe govorno-slušnoj rehabilitaciji. Pandemija koronavirusa izazvala je velike promjene radnih procedura u bolnicama, općim praksama i rehabilitacijskim centrima.



Ova situacija pokazala se posebno zahtjevnom u rehabilitaciji korisnika kohlearnih implanata, navode u svome istraživanju Aschendorff i suradnici (2020). Novoimplementirane higijenske mjere, uvedene zbog SARS-CoV-2 pandemije, utjecale su na medicinsku pomoć nakon operacije te rehabilitacijske postupke. Stoga je cilj njihova istraživanja bio da se ocijeni kvaliteta rehabilitacije u pandemijskim uvjetima. Rezultati su pokazali kako su odrasli korisnici kohlearnih implanata ipak ocijenili kvalitetu rehabilitacije i individualne terapije kao sličnom, a u nekim slučajevima i poboljšanom u odnosu na rehabilitaciju u „normalnim“ uvjetima (Aschendorff i sur., 2020). Ovo istraživanje govori u prilog tome koliko poštivanje higijenskih mjera, sposobnost prilagodbe i kreativnost rehabilitatora mogu pomoći u rehabilitaciji kohlearno implantiranih osoba. U nastavku rada prikazat će se Verbotonalna metoda te će se dodatno pojasniti na čemu se ona temelji te koju važnost i zašto ova metoda nosi u slušno-govornoj rehabilitaciji.

### 5.1. Verbotonalna metoda u slušno-govornoj rehabilitaciji

Autorom naziva Verbotonalne metode, a također i cijelog Verbotonalnog sistema (koji je konstruiran 1954. godine) smatra se akademik Petar Guberina (Guberina, 2010). Verbotonalna metoda jest učinkovita za uspostavljanje dobre vještine govora i slušanja, te naglašava važnost razvijanja dobrog ritma, intonacije i kvalitete glasa u slušno oštećene djece (Asp, 1985). Osobitost ove metode jest u tome da se značaj pridodaje cijelome tijelu (koje se ponaša kao primatelj i prijenosnik u slobodnom polju) te korištenju vibratora i slušalica, koji se postavljaju na različite dijelove tijela (Guberina, 2010). Guberina (2010) tvrdi kako se primjena Verbotonalne metode u rehabilitaciji temelji koliko na općim svojstvima osobe (poput mozga, ljudskog tijela te univerzalnim optimalama), toliko i na individualnom pristupu u rehabilitaciji osobe oštećena govora i sluha. Prema Guberini u rehabilitacijskom postupku se provode sljedeći postupci:

1. *Individualna rehabilitacija slušanja i/ili govora,*
2. *Grupni rehabilitacijski postupci,*
3. *Fonetska ritmika:*
  - a) *glazbene stimulacije*
  - b) *stimulacije pokretom,*
4. *Strukturalnoglobalni audiovizualni postupci,*
5. *Dramatizacija,*
6. *Piktografska ritmika,*

7. *Vestibularne vježbe (Guberina, 2010).*

Spomenuti postupci se tijekom rehabilitacijskog procesa međusobno prepliću, a također se određeni naglašavaju, odnosno izostavljaju prema potrebama rehabilitirane osobe. Cilj primjene Verbotonalne metode jest da se djeca oštećena sluha uspješno integriraju kako u edukacijsku okolinu tako i u svakodnevne socijalne situacije, prikladne dobi i stupnju djetetova razvoja (Asp, 1985). Više od pedeset godina u Hrvatskoj se primjenjuje Verbotonalna metoda u rehabilitaciji slušnooštećenih osoba (Dulčić i sur., 2012). U zagrebačkoj poliklinici SUVAG rehabilitacija se odvija u prostoru Centra za umjetnu pužnicu te u Predškolskom odjelu Poliklinike (<https://www.suvag.hr/rehabilitacija-i-poslijeoperacijsko-pracenje/>). Značaj Verbotonalne metode u slušno-govornoj rehabilitaciji djece s kohlearnim implantatima prikazan je i kroz tri različita istraživanja. Prvo istraživanje Mildner i suradnika (2003) pokazuje kako Verbotonalna metoda u slušno-govornoj rehabilitaciji ima pozitivan utjecaj na razumljivost te kvalitetu glasa djece s kohlearnim implantatima; osobito na razini bogatije govorne produkcije u usporedbi s korisnicima klasničnih slušnih pomagala. Drugo istraživanje Likera i suradnika (2007) ističe kako trajanje afrikata (konsonanata složenih od dvaju glasova) te prostor samoglasnika predstavljaju izazov za djecu s kohlearnim implantatima, međutim studija bilježi postupno poboljšanje uz primjerenu rehabilitaciju. Rezultati ovoga istraživanja ukazuju kako se primjenom Verbotonalne metode u govorno-slušnoj rehabilitaciji djece s kohlearnim implantatima može smanjiti trajanje afrikata te prilagoditi prostor samoglasnika prema vrijednostima slušne kontrole. Treće i posljednje odabrano istraživanje Mildner i Likera (2008) ukazalo je na značajan napredak u govornoj produkciji djece s kohlearnim implantatima nakon dugotrajnog postoperativnog razdoblja uz redovitu terapiju. To sugerira korisnost Verbotonalne metode, korištene u slušno-govornoj rehabilitaciji, u poboljšanju govorne produkcije i artikulacije. Sva tri spomenuta istraživanja upućuju na zaključak da Verbotonalna rehabilitacija igra značajnu ulogu u poticanju govorno-jezičnog razvoja kod djece s kohlearnim implantatima. Ona može pomoći u poboljšanju artikulacije, smanjenju trajanja određenih glasova, prilagodbi prostora samoglasnika te postizanju veće razumljivosti i kvalitete glasa. Dakle, može se zaključiti kako su za postizanje maksimalne koristi od kohlearnih implanata, vrlo važne slušno-govorna rehabilitacija (pri čemu se istaknula Verbotonalna metoda) te okolina koja će poticati razvoj slušanja (kroz različite slušne vježbe) (Gama i Lehman, 2015). Sve to vodi ka zajedničkom cilju; poboljšanju komunikacijske sposobnosti i kvalitete života djece s kohlearnim implantatima.

## 6. ISHODI BILATERALNE KOHLEARNE IMPLANTACIJE TE SLUŠNO-GOVORNE REHABILITACIJE

Posljednjih godina dolazi do rasta u broju istraživanja koja govore o efektima koje bilateralna kohlearna implantacija ima na pedijatrijske slučajeve. To je rezultiralo vidnim rastom uvjerenja kako je korist od ugradnje drugog kohlearnog implantata, za korisnike s teškom senzorneuralnom nagluhošću – neosporna, tvrde u svome radu Lammers i suradnici (2014). Konačno, postavlja se pitanje: koja su to konkretna poboljšanja u kvaliteti života nakon bilateralne kohlearne implantacije i slušno-govorne rehabilitacije koja slijedi? Kako bi se odgovor na ovo pitanje što u transparentnije predstavio, u nastavku ovoga rada prikazat će se odabrana istraživanja koja su proučavala ta poboljšanja uz usporedbu s unilateralnom kohlearnom implantacijom i/ili klasičnim slušnim pomagalicama.

Jedno od takvih istraživanja proveli su Bradford G. Bichey i Richard T. Miyamoto (2008), čiji je cilj bio dati odgovor na pitanje jesu li poboljšanja u kvaliteti života korisnika nakon bilateralne kohlearne implantacije „isplativa“ u odnosu na cjenovnu vrijednost iste. Rezultati njihova istraživanja pokazali su, kako je u korisnika sa teškom nagluhošću, nakon bilateralne kohlearne implantacije, prisutno poboljšanje kvalitete života koje uvelike odgovara cijeni spomenutog operativnog zahvata. Mnogi korisnici ukazali su na to kako im se, nakon ugradnje drugog kohlearnog implantata, popravilo slušanje u buci, govorna produkcija; iskazivanje emocija, boli i slično. Bilateralna kohlearna implantacija također se pokazala cjenovno isplativijom u odnosu na unilateralnu implantaciju, pogotovo u slučajevima kada su u pitanju teška slušna oštećenja (Bichey i Miyamoto, 2008).

Još jedna od mnogih prednosti ugradnje drugog kohlearnog implantata odnosi se na pozitivan utjecaj u cjelokupnom razvoju sluha i slušanja (Boons i sur., 2012) što se primjećuje već u preverbalnoj komunikaciji gdje bilateralno implantirana djeca imaju superiornije performanse u reagiranju na zvukove u nedostatku vizualnog pojačanja negoli ona unilateralno implantirana (Lammers i sur., 2014).

Jedno od suvremenijih istraživanja iz 2021. godine uzima u fokus jednu od varijabli; odnosi se na usporedbu utjecaja elektroda na ishode rehabilitacije. Riječ je o istraživanju čiji je cilj bio utvrditi dugoročno očuvanje sluha u korisnika kohlearnih implanata, ograničeno na one vrste uređaja koji se proizvode u Australiji i Austriji (Dimak, 2021). Ovo istraživanje ukazalo je na to kako je primjenom meke kirurške tehnike (*soft surgery technique*) i atraumatske

elektrode pri implantaciji moguće dugoročno zadržati preostali sluha (Dimak, 2021). Pozitivno iskustvo stečeno primjenom novo vrste Nucleus CI532 Slim Modiolar elektrode predviđa mogućnost očuvanja strukturalnog i funkcionalnog integriteta svih kohlearnih regija. Ono također nagoviješta kako bi se uskoro moglo pronaći konačno rješenje za progresivni gubitak sluh, gdje bi postalo dovoljno tek reprogramiranje implanata (Dimak, 2021).

U konačnici, postoje i istraživanja koja su u svome fokusu imala upravo akademski uspjeh djece koja su korisnici bilateralnih kohlearnih implanata te su ista pokazala značajna poboljšanja u jezičnom razvoju i čitanju. Primjer jednog ovakvog istraživanja jest studija koju su proveli Marschark i suradnici (2007), čiji su rezultati pokazali kako su djeca s bilateralnim kohlearnim implantatima imala bolja postignuća u kategoriji čitanja u odnosu na djecu koja su koristila slušne aparate. Pokazalo se kako su i njihovi rezultati u čitanju na jednakoj razini djece uredna slušna razvoja, te su također njihova akademska postignuća u pisanju i matematici bila izvrsna (Marschark i suradnici, 2007).

Iduće longitudinalno istraživanje Geersa i suradnika (2008) pratilo je skupinu djece s kohlearnim implantatima kroz njihovu osnovnu školu i srednju školu; studija je pokazala kako je akademski uspjeh ove skupine u većini školskih predmeta bio ili na jednakoj razini djece urednog sluha ili čak iznad nje. Također, studija je ukazala na značajnu poveznicu između implantacije u ranoj kronološkoj dobi djeteta i boljeg akademskog uspjeha u djece koja su korisnici kohlearnih implanata (Geers i sur., 2008). Naposljetku, rezultati ovih istraživanja ukazali su na to kako djeca s bilateralnim kohlearnim implantatima mogu ostvariti jednako dobar akademski uspjeh, s pravovremenom intervencijom i prikladnom podrškom, poput njihovih vršnjaka urednog sluha. Međutim, ona se jednako tako mogu susresti s različitim izazovima, odnosno teškoćama poput onih na razinama pozornosti te radne memorije, ističu Cupples i suradnici (2017).

Najveći doprinos bilateralne kohlearne implantacije i pripadajuće rehabilitacije u djece vidi se, kako je već spomenuto, u cjelokupno poboljšanoj kvaliteti života koja također uključuje socijalnu i emotivnu komponentu. U studiji koju su proveli Archbold i suradnici (2008) pokazalo se kako su djeca s kohlearnim implantatima navela kako osjećaju veću razinu samopouzdanja te kako imaju intenzivniji osjećaj društvene pripadnosti u odnosu na djecu koja se koriste slušnim drugim pomagalicama. Također, spomenuto istraživanje je pokazalo kako su djeca s kohlearnim implantatima navela i manji osjećaj socijalnih ograničenja te veće razine

socijalne neovisnosti (Archbold i sur., 2008). Rezultati studije Tobey-a i suradnika (2013) navode kako su djeca s bilateralnim kohlearnim implantatima zadovoljnija svojim komunikacijskim vještinama u odnosu na djecu s unilateralnim implantatom i/ili slušnim pomagalicama, te se lakše i brže upuštaju u različite socijalne aktivnosti i stvaraju pozitivne odnose sa svojim vršnjacima (Tobey i sur., 2013). Rezultati ovoga istraživanja upućuju na prednosti bilateralnog slušanja (koje označava simultanu obostranu upotrebu umjetne pužnice) u odnosu na bimodalno slušanje (koje označava simultanu upotrebu slušnog aparata na jednom uhu te umjetne pužnice na drugom uhu). Obje vrste pripadaju kategoriji binauralnog slušanja, čije prednosti poput poboljšane detekcije i lokalizacije zvuka, nadilaze monauralno slušanje (Wolfe, 2020), kako je prethodno već navedeno u poglavlju o sluhu i slušanju.

Ovakva poboljšanja na emocionalnim te socijalnim razinama života imaju značajan utjecaj na sveobuhvatnu kvalitetu života djece s bilateralnim kohlearnim implantatima. Geers i suradnici (2017) također navode kako su poboljšanja vidljiva upravo u načinu funkcioniranja u društvu te u širem smislu vode emocionalnom blagostanju.

Posljednje odabrano istraživanje, koje je rezultiralo bogatstvom podataka o ishodima govorno-slušne rehabilitacije djece s bilateralnim kohlearnim implantatima, povezano s jezičnim razvojem, percepcijom govora te akademskim postignućima i kvaliteti života, jest - LOCHI istraživanje (Longitudinal Outcomes of Children with Hearing Impairment), provedeno u Australiji (Leigh i sur., 2016). U istraživanju se pratila povećana skupina djece sa slušnim oštećenjima, koja su imala ili bilateralne kohlearne implantate ili jedan kohlearni implantat i slušni aparat, u periodu od njihova rana djetinjstva do adolescencije. Studija provedena na temelju tih podataka pokazala je kako su djeca s bilateralnim kohlearnim implantatima s vremenom doživjela značajna i velika postignuća u kategorijama jezičnog razvoja te percepcije govora, posebice u slučajevima rane intervencije te konzistentnog pristupa slušnoj stimulaciji (Leigh i sur., 2019).

Sve odabrana istraživanja pokazala su značajne prednosti koje bilateralna kohlearna implantacija te prikladna govorno-slušna rehabilitacija nose:

- *Cjenovna isplativost bilateralne pred unilateralnom kohlearnom implantacijom (u teških slušnih oštećenja)*
- *Pozitivan utjecaj na razvoj sluha i slušanja (posebice u preverbalnoj komunikaciji)*
- *Prikladna kirurška tehnika i vrsta elektroda – put ka sretnijem životu i boljoj sutrašnjici za sve implantirane korisnike*
- *Poboljšan akademski uspjeh*

- *Poboljšanje na emocionalnoj i socijalnoj razini*
- *Poboljšanje u jezičnom razvoju i percepciji govora*

Uz sve prednosti i pozitivne učinke bilateralne kohlearne implantacije te govorno-slušne rehabilitacije treba uzeti u obzir da svaka osoba ima jedinstvene potrebe i susreće se s različitim izazovima, kako u samoj prilagodbi na kohlearne implantate, tako i tokom rehabilitacijskog procesa. Također, sukladno tome valja navesti kako postoje varijacije u individualnim ishodima korisnika koje je još uvijek jako teško predvidjeti. Potreba za daljnjim istraživanjima u ovome polju te razvojem tehnologije za poboljšanje sluha i slušanja u osoba s teškim slušnim oštećenjima – ostaje prisutna. Međutim, iz svih navedenih pozitivnih ishoda jasno je kako se kvaliteta života korisnika bilateralnih kohlearnih implanata mijenja na bolje i koliko oni pomažu očuvanju socijalne vitalnosti, dok uspješnost pripadajuće rehabilitacije podjednako ovisi i o motivaciji pojedinca te kvaliteti same rehabilitacije (Ferguson i Henshaw, 2015).

## **7. PRIJEDLOG VJEŽBI ZA SLUŠNO-GOVORNU REHABILITACIJU**

Tokom ovoga rada prikazano je koji su to kriteriji za ugradnju umjetne pužnice te je dakle jasno da je riječ o kirurškoj intervenciji prikladnoj za one kandidate koji nemaju nikakve koristi od klasičnih slušnih pomagala. Rehabilitacijski proces za djecu koja su korisnici obostranih umjetnih pužnica razlikuje se u nekoliko ključnih aspekata od onog za djecu koja su korisnici jedne umjetne pužnice i/ili klasičnih slušnih pomagala. Zašto je to tako, koje su konkretne razlike i koje se vježbe koriste za bilateralno implantiranu djecu, pitanja su na koja će se nastojati dati odgovor u ovome poglavlju. Prvo što se treba uzeti u obzir jest da je cilj rehabilitacije u djece s bilateralnim kohlearnim implantatima uspostavljanje slušne percepcije na oba uha, što samo po sebi može biti izazovniji i složeniji proces u odnosu na djecu s jednostranom umjetnom pužnicom. Stoga ovakav tip vježbi nerijetko uključuje slušanje u bučnim okolinama ili razlikovanje (diskriminaciju) zvukova s dvije različite strane (Nittrouer, 2016). Drugo, vježbe namijenjene djeci s bilateralnim kohlearnim implantatima mogu se ciljano usmjeriti na razvoj sposobnosti percepcije glasa, odnosno govora s obzirom da djeca s ovakvim vidom oštećenja često znaju imati poteškoća u prepoznavanju i razlikovanju govora posebice u glasnim okruženjima (Nittrouer, 2016). Treće, određene vježbe mogu se usmjeriti i na razvoj komunikacijskih vještina; omogućuju im uspješnu integraciju u društvo i uspostavu kvalitetnih

međuljudskih odnosa (Walker, 2004). Konačno, pristup slušno-govornoj rehabilitaciji može se razlikovati ovisno i o samoj dobi djeteta; ukoliko je riječ o djetetu koje je bilateralno implantirano u mlađoj dobi, utoliko se vježbe mogu usmjeriti na razvoj osnovnih slušno-govornih sposobnosti, dok se kod starije djece vježbe usmjeravaju ka poboljšanju kvalitete govorne produkcije i/ili usvajanju kompleksnijih zadataka.

Odgovarajuća slušno-govorna rehabilitacija započela bi dakle razvijanjem slušne pažnje, odnosno sposobnosti slušanja. Navedene vježbe bile bi popraćene pokretima tijela kako bi djeca osvijestila osjećaj koji prati izgovor različitih glasova. Prvi niz vježbi, koji će se u vidu ovih činjenica iznijeti, odnosio bi se na detekciju, lokalizaciju te diskriminaciju različitih zvukova. Plan rehabilitacije i neke od vježbi, navedene u nastavku rada, oslanjaju se na Projektni zadatak, napisan u sklopu kolegija Metodika individualnog pristupa rehabilitacije slušanja i govora u akademskoj godini 2019./2020.

## 7.1. Vježbe za razvijanje auditivne percepcije

### *Detekcija zvuka*

Ovaj tip vježbi pretpostavlja početnu fazu u rehabilitacijskom procesu, a započinje nakon aktivacije samih kohlearnih implantata. Sposobnost djeteta da prepozna prisutnost zvuka te da ga razlikuje od tišine početni je korak za razumijevanje zvukova, što u konačnici vodi urednom razvoju govora i jezika.

Primjer 1.

Oblik rada: individualni rad

Potrebni materijali: slušalice za izolaciju vanjske buke, glazbene igračke

U ovoj vježbi radilo bi se na osvještavanju razlike između dva elementa; sama zvuka i tišine. Primjerice, rehabilitator zove dijete njegovim imenom pa napravi stanku. Vježba se može izvoditi i kroz igre s različitim glazbenim igračkama. U idealnim okolnostima rehabilitator npr. može odvesti dijete na „Pozdrav Suncu“ da sluša zvuk morskih orgulja i ponese slušalice koje imaju opciju izoliranja vanjske buke. Radi se dakle na distinkciji između različitih zvukova i tišine.

### *Lokalizacija zvuka (određivanje izvora zvuka)*

Prethodno su istaknute razlike između vježbi namijenjenih za djecu s jednim kohlearnim implantatom te onih koje su namijenjene bilateralno implantiranoj djeci. Jedna od razlika odnosi na tzv. bilateralnu prednost djece koja koriste bilateralne kohlearne implantate; njihovo razumijevanje govora u bučnim okruženjima te lokalizacija zvuka bolji su u odnosu na monoimplantiranu djecu, navode Litovsky i Johnstone u svome istraživanju (2017). Niz vježbi koji se koristi za bilateralno implantiranu djecu, u ovom bi se slučaju fokusirao upravo na poboljšanje slušanja u glasnim okruženjima, odnosno dodatan razvoj vještine lokaliziranja izvora zvuka (Litovsky i Goupell, 2019). U nastavku će se prikazati dvije varijante vježbi za lokalizaciju zvuka.

#### Primjer 1.

Oblik rada: individualni rad

Potrebni materijali: instrumenti

U ovoj vježbi bitan je rad na djetetovoj percepciji izvora zvuka. Primjerice dijete sjedi na stolici u sredini prostorije okrenuto leđima rehabilitatoru. Rehabilitator se udalji i kucka prstima po prozoru koji se nalazi na jednom kraju prostorije, potom ode i pljesne rukama ispod stola koji se nalazi bliže djetetu, zatim svira neki instrument u samome dnu prostorije. Poanta je da dijete svlada sposobnost slijeđenja izvora zvuka te da je u mogućnosti pokazati otkuda zvuk dolazi. Ovoj vježbi se postepeno može povećati kompleksnost na način da se uvedu zvukovi različitih frekvencija ili čak i zvukovi s pozadinskom bukom. Kako dijete bude ovladavalo ovom vještinom, zvukovi se mogu i reproducirati s različitih lokacija, odnosno s različite udaljenosti od djeteta. Ova vježba pomogla bi djetetu s dvama kohlearnim implantatima da integrira ulazne informacije te da razvije poboljšanu percepciju govora i lokalizaciju zvuka.

#### Primjer 2.

Oblik rada: individualni rad

Potrebni materijali: dvije igračke, pregrada

Za ovu vježbu potrebne su nam dvije plișane igračke i pregrada, koja se primjerice može napraviti od kartonske kutije. Pregrada se postavlja između plișanih igračkaka te se upućuje



dijete da identificira koja igračka je proizvela zvuk te s koje se strane pregrade nalazi. Ova vježba može se ponavljati u različitim zvučnim okruženjima odnosno na različitim lokacijama te s različitim zvukovima. Na ovaj način postiže se poboljšana identifikacija i lokalizacija zvuka u bučnim okruženjima, odnosno ona doprinosi razvoju binauralnih vještina slušanja te boljem raspoznavanju govora u svakodnevnim životnim situacijama.

### *Diskriminacija zvukova (raspoznavanje različitih zvukova)*

Primjer 1.

Oblik rada: individualni rad

Potrebni materijali: (udarački) instrumenti

Dijete se već prethodno upoznalo sa različitim vrstama zvukova (instrumenti, glas rehabilitatora, pljeskanje i slično). U ovoj vježbi radi se na raspoznavanju različitih zvukova, primjerice: dijete se uči distinkciji između muškog i ženskog glasa. Nakon što dijete nauči diskriminirati ove glasove, u istu vježbu se mogu uvesti različite vrste instrumenata. Naglasak se može staviti na pojedinu grupu instrumenata, primjerice na udaračke instrumente; udaraljke, bubnjevi i slično. Dijete tada uči kako različitim instrumentima pridružiti specifičan zvuk, odnosno raspoznati kakav zvuk stvara svaki pojedini instrument.

### *Uočavanje razlike u intenzitetu zvukova*

Primjer 1.

Oblik rada: individualni rad

Potrebni materijali: udaraljke, lončić, drvene kockice, plastična kutija

Cilj ove vježbe je da dijete jasno može razlikovati tiše zvukove od onih glasnijih. Pri ovoj vježbi mogu se koristiti i određeni predmeti kako bi dijete jasno povezalo koji predmeti proizvode glasne, odnosno tihe zvukove. Primjerice djetetu se da udaraljka i lončić, drvene kockice, plastična kutija i slično. Njegov zadatak je da koristeći udaraljke „proizvede zvuk“ na svakom od predmeta. Kako vježba odmiče broj predmeta se povećava, a dijete ima zadatak poredati predmete što proizvode glasne zvukove na jednu stranu stola, a one koji proizvode tiše

zvukove na drugu stranu stola. Važno je naglasiti da se i prilikom ove vježbe započinje sa uočavanjem razlike između dva elementa, a tek po njihovu ovladavanju se uvode novi.

### *Razlika između dugih i kratkih glasova*

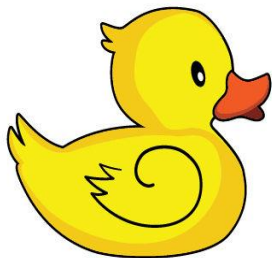
Primjer 1.

Oblik rada: individualni rad

Potrebni materijali: vizualni materijali (sličice/kartice)

U ovoj vježbi radi se na osvještavanju duljine različitih glasova. Rehabilitator djetetu priča priču koja predstavlja stvaralačko-komunikacijski čin. Uživljavanjem u uloge, dijete sudjeluje aktivno te usvaja govorno-jezične strukture. U priči glavni likovi mogu biti prijevozna sredstva i/ili životinje, primjerice: avion koji proizvodi dugi glas /a/, intonacija je pjevna, dok su ruke širom otvorene. Može se uvesti i vlak kojem će se pridružiti kratki glas /u/ pri čemu će se tijelo i ruke skupiti. Dakle, razlike između dugog i otvorenog glasa /a/ te kratkog i zatvorenog /u/ popraćene su i pokretima ruku i tijela. S druge strane, glavni akteri priče mogu biti i različite životinje: patkica (karakteriziraju ju kratki i napeti /papapa/), medo (dugi i opušteni /baaa/) te maca (dugo i opušteno /maaa/).

### **Vizualni materijali za korištenje ove vježbe:**



Slika 4. Patka, zvuk /papapa/

(<https://www.creativefabrica.com/wp-content/uploads/2019/03/Baby-Duck-Cartoon-2.jpg>, prilagodio autor)



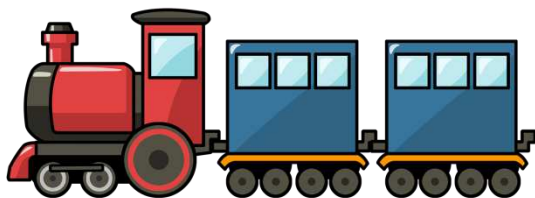
Slika 5. *Medo*, zvuk /baaa/

([https://img.freepik.com/premium-vector/bear-cartoon\\_119631-97.jpg?w=2000](https://img.freepik.com/premium-vector/bear-cartoon_119631-97.jpg?w=2000), prilagodio autor)



Slika 6. *Avion*, zvuk /aaa/

(<https://thumbs.dreamstime.com/b/air-plane-cartoon-illustration-isolated-white-48631712.jpg>, prilagodio autor)



Slika 7. *Vlak*, zvuk /u-u-u/

(<https://i.pinimg.com/originals/1e/62/2d/1e622df4013d149b3369dc4d74238c8f.png>, prilagodio autor)

### 7.1.1. Vrednovanje napretka te implementacija novih aktivnosti u cilju postizanja napretka

Vrednovanje napretka djeteta u govorno-slušnoj rehabilitaciji igra izrazito bitnu ulogu u praćenju razvoja jezičnih te slušnih sposobnosti, te također pružanju pravovremene podrške djetetu. Kroz uvođenje novih aktivnosti i strategija, nastoje se unaprijediti sposobnosti djeteta u komunikaciji, poboljšati razumijevanje govora te potaknuti postizanje individualnih ciljeva i napretka. U slučaju da dijete ne napreduje očekivanim tempom potrebno je redizajnirati početni plan rehabilitacije te ga prilagoditi djetetovim individualnim mogućnostima kako bi se postigao optimalan napredak. Poželjno je osvrnuti se na aktivnosti koje djetetu najbolje odgovaraju, identificirati ih i uključiti u novi plan rehabilitacije. Dijete se najsigurnije osjeća dok izvodi aktivnosti kojima je potpuno ovladalo. Ovo ne samo da jača njegovo samopouzdanje te osjećaj sigurnosti, već također smanjuje fokus na eventualne poteškoće u drugim vrstama aktivnosti.

Nadalje, razvijanje slušne pažnje i rad na poboljšanju slušanja su temelji kojima bi dijete trebalo ovladati kako bi rehabilitacija mogla napredovati očekivanim tempom. Važno je fokusirati se na rad na detekciji, lokalizaciji i diskriminaciji različitih zvučnih podražaja, uz podrazumijevanje korištenja vibrotaktilne daske kao pomagala pri vježbama. Kada se utvrdi da dijete s lakoćom i ugodom savladava ovaj tip vježbi, mogu se uvesti nove i izazovnije aktivnosti s različitim elementima i širenjem u prostor.

Suprasegmentalna razina obuhvaća upoznavanje djeteta sa intenzitetom glasova, trajanjem, te ritmom i intonacijom. Važno je napomenuti kako se pri ovim vježbama može raditi i na razvoju vizualno-perceptivnih vještina povezivanjem slika s određenim glasovima. Uzmimo za primjer različite sličice kojima dijete mora pridružiti određene glasove, bilo da su u pitanju životinje, prijevozna sredstva ili drugi predmeti. Ova kombinacija vizualnog i slušnog aspekta pomaže djetetu u percipiranju različitih glasova te stvaranju veze između glasa i sadržaja na slici. Uvesti se mogu i različite figurice, a samim time se glasovima koji su karakteristični za određene figurice pridružuju pokreti tijela. Dijete se upoznaje s vokalima, logatomima, a zatim i slogovima. Pod uvjetom da dijete sa sigurnošću napreduje, segmentalna razina bazirala bi se na ovladavanju i čitavim kraćim riječima koje bi u sebi sadržavale različite kombinacije vokala i logatoma (u kombinaciji s vokalom). U procesu ovladavanja ovom razinom djetetov vokabular se obogaćuje i proširuje. Potrebno je napomenuti kako se svaka „nova razina“ ne ovladava zbog CV (*konsonant-vokal*) sloga per se, već je bitno da se tim slogovima i/ili logatomima pridruži neko značenje – trebali bi se djetetu ponuditi pojmovi iz

bliže okoline kako bi se olakšala daljnja komunikacija. Na primjer, jednostavna rečenica poput *Mama amo* može biti korisna u tom procesu.

## 7.2. Vježbe za razvijanje govora i jezika

Rehabilitacijske vježbe govora i slušanja za djecu s bilateralnim kohlearnim implantatima trebale bi se također usredotočiti na razvoj govora i jezika. Skupina vježbi za razvoj govora i jezika obuhvatila bi upravo artikulacijske vježbe te vježbe za razvoj vokabulara i gramatike. Artikulacijske vježbe usmjerile bi se na razvoj jasnog izgovora glasova te na razumijevanje govora, dok bi vježbe za razvoj vokabulara i gramatike imale u cilju poticati jezične vještine, odnosno sposobnosti djeteta. Usporedi li se jezični razvoj bilateralno implantirane djece s monoimplantiranom djecom, Litovsky i Johnstone (2017) tvrde kako je očekivano da je jezični razvoj djece s dvama kohlearnim implantatima bolji u usporedbi s jezičnim razvojem monoimplantirane djece; korištenjem dvaju implanata djeca dobivaju veću slušnu stimulaciju što je ključno za razvoj fonološke svijesti i razumijevanje jezika, odnosno krajnji rezultat je veća izgovorna preciznost te širi vokabular. Stoga bi se vježbe za bilateralno implantiranu djecu trebale više fokusirati upravo na jezični razvoj u vidu izgradnje bogatijeg vokabulara te poboljšanja gramatike i sintakse (Litovsky i Johnstone, 2017). U nastavku rada se donosi nekoliko primjera takvih vježbi.

Primjer 1.

Oblik rada: individualni rad

Potrebni materijali: različite igračke/figurice

Za ovu vježbu potrebno je pripremit nekoliko odabranih igračaka čiji naziv započinje s ciljanim glasom koje dijete prilikom ove vježbe treba savladati. Uzevši za primjer glas /k/, odabrane igračke ili figurice mogu biti: kamion, krava, konj i slično. Djetetu je za početak potrebno objasniti što svaka od odabranih igračaka predstavlja. Riječ se ponavlja nekoliko puta u cilju naglašavanja pravilnog izgovora glasa /k/. Djetetova pažnja se pritom usmjerava na pokrete usana i jezika tijekom izgovora. Potom ga se potiče da i samo ponovi riječ te izgovori glas /k/. Uvođenjem novih igračaka povezanih s ciljanim glasom ili poticanjem djeteta da pronađe druge riječi u svakodnevnim situacijama koje počinju s ciljanim glasom, vježba postaje

kompleksnija. Važno je istaknuti kako se djetetov napredak i uspješnost uvijek treba pohvaliti i ohrabriti ti ga u svladavanju novih izazova.

Primjer 2.

Oblik rada: individualni rad

Potrebni materijali: kartice s različitim vizualnim prikazima

Dijete aktivno sudjeluje u vježbi gdje mu se pokazuju kartice s različitim slikovnim prikazima poput: zoološkog vrta, plaže ili primjerice parka. Dijete se potiče da opiše što primjećuje na karticama (što je moguće detaljnije) te da pažnju obrati i na prikaz različitih aktivnosti, oblika, veličina, boja i slično. Uporabom kartica sa složenijim vizualnim sadržajima vježba postaje kompleksnija, a za opisivanje je potreban bogatiji vokabular. Za daljnji rad na jezičnom razvoju djeteta, s vremenom mu se može postaviti i pitanje da putem jedne riječi ili kraće rečenice objasni zašto je neki detalj važan na toj slikovnom prikazu. Na ovaj način dijete uči ovladati novim riječima te od njih konstruira kratke rečenice i poboljšava svoje govorno izražavanje. Uz to, dijete se potiče na kreativno razmišljanje i upotrebu mašte za opis slikovnih prikaza, odnosno dolazi do razvoja vizualno-perceptivnih vještina i sposobnosti. Naposljetku, ova bi vježba doprinijela produblivanju vokabulara djeteta te mu omogućila da poboljša govorne vještine poput artikulacije i gramatike te aktivnog slušanja i razumijevanja govora.

### 7.3. Vježbe za razvijanje komunikacijskih vještina

Sve prethodno spomenute vježbe vode ka istom cilju koji u konačnici predstavlja uspješno ostvarivanje komunikacije i socijalne interakcije. Vježbe za razvoj verbalne i neverbalne komunikacije zapravo bi naglasak stavile upravo na sve ključne faktore poput: poboljšanja govornih i jezičnih sposobnosti, razvoja slušanja te slušnih sposobnosti, promicanje važnosti socijalne povezanosti, izgradnju samopouzdanja. Uz prethodno navedene vježbe koje se odnose na razvoj jezika i govora, u vježbe za razvoj verbalne komunikacije može se svrstati i pjevanje. Vježbe pjevanja ili čak i recitiranja stihova, djetetu uz poboljšanje artikulacije mogu pomoći u poboljšanju ritma i intonacije. Neverbalna komunikacija može podrazumijevati vježbe koje uključuju mimiku lica, pokrete i geste, ukazuju na „govor tijela“ (*body language*)

te igre uloga. Konačno poželjno bi bilo uključiti dijete u vježbe koje podrazumijevaju i jedan i drugi segment.

Primjer 1.

Oblik rada: individualni rad

Potrebni materijali: kartice s vizualnim prikazima, slušalice, mikrofon, aparat Verbotonalnog sistema, vibrator

Vježba se sastoji od nekoliko elemenata. Uključuje ponavljanje i rad na jezičnom i govornom razvoju te razvoju komunikacije. Započinje recitacijom stihova iz pjesme „Blistaj blistaj zvijezdo mala“ kojoj se sadržajno pridružuju kartice s vizualnim prikazima. Kada dijete ovlada i upozna se s tematikom i izrazima koje ju prate, rehabilitator započinje pjevati pjesmicu te potiče dijete da to učini zajedno s njim. Korištenjem mikrofona i slušalica djetetu se pomaže da čuje vlastiti glas i osvijesti govor, radeći uz to na pravilnoj artikulaciji, dok putem vibratora na ručnom zglobu osvještava osjećaj za ritam i intonaciju.



Slika 8. Verbotonalna rehabilitacija djeteta

(Asp, C. W., Koike, K. J., & Kline, M. W. (2012), 28-30., prilagodilo autor)

## Primjer 2.

Oblik rada: grupni rad

Ova vježba oslanjala bi se na klasičnu igru „Gluhi telefon“, ali bi za razliku od tipičnog šaputanja neke rečenice ili fraze uključivala pokrete. U svrhu provođenja ove vježbe optimalno bi bilo da se izvodi u grupnoj rehabilitaciji djece. Rehabilitator gradi model po kojem će djeca kasnije izvoditi ovu vježbu; djeca staju u red jedna ispred drugoga dok je zadnje dijete u redu okrenuto licem prema rehabilitatoru. On započinje vježbu izvodeći određen pokret koji može uključivati i različite izraze lica, primjerice: mahanje uz osmijeh, pljeskanje i dodirivanje koljena ili neki plesni pokret. Dijete ima za zadatak upamtiti pokrete i „prenijeti“ ih istim redoslijedom kolegi koji se nalazi ispred njega. Vježba se nastavlja do zadnjeg djeteta u redu koje onda pokazuje kakav pokret je do njega „stigao“. Putem ove vježbe radi se izravno na neverbalnoj komunikaciji putem koje djeca mogu izraziti i svoju kreativnost, misli i osjećaje te osvijestiti kako i tijelo i izrazi lica prenose poruke.

Konačno, prilikom određivanja prikladnih programa vježbi za rehabilitaciju djece koja imaju bilateralne kohlearne implantate, kako je i prethodno navedeno - dob djeteta predstavlja jedan od najbitnijih faktora koji se trebaju uzeti u obzir. Odabrane vježbe mogu izravno utjecati na djetetov razvoj, fizičke mogućnosti te komunikacijske sposobnosti (Bamiou i sur., 2001). Vježbe prikladne djeci mlađeg uzrasta mogu se fokusirati na razvoj njihovih slušnih i govornih sposobnosti, te također na njihovu sposobnost lokaliziranja zvuka i razlikovanja govora u bučnim okruženjima (Geers i sur., 2008). Kako je i navedeno u nekim od prethodnih primjera, vježbe se usredotočuju na slušanje različitih zvukova i njihovoj identifikaciji, vježbanju govorne produkcije te naposljetku igranju igara koje primarno podrazumijevanju slušanje. Za stariju djecu s bilateralnim kohlearnim implantatima vježbe se mogu fokusirati na složenije zadatke vezane uz slušanje i govor; poput razumijevanja i praćenja kompleksnijih uputa, uključivanja u razgovor te sudjelovanja u grupnim aktivnostima (Peterson, 2010). One također mogu uključivati različite fizičke aktivnosti koje pomažu koordinaciji i motoričkim sposobnostima djeteta, poput sporta, plesa ili joge (Limb i Rubinstein, 2012). Specifično određene vježbe i aktivnosti za rehabilitaciju djece s bilateralnim kohlearnim implantatima naposljetku ovise upravo o njihovim individualnim potrebama, interesima te sposobnostima, kako i o njihovom uzrastu i razvojnom stadiju. Individualizacija govorno-slušne rehabilitacije jest ključna kako bi se osiguralo adekvatno adresiranje potreba svakog pojedinog djeteta.



## 8. ZAKLJUČAK

Zaključno, počevši od slušnih oštećenja koja predstavljaju podlogu za obostranu ugradnju umjetne pužnice, preko prednosti i ograničenja uređaja, do objašnjenja samog kirurškog postupka te razdoblja koje slijedi nakon (te podrazumijeva govorno-slušnu rehabilitaciju), cilj ovoga rada bio je istaknuti kakvi su to očekivani ishodi ugradnje i rehabilitacije i koji to faktori igraju ključnu ulogu za postizanje najoptimalnijih rezultata. Kao jedan od takvih faktora, prikazala se važnost koju nosi pravovremena reakcija i intervencija u slučaju teških slušnih oštećenja. Istaknuli su se brojni argumenti (na financijskoj, društvenoj i emocionalnoj te razvojnoj i kognitivnoj osnovi), prisutni u različitim studijama, koji govore u prilog obostranoj ugradnji umjetnih pužnica. Potvrdila se i postavljena teza kako simultana kohlearna implantacija u konačnici ipak nosi više prednosti u odnosu na onu sekvencijalnu, iako uvijek treba imati na umu kako ne postoji jedan ispravan izbor za sve kandidate, odnosno korisnike. Izazovi slušno-govorne rehabilitacije leže upravo u prethodno spomenutom aspektu; prilagođavanju odgovarajuće rehabilitacijske strategije upravo individualnim potrebama bilateralno implantirane djece. Prednosti Verbotonalne metode u rehabilitaciji bilateralno implantirane djece očituju se upravo u prenošenju poruke jezičnim te nejezičnim putem; pokretima, kombinacijom audiovizualnih podražaja te kombiniranjem individualne i grupne rehabilitacije. U tom kontekstu, kroz prijedlog rehabilitacijskih vježbi, zasnovanih na Verbotonalnim načelima, nastojale su se pružiti smjernice koje bi pomogle i osigurale optimalne rezultate u njihovoj rehabilitaciji. Konačno, optimalni ishodi ne ovise samo uspješnoj operaciji niti o angažmanu rehabilitatora; dijete koje će imati pristup motivaciji te bezuvjetnoj podršci i razumijevanju svoje obitelji i bližnjih, zasigurno će pokazati napredak u slušanju te govorno-jezičnom razvoju. Roditelji i/ili skrbnici koji prate plan rehabilitacije te ga šire kroz različite aktivnosti i igračke koje imaju doma osiguravaju djetetu okruženje u kojem će uspješno savladavati izazove koji ga čekaju dalje kako u rehabilitaciji, tako i u životu. Može se zaključiti kako rani pristup kohlearnom implantatu, odgovarajuća rehabilitacijska strategija slušnoj stimulaciji te obiteljska podrška predstavljaju tri temeljna stupa koji djeci s bilateralnim kohlearnim omogućiti ne samo povezanost sa svijetom zvuka, već i razvoj govorno-jezičnih vještina i optimalne ishode na životnom planu.

## SAŽETAK

Tema diplomskog rada je bilateralna kohlearna implantacija, njezini preduvjeti te ishodi slušno-govorne rehabilitacije. Cilj ovoga preglednog rada jest opisati bilateralnu implantaciju iz različitih perspektiva te predstaviti važnost i doprinos bilateralne implantacije poput prirodnijeg zvuka i bolje razumljivosti. Fokus rada je usmjeren na bilateralnu implantaciju o čemu gotovo pa da uopće ne postoje objavljeni radovi u Hrvatskoj. Navesti će se statistički podaci o učestalosti ugradnje iz relevantnih izvora, kriteriji bilateralne ugradnje kohlearnog implantata te njezin utjecaj na govorno-jezični razvoj djece, uključujući različite dijelove postoperativnog procesa. Rad će uključiti i strukturiran skup vježbi razvijen za bilateralno implantirane pacijente, koji počiva na Verbotonalnim načelima.

**Ključne riječi:** kohlearni implantat, umjetna pužnica, bilateralna kohlearna implantacija, ishodi bilateralne kohlearne implantacije, slušno-govorna rehabilitacija, Verbotonalna metoda

## SUMMARY

The subject of this thesis is bilateral cochlear implantation, its prerequisites, and outcomes in hearing and speech rehabilitation. The aim of this review is to describe bilateral implantation from different perspectives and to present the importance and contribution of bilateral implantation, such as more natural sound and better intelligibility. The focal point of the thesis has been put on bilateral implantation, about which there are almost no published works in Croatia. The statistical data on the frequency of implantation from relevant sources, criteria for bilateral cochlear implantation, and its impact on the speech and language development of children, including different parts of the postoperative process, will be listed. The thesis will also include a structured set of exercises developed for bilateral implanted patients, based on Verbotonal principles.

**Keywords:** cochlear implant, artificial cochlea, bilateral cochlear implantation, outcomes of bilateral cochlear implantation, hearing and speech rehabilitation, Verbotonal method

## LITERATURA

1. American Speech-Language-Hearing Association. (2015). Type, degree, and configuration of hearing loss. *Audiology Information Series, 10802(2)*.
2. Archbold, S. M., Sach, T. H., O'Neill, C., Lutman, M. E., & Gregory, S. (2008). Outcomes from cochlear implantation for child and family: parental perspectives. *Deafness & Education International, 10(3)*, 120-142.
3. Aschendorff, A., Arndt, S., Kröger, S., Wesarg, T., Ketterer, M. C., Kirchem, P., ... & Beck, R. (2020). Quality of cochlear implant rehabilitation under COVID-19 conditions. German version. *HNO, 68*, 847-853.
4. Asp, C. W. (1985). The verbotonal method for management of young, hearing-impaired children. *Ear and hearing, 6(1)*, 39-42.
5. Baljkas, J. (2018). *Kirurška ugradnja umjetne pužnice i metodika rehabilitacije djece s ugrađenom umjetnom pužnicom*, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet.
6. Bamiau, D. E., Savy, L., O'Mahoney, C., Phelps, P., Sirimanna, T., & Luxon, L. M. (2001). Cochlear implants in children: the relationship between age at implantation and performance. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 61(2)*, 119-130.
7. Basura, G. J., Eapen, R., & Buchman, C. A. (2009). Bilateral cochlear implantation: current concepts, indications, and results. *The Laryngoscope, 119(12)*, 2395-2401.
8. Bichey, B. G., & Miyamoto, R. T. (2008). *Outcomes in bilateral cochlear implantation. Otolaryngology—Head and Neck Surgery, 138(5)*, 655-661.
9. Boons, T., Brokx, J. P., Frijns, J. H., Peeraer, L., Philips, B., Vermeulen, A., ... & Van Wieringen, A. (2012). Effect of pediatric bilateral cochlear implantation on language development. *Archives of pediatrics & adolescent medicine, 166(1)*, 28-34.
10. Clark, G. (Ed.). (2003). *Cochlear implants: fundamentals and applications*. New York, NY: Springer New York.
11. Clark, G. M. (2003). The multi-channel cochlear implant: multi-disciplinary development of electrical stimulation of the cochlea and the resulting clinical benefit. *The Laryngoscope, 113(11)*, 1906-1919.
12. Coez, A., Zilbovicius, M., Ferrary, E., Bouccara, D., Mosnier, I., Ambert-Dahan, E., ... & Sterkers, O. (2008). Cochlear implant benefits in deafness rehabilitation: PET study of temporal voice activations. *Journal of nuclear medicine, 49(1)*, 60-67.

13. Cupples, L., Ching, T. Y., Button, L., Seeto, M., Zhang, V., Whitfield, J., & Leigh, G. (2017). Language and academic abilities in children with cochlear implants: A systematic review. *Ear and hearing, 38*(2), 239-256.
14. Darwin, C. J. (2008). Listening to speech in the presence of other sounds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363*(1493), 1011-1021.
15. Dimák, B. (2021). *Long-term hearing preservation in cochlear implant patients* (Doctoral dissertation, szte).
16. Dobrić, A., Neobjavljena predavanja i vježbe u sklopu fakultetskog kolegija Slušni poremećaji i metodika rehabilitacije slušanja u akademskoj godini 2019./2020.
17. Dowell, R. C., & Briggs, R. J. (2016). Cochlear implants: Selection criteria and bilateral versus unilateral implants. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery, 24*(5), 358-365.
18. Dowell, R. C., Galvin, K. L., Dettman, S. J., Leigh, J. R., Hughes, K. C., & van Hoesel, R. (2011, February). Bilateral cochlear implants in children. In *Seminars in Hearing* (Vol. 32, No. 01, pp. 053-072). © Thieme Medical Publishers.
19. Dulčić, A. (2012). *Verbotonalni pristup djeci s teškoćama sluha, slušanja i govora*. Zagreb: Artresor naklada.
20. Eapen, R. J., Buss, E., Adunka, O., Pillsbury, H. C., Buchman, C. A., & Labadie, R. F. (2017). Outcomes of cochlear implantation in adults with residual hearing. *Ear and Hearing, 38*(2), 237-257.
21. Easwar, V., Sanli, E., & Buchman, C. A. (2013). Bilateral versus unilateral cochlear implants. *Otolaryngologic Clinics of North America, 46*(2), 151-161.
22. Edwards, B. (2007). The future of hearing aid technology. *Trends in amplification, 11*(1), 31-45.
23. Ferguson, M. A., & Henshaw, H. (2015). How does auditory training work? Joined up thinking and listening. *Seminars in hearing, 36*(04), 237-248.
24. Firszt, J. B., Holden, L. K., Reeder, R. M., Cowdrey, L., King, S., & Whittingham, J. (2012). Cochlear implantation in adults with asymmetric hearing loss. *Ear and hearing, 33*(5), 521-533.
25. Galvin, K. L., & Hughes, K. C. (2012). Adapting to bilateral cochlear implants: early post-operative device use by children receiving sequential or simultaneous implants at or before 3.5 years. *Cochlear implants international, 13*(2), 105-112.
26. Gama, N. M., & Lehmann, A. (2015). Time matters for cochlear implantation. *Journal: Frontiers in Neuroscience, 9*, 348.

27. Gantz, B. J., Woodworth, G. G., Knutson, J. F., Abbas, P. J., & Tyler, R. S. (2010). Multicenter clinical trial of the Nucleus Hybrid S8 cochlear implant: final outcomes. *The Laryngoscope*, *120*(12), 2511-2518.
28. Geers, A. E., Mitchell, C. M., Warner-Czyz, A., Wang, N., Eisenberg, L. S., & CDaCI Investigative Team. (2017). Early sign language exposure and cochlear implantation benefits. *Pediatrics*, *140*(1), e20163489.
29. Geers, A. E., Tobey, E. A., Moog, J. S., Brenner, C., & Soliemanzadeh, I. (2008). Long-term outcomes of cochlear implantation in the preschool years: From elementary grades to high school. *International Journal of Audiology*, *47*(sup2), S21-S30.
30. Gifford, R. H., & Dorman, M. F. (2019). Cochlear implants: Audio-lingual outcome measures and selection criteria. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, *27*(5), 351-355.
31. Gordon, K. A., Papsin, B. C., Harrison, R. V. (2006). Effects of cochlear implantation on development of the central auditory system: Sequential bilateral versus simultaneous bilateral stimulation. *Ear and Hearing*, *27*(6), 710-723.
32. Guberina, P. (2010). *Govor i čovjek. Verbotonalni sistem*. Zagreb: Artresor naklada.
33. Guyton, A. C., & Hall, J. E. (2017). *Medicinska fiziologija - udžbenik* (13. izdanje). Zagreb: Medicinska naklada.
34. Judaš, M., & Kostović, I. (1997). *Temelji neuroznanosti*. Zagreb: Medicinska naklada.
35. Kirtane, M. V., Mankekar, G., Mohandas, N., & Patadia, R. (2010). Cochlear implants. *An International Journal of Otorhinolaryngology Clinics*, *2*(2), 133-137.
36. Lammers, M. J., van der Heijden, G. J., Pourier, V. E., & Grolman, W. (2014). Bilateral cochlear implantation in children: a systematic review and best-evidence synthesis. *The Laryngoscope*, *124*(7), 1694-1699.
37. Leigh, J. R., Dettman, S. J., Dowell, R. C., & Briggs, R. J. (2016). Communication development in children who receive the cochlear implant younger than 12 months: risks versus benefits. *Ear and hearing*, *37*(6), e317-e325.
38. Leigh, J. R., Dettman, S. J., Dowell, R. C., & Briggs, R. J. (2019). Long-term outcomes of children receiving cochlear implants before 12 months: A comparison with later implantation. *Otology & Neurotology*, *40*(4), e384-e390.
39. Liker, M., Mildner, V., & Šindija, B. (2007). Acoustic analysis of the speech of children with cochlear implants: A longitudinal study. *Clinical Linguistics & Phonetics*, *21*(1), 1-11.

40. Limb, C. J., & Rubinstein, J. T. (2012). Current research on music perception in cochlear implant users. *The Ochsner Journal*, 12(3), 381-386.
41. Litovsky, R. Y., & Goupell, M. J. (2019). Bilateral cochlear implants: localization acuity measured with minimum audible angle. *Ear and hearing*, 40(3), 623-634.
42. Litovsky, R. Y., & Johnstone, P. M. (2017). Bilateral cochlear implants in children: Effects of auditory experience and deprivation on auditory perception. In *Advances in Experimental Medicine and Biology* (Vol. 980, pp. 251-259). Springer.
43. Marschark, M., Rhoten, C., & Fabich, M. (2007). Effects of cochlear implants on children's reading and academic achievement. *Journal of deaf studies and deaf education*, 12(3), 269-282.
44. Mildner, V., & Liker, M. (2008). Fricatives, affricates, and vowels in Croatian children with cochlear implants. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 22(10-11), 845–856.
45. Mildner, V., Šindija, B., & Horga, D. (2003). Evaluation of Croatian-speaking children's speech with cochlear implants and comparison with hearing-aid users. *Journal of Multilingual Communication Disorders*, 1(1), 63–70.
46. Moore, B. C. (2007). *Cochlear hearing loss: physiological, psychological and technical issues*. John Wiley & Sons.
47. Nittrouer, S. (2016). Language milestones achieved by children with cochlear implants compared to hearing peers. *The Volta review*, 116(2), 87-108.
48. Paškvalin, M. (2005). *Umjetna pužnica: verbotonalni pristup*. Poliklinika Suvag.
49. 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.
50. Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A. S., McNamara, J. O., & Williams, S. M. (2018). *Neuroscience* (6th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.
51. Ris, J. (2020). *Ugradnja umjetne pužnice iz perspektive medicinskih sestara*. Varaždin: Sveučilišni centar Varaždin, Sveučilište Sjever.
52. Roemer, A., Köhl, U., Majdani, O., Klöß, S., Falk, C., Haumann, S., ... & Warnecke, A. (2016). Biohybrid cochlear implants in human neurosensory restoration. *Stem Cell Research & Therapy*, 7(1), 1-14.
53. Roland, P. S., Fishman, A. J., Alexiades, G., Mellon, N. K. (2009). Cochlear implantation in children with profound sensorineural hearing loss: Evidence-based practice. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 140(2), 180-185.

54. Sanfins, M. D., Skarzynski, H., & Skarzynski, P. H. (2020). Criteria for Cochlear Implantation in Adults and Children: An Overview. *Frontiers in Surgery*, 7, 586194.
55. Santa Maria, P. L., & Oghalai, J. S. (2014). When is the best timing for the second implant in pediatric bilateral cochlear implantation?. *The Laryngoscope*, 124(7), 1511-1512.
56. Suvag. (n.d.). Prijeoperacijska obrada. 19.05.2023. .  
<http://www.suvag.hr/prijeoperacijska-obrada/>
57. Suvag. (n.d.). Rehabilitacija i poslijeoperacijsko praćenje. 19.05.2023,  
<https://www.suvag.hr/rehabilitacija-i-poslijeoperacijsko-pracenje/>
58. Suvag. (n.d.). Tko su kandidati za ugradnju umjetne pužnice? 19.05.2023.,  
<http://www.suvag.hr/tko-su-kandidati-za-ugradnju-umjetne-puznice/>
59. 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.
60. Trotić, R., Kostić, M., Ries, M., Drviš, P., Ajduk, J., & Petrović, I. (2012). Long-Term Functional Outcomes after 10 Years of Bilateral Cochlear Implantat Use. *Collegium antropologicum*, 36(1), 161-165.
61. Trotić, R., Pegan, B., Kekić, B. & Šindija, B. (2001). Simultana bilateralna kohlearna implantacija. U: Crnković, Višnja , Dabić Munk, Darinka & Jurjević-Grkinić, I. (ur.)V. međunarodni simpozij verbotonalnog sistema \_ Multisenzorika i govor: zbornik sažetaka.
62. Trotić, R., Pegan, B., Kekić, B., Ries, M., Šindija, B. & Vlahović, S. (2003). Bilateralna kohlearna implantacija. U: Prvi kongres otorinolaringologa i cervikofacijalnih kirurga Bosne i Hercegovine.
63. Trotić, R., Ries, M., Ajduk, J., Kelava, I. i Košec, A. (2021). Simultana bilateralna kohlearna implantacija kod djece. *Medica Jadertina*, 51 (Suplement), 59-59.
64. Van Deun, L., Van Wieringen, A., Scherf, F., Deggouj, N., Desloovere, C., Offeciers, F. E., ... & Wouters, J. (2009). Earlier intervention leads to better sound localization in children with bilateral cochlear implants. *Audiology and Neurotology*, 15(1), 7-17.
65. Vlahović, S. (2014). *Vrijednosti neuralne povratne telemetrije i psihoakustičkih parametara kod djece s umjetnom pužnicom ovisno o dobi pri operaciji* (Doctoral dissertation, Sveučilište u Zagrebu).



66. Walker, E. A. (2004). Communication skills in children with cochlear implants: Assessment and intervention. *Seminars in Hearing*, 25(2), 143-156.
67. Wilson, B. S., & Dorman, M. F. (2008). Cochlear implants: current designs and future possibilities. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 45(5), 695.
68. Wolfe, J. (2020). *Cochlear implants: audiology management and considerations for implantable hearing devices*. Plural Publishing.
69. Zeng, F. G., & Oba, S. (2014). Cochlear implants: system design, integration, and evaluation. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 7, 153-166.

Korišteni linkovi i izvori za slike:

1. Slika 1. :  
<https://hearinfinity.com/how-hearing-works/> (22.01.2023.)
2. Slika 2. :  
<https://www.nealgold.net/blog/7/29/2019/hearing-without-my-ears> (01.04.2023.)
3. Slika 3. :  
Cohen, M. S., Ha, A. Y., Kitsko, D. J., & Chi, D. H. (2014). *Surgical outcomes with subperiosteal pocket technique for cochlear implantation in very young children. International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 78(9), 1545–1547. (28.05.2023.)
4. Slika 4. :  
<https://www.creativefabrica.com/wp-content/uploads/2019/03/Baby-Duck-Cartoon-2.jpg> (05.02.2023.)
5. Slika 5. :  
[https://img.freepik.com/premium-vector/bear-cartoon\\_119631-97.jpg?w=2000](https://img.freepik.com/premium-vector/bear-cartoon_119631-97.jpg?w=2000) (05.02.2023.)
6. Slika 6. :  
<https://thumbs.dreamstime.com/b/air-plane-cartoon-illustration-isolated-white-48631712.jpg> (05.02.2023.)
7. Slika 7:  
<https://i.pinimg.com/originals/1e/62/2d/1e622df4013d149b3369dc4d74238c8f.png> (05.02.2023.)

8. Slika 8:

Asp, C. W., Koike, K. J., & Kline, M. W. (2012). Breaking News: Verbotonal rehabilitation: Are we doing enough?. *The Hearing Journal*, 65(01), 28-30. (03.06.2023.)