

# Samopercepcija i objektivna kvaliteta glasa odraslih osoba s kohlearnim implantatom

---

Stanić, Antonija

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:158:147927>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Education and Rehabilitation Sciences - Digital Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko- rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad

Samopercepcija i objektivna kvaliteta glasa odraslih osoba s kohlearnim  
implantatom

Antonija Stanić

Zagreb, rujan 2021.

Sveučilište u Zagrebu  
Edukacijsko- rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad  
Samopercepcija i objektivna kvaliteta glasa odraslih osoba s kohlearnim  
implantatom

Antonija Stanić

izv.prof.dr.sc.Luka Bonetti

Zagreb, rujan 2021.

Izjava o autorstvu rada

Potvrđujem da sam osobno napisala rad „Samopercepcija i objektivna kvaliteta glasa odraslih osoba s kohlearnim implantatom“ i da sam njegova autorica.

Svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima jasno su označeni kao takvi te su adekvatno navedeni u popisu literature.

Ime i prezime: Antonija Stanić

Mjesto i datum: Zagreb, rujan 2021.

## SAŽETAK

Cilj ovog rada je dati pregled istraživanja čiji rezultati pokazuju kakav je utjecaj kohlearne implantacije na akustičke parametre glasa odraslih osoba i na njihovu samopercepciju kvalitete glasa.

U pregled su uključena istraživanja koja su se bavila akustičkom analizom glasa odraslih osoba koje koriste kohlearni implantat te istraživanja koja opisuju samopercepciju glasa odraslih kohlearno implantiranih osoba s prelingvalnim i postlingvalnim oštećenjem sluha.

Pregledom literature može se zaključiti da kohlearna implantacija osoba s postlingvalnim oštećenjem sluha dovodi do poboljšanja akustičkih parametara glasa, s najvećim naglaskom na fundamentalnu frekvenciju, što dodatno utječe i na pozitivniju percepciju glasa, a samim time i na kvalitetu života i pozitivnije ishode komunikacije. Istraživanja akustičkih parametara odraslih osoba s prelingvalnim oštećenjem sluha koje su implantirane kasnije u životu daje jasne zaključke o utjecaju implantacije na kvalitetu njihovog glasa, prvenstveno jer dio tih osoba komunicira znakovnim jezikom te uslijed nedostupnog slušnog iskustva vlastitog glasanemaju stabilnu neuromišićnu slušnu kontrolu fonacije, kojom se inače kontrolira mišiće uključene u vokalnu produkciju, pogodujući proizvodnji glasa odgovarajućoj za dob, spol i kulturu iz koje osoba dolazi, kao i fonema i artikulacije materinjskog jezika.

Rijetka istraživanja samopercepcije glasa odraslih kohlearno implantiranih osoba navode da osobe primjećuju određene teškoće u glasu i nakon implantacije, ali je broj prijavljenih teškoća nakon implantacije manji.

Pregled akustičkih parametara glasa i samopercepcije glasa odraslih kohlearno implantiranih osoba može poslužiti stručnjacima koji se bave rehabilitacijom slušanja kao vodiču rehabilitaciji i savjetovanju prije i nakon implantacije. Uz to, rad ukazuje na mali opseg dosadašnjih istraživanja i potrebu istraživanja navedenih tema, kako bi članovi interdisciplinarnog tima, koji pružaju stručne usluge za odrasle korisnike kohlearnih implantata, imali što bolji uvid u povezanost glasa i komunikacije u toj populaciji te ih uklopili u odgovarajući terapijski plan.

**Ključne riječi:** kohlearna implantacija, glas, samopercepcija glasa, akustički parametri, odrasle osobe

## SUMMARY

The aim of this paper is to provide an overview of research about the impact of cochlear implantation on the acoustic voice parameters of prelingually and postlingually hearing impaired adult cochlear implant users, as well as subjective perception of their own voices.

A review of the literature concludes that cochlear implantation in people with postlingual hearing impairment leads to improved acoustic voice parameters, with the emphasis on the fundamental frequency, which further affects a more positive voice perception, and thus improves quality of life with more positive communication outcomes. Studies of the acoustic voice parameters of adults with prelingual hearing impairment who were implanted later in life are inconclusive, primarily because sign language use and the lack of auditory experience and proper neuromuscular phonatory control, which unables the muscles involved in vocal production to work appropriately, i. e. to produce standard voice and phonemes.

Research on the self-perception of the voice in adult cochlear implant users, although rare, implies that these persons report certain difficulties in the voice production even after implantation, but their number decreases with the use of the device.

The overview of acoustic voice parameters and self-perception of the voice of adult cochlear implant users can serve as a guide in rehabilitation and counseling before and after implantation. In addition, the paper points to the need to increase research interest for this topic, so that members of the interdisciplinary team which work with adult cochlear implant users could have a better insight into the connection between voice and communication in this population and create an appropriate treatment plan.

**Keywords:** cochlear implantation, voice, voice self-perception, acoustic voice parameters, adults

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. OPĆE ODREDNICE GLASA .....	2
1.1.1. AKUSTIČKI PARAMETRI GLASA .....	3
1.2. POVEZANOST GLASA I SLUHA .....	4
1.3. OPĆE ODREDNICE OŠTEĆENJE SLUHA .....	7
1.3.1. UZROCI OŠTEĆENJA SLUHA .....	8
1.3.2. POSLJEDICE OŠTEĆENJA SLUHA .....	10
1.4. GLAS OSOBA SA OŠTEĆENJEM SLUHA .....	11
1.4.1. RAZVOJ GLASA DJECE SA OŠTEĆENJEM SLUHA.....	11
1.4.2. SLUŠNI SUSTAV ODRASLIH OSOBA S OŠTEĆENJEM SLUHA.....	12
2. PROBLEMSKA PITANJA I CILJ RADA .....	16
3. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA O GLASU IMPLANTIRANIH OSOBA .....	17
3.1. PREGLED SUSTAVNIH ISTRAŽIVANJA .....	18
3.2. AKUSTIČKA ANALIZA GLASA.....	19
3.3. PREGLED ISTRAŽIVANJA USMJERENIH NA SPECIFIČNE AKUSTIČKE PARAMETRE.....	26
3.4. SAMOPROCJENA GLASA .....	28
4. VOKALNI TRENING .....	31
5. RASPRAVA.....	34
6. ZAKLJUČAK .....	36
7. POPIS LITERATURE .....	37

## 1. UVOD

Oštećenje sluha može pogoditi sve dobne skupine, od novorođenčadi do starijih, utječući na jezično-govorni razvoj u djece i uzrokujući socijalne i komunikacijske probleme u odraslih (Lasak, Allen, McVay i Lewis, 2014.) .

S obzirom da je broj osoba s oštećenjem sluha u stalnom porastu te s obzirom da posljedice oštećenja sluha uključuju komunikacijski, socio-emocionalni te profesionalni aspekt života, ono samim time predstavlja značajan ekomonski problem. Prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (World Health Organization – WHO), do 2050. godine skoro 2.5 milijardi ljudi imat će neki stupanj oštećenja sluha, a otprilike 700 milijuna ljudi će imati oštećenje sluha koje će predstavljati hendikep. Oštećenje sluha je četvrti najčešći globalni uzrok umanjivanja dobrobiti života, s procjenjenim godišnjim troškom od 750 milijardi dolara (WHO, 2017). Stoga je važno usmjeriti se na istraživanja utjecaja oštećenja sluha na sve aspekte života, kako bi se smanjila prevalencija i ublažio njegov već dobro dokumentirani negativan utjecaj na kvalitetu života.

Oštećenje sluha izravno utječe na slušanje, a time na jezični i govorni razvoj, interpersonalnu komunikaciju, učenje i akademski uspjeh te poslovni život. Kao pomoć slušanju, uglavnom se nude dva elektroakustička rješenja: slušni aparati i kohlearni implantati. Kohlearni implantat je digitalno pomagalo koje omogućava čujnost umjereno-do-teško naglušim i gluhim osobama, kojima slušna i komunikacijska pomoć od klasičnog slušnog aparata nije dostatna. Međutim, da bi kohlearni implantat dao maksimalnu čujnost te slušnu i komunikacijsku korist, osobu je nužno uključiti u (re)habilitaciju. Slušanje je složen proces koji uključuje detekciju zvučnih podražaja perifernim slušnim organima i njihovu interpretaciju u centralnom živčanom sustavu. U komunikaciji se izmjenjuju govorni podražaji, a njihova zvučna obilježja, temeljem kojih se interpretiraju njihova značenja, nisu samo artikulacijska, već i prozodijska. Stoga su točne interpretacije prozodijskih obilježja te doživljaji kvalitete glasa za osobe s oštećenjem sluha bitan dio razumijevanja govornih poruka sugovornika. Slušanje je u jednakoj mjeri važno za proizvodnju odgovarajućih govornih poruka i za njihovo razumijevanje na strani sugovornika jer se slušno nadziru svi prozodijski elementi. Budući da kohlearna implantacija ne korigira sluh u potpunosti, može se postaviti pitanje odnosa ograničene čujnosti i nadziranja proizvodnje glasa, odnosno audioloških parametara



prije i nakon implantacije i obilježja glasa nakon implantacije. Također, budući da samopercepcija obilježja glasa doprinosi emocionalnom, a time i socijalnom aspektu komunikacije, može se postaviti pitanje odnosa audioloških parametara prije i nakon implantacije i samoprocjene glasa nakon implantacije. Spoznaja oba navedena odnosa klinički je važna u smislu uviđanja potrebe rada na poboljšanju kvalitete glasa u (re)habilitaciji odraslih osoba s kohlearnim implantatom.

## **1.1. OPĆE ODREDNICE GLASA**

Fiziologiju nastanka glasa opisuje mioelastično- aerodinamička teorija. Fonacija je definirana kao ekspirij modificiran laringalnim vibracijama (Škarić, 1991). Tijekom prefonacijskog ekspirija, glasnice se priljubljuju što dovodi do djelomične opstrukcije zračne struje, čime se smanjuje tlak na mjestu suženja. Tlak u subglotidnoj regiji pada i uvlači glasnice do medijalne linije, što dovodi do potpune opstrukcije zračne struje. Potpuna opstrukcija povećava subglotički tlak koji glasnice razmiče u paramedijalni položaj i taj proces traje sve dok sublotički tlak ne padne ispod kritične granice, kad je potreban novi prefonacijski inspirij. Pri normalnoj fonaciji, glasnice se istodobno približavaju medijalnoj liniji i udaljuju se od nje, odnosno, obje glasnice titraju istom frekvencijom, amplitudom i fazom (<http://www.foni.mef.hr/Prirucnik/Fonijatrija.htm>).

Ljudski glas je zvuk koji nastaje u larinksu i dodatno ga mijenjaju rezonantni organi, uključujući grlo, nosnu šupljinu i sinuse. Osnovni ton generiran u glotisu karakteriziraju specifične fizičke značajke. Na gornjoj razini vokalnog trakta, glas prima jedinstvene subjektivne i individualne značajke koje ovise o građi larinksa i obliku lubanje. Mjerljivi, fizički parametri glasa odgovaraju subjektivnim obilježjima. Stoga su fizička obilježja glasa, poput frekvencije, amplitude i spektralne strukture perceptivno predstavljene visinom, glasnoćom i kvalitetom zvuka glasa (bojom). Dakle, glas je izvor informacija i prenosi ljudske emocije (Tiwari i Tiwari, 2012). Glas se javlja kod novorođenčadi odmah nakon rođenja kao refleks te se nastavlja razvijati u daljnjim fazama života i, zajedno s razvojem govora, glas postaje jedno do glavnih sredstava međuljudske komunikacije (Myszel i Szkielkowska, 2020). Proizvodnju glasa kontroliraju središnji živčani sustav i slušni sustav (Ludlow, 2015). Poremećaj u bilo kojem od ovih sustava upravljanja može dovesti do abnormalnosti u kvaliteti glasa i promjena u akustičkoj strukturi.

Parametri koji se najčešće mjere u literaturi su fundamentalna frekvencija, jitter, shimmer, omjer harmonika i buke (Harmonic-to-Noise-Ratio – HNR), a važnost se pridaje i vremenu uključivanja glasa (Voice Onset Time – VOT) i formantima.

### 1.1.1. AKUSTIČKI PARAMETRI GLASA

Fundamentalna frekvencija (F0) je broj vibracija glasnica u sekundi i perceptivno se doživljava kao visina glasa. Mjerna jedinica je herz (Hz). Ovisi o dobi i spolu. U muškarca prosječno iznosi 128 Hz (raspon od 104 Hz do 152 Hz), a kod žena 195 Hz (raspon od 162 Hz do 228 Hz) (Jesus, Martinez, Hall i Ferreira, 2015). Osim što ovisi o dobi i spolu, mijenja se i pod utjecajem emocionalnog stanja osobe. Starenje je također faktor koji utječe na promjenu fundamentalne frekvencije. Mijenjanje fundamentalne frekvencije omogućuje prozodiju i intonacijsku raznolikost govora. Pri slušanju samoglasnika ne čujemo osnovni laringealni ton, nego kompleksni akustički val sastavljen od niza frekvencija koje nastaju modulacijom fundamentalne frekvencije u larinksu, hipofarinksu, usnoj i nosnoj šupljini (<http://www.foni.mef.hr/Prirucnik/Fonijatrija.htm>)

Jitter je termin koji se odnosi na mikronepravilnosti u brzini vibracija glasnica, odnosno varijacije osnovnog laringealnog tona (Vasilakis i Stylianou, 2009, prema Lieberman, 1963). Najčešće se izražava kao odstupanje u brzini titranja glasnica u postocima (Heđever, 2012). Normalne vrijednosti jitera dopuštaju odstupanje do 0,5% do 1% za produženu fonaciju mladih odraslih osoba (Lathadevi i Guggarigoudar, 2018, prema Teixeira, 2014) . Povišene vrijednosti jitera percipiramo kao glas lošije kvalitete.

Shimmer se odnosi na brze promjene u amplitudi zvučnog signala. Najčešće se izražava u decibelima. Normalna vrijednost shimmera smatra se do 0.35 dB, a povišene vrijednosti doživljavaju se kao promuklost (Heđever, 2012). Može nastati kao posljedica smanjenog glotalnog pritiska ili lezija na glasnicama (Wertzner, Schreiber i Amaro, 2005, prema Behlau, Madazio, Feijó i Pontes, 2001). Shimmer je povezan s ispuštanjem zraka kroz glasnice, a perceptivno je takav glas pretjerano šuman (Teixeira, Oliveira i Lopes, 2013).

Omjer signala i šuma (HNR) je parametar koji pokazuje kolika je razlika između prosječne vrijednosti harmonijskog dijela spektra i razine šuma (Ferrand, 2002). Što je razlika veća, glas

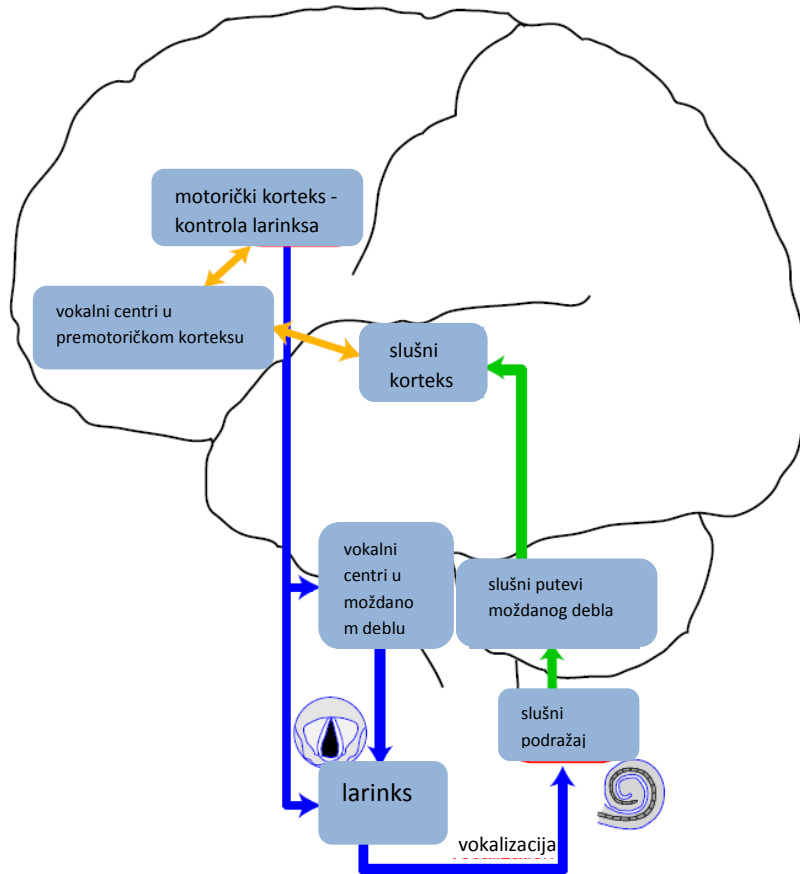
je kvalitetniji i čišći. Fernandes, Teixeira, Guedes, Junior i Teixeira (2018) navode da optimalna razlika u normalnom glasu mora iznositi 12 dB (vrijednost od 11 dB daje slične rezultate). Vrijednost ispod 10 dB ukazuje da u glasu ima puno šuma što može ukazivati na poremećaj glasa odnosno patologiju (Heðever, 2012).

Vrijeme uključivanja glasnica (VUG ili engleski VOT) je akustički parametar koji se opisuje kao vrijeme između početka otvaranja okluziva i uključivanja zvučnosti narednog samoglasnika koja nastaje vibriranjem glasnica (Lisker i Abramson, 1964). Postoji niz čimbenika koji utječu na duljinu VUG-a: mjesto artikulacije okluziva, artikulacijska svojstva sljedećeg samoglasnika, temporalne karakteristike sljedećeg samoglasnika, tempo artikulacije (Trošelj, 2016, prema Gósy, 2000 i 2004.). VUG se pokazao kao bitna mjera u razlikovanju okluziva određenih jezika koji imaju isto mjesto artikulacije (Abramson i Whalen, 2017).

## **1.2. POVEZANOST GLASA I SLUHA**

Glas i sluh usko su povezani. Slušanje je kompleksna i razrađena aktivnost, od detekcije zvučnog stimulusa perifernim organima do njihove interpretacije u središnjem živčanom sustavu. Sluh je, dakle, važan čimbenik za održavanje odgovarajuće vokalne produkcije. S obzirom da igra ključnu ulogu u razvoju oralne komunikacije, sluh je neophodan za razvoj glasa sukladan standardu socijalne okoline. Vokalna produkcija uključuje respiraciju, fonaciju, rezonanciju, artikulaciju i prozodiju, a slušno monitoriranje pomaže u kontroli ovih parametara, uključujući trajanje, fundamentalnu frekvenciju i formante (Santos i sur., 2019). Slušno monitoriranje je također važno za neuromuskulatornu kontrolu organa uključenih u vokalnu produkciju.

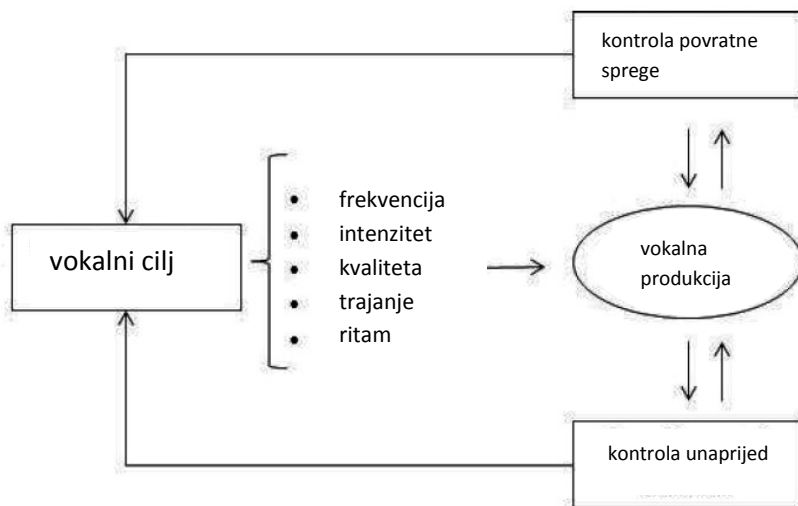
Kvaliteta glasa ovisi o odgovarajućem funkcioniranju slušnih organa i dišnog trakta. Odgovarajućom čujnošću razvija se ispravan raspon glasa, a uz mogućnost promjene intenziteta glasa, moguć je razvoj ispravnih akustičnih parametara (Myszal i Szkiełkowska, 2020). Odgovarajuća čujnost tako omogućuje razvoj govora i prozodije.



Slika 1. Interakcije između slušnog puta i vokalnog motoričkog sustava za nadziranje glasa i kontrolu povratne informacije glasa i govora (Gautam, Naples i Eliades, 2019, str. 2): zelene strelice prikazuju uzlazni tok slušnih informacija, plave strelice silazni vokalni motorički put, a narančaste recipročne veze između kortikalnih područja za koja se smatra da su uključeni u kontrolu glasovne povratne informacije

Povratne informacije za govor dolaze iz tri izvora: kinestetska i proprioceptivna povratna informacija mišićnog i osjetilnog aparata uključenog u govor i slušna kontrola (El Sabeela i Azab, 2019). Slušni sustav bitan je za regulaciju vokalne produkcije praćenjem različitih parametara glasa (Baraldi i sur., 2007). Omogućuje dvije vrste kontrole nad proizvodnjom govora: kontrola povratne sprege (feedback) i kontrola povratne informacije unaprijed (feedforward). Kontrola povratne sprege prati izvedbu zadatka tijekom izvršavanja, kao i odstupanja od željene izvedbe, koja se ispravljaju prema senzoričkim informacijama. U upravljanju unaprijed, izvedba zadatka izvršava se iz prethodno naučenih naredbi, bez oslanjanja na dolazne osjetne informacije povezane s zadatkom. Produkcija govora i glasa uključuje obje kontrole, a slušna povratna informacija utječe na oba kontrolna procesa.

Također, slušni sustav ima tri uloge (Selleck i Sattaloff, 2014): a) pružanje informacija o glasovnim ciljevima, što je važno za korekcije visine, glasnoće i drugih parametara koji mogu utjecati na razumljivost govora; b) davanje povratnih informacija o uvjetima okoline, što je važno u bučnim situacijama kada govornik zna da treba jasnije izgovarati ili naglašavati riječi, povećati amplitudu i smanjiti brzinu govora kako bi povećao razumljivost; te c) doprinos stvaranju internih modela za motoričke planove za proizvodnju glasa, što je bitno za održavanje brzine govora kroz razvoj internih modela, omogućujući da se vokalni trakt i srodne strukture pripreme prije vokalizacije i da se govor nastavi bez konstantne slušne povratne informacije. Ove su uloge odgovorne za modeliranje kvalitete glasa, visine, glasnoće, rezonancije, artikulacije i brzine govora, odnosno za produkciju i održavanje normalne vokalne produkcije (Jones i Keough, 2008).



Slika 2. Slušno monitoriranje vokalne produkcije (Coelho, Medved i Brasolotto, 2015)

### 1.3. OPĆE ODREDNICE OŠTEĆENJE SLUHA

Ne postoji univerzalno prihvaćena definicija oštećenja sluha, kao ni univerzalno prihvaćena ljestvica po kojoj se klasificira oštećenje sluha (Michels, Duffy i Rogers, 2019). Postoje termini pomoću kojih se oštećenje sluha može pobliže objasniti, a to su jakost, vrsta i lateralizacija oštećenja. Navedeni termini su bitni za rehabilitaciju i ostvarivanje prava koje osobi zakonski pripadaju.

U Hrvatskoj se jakost oštećenja sluha definira člankom 29. Pravilnika o sastavu i načinu rada tijela vještačenja u postupku ostvarivanja prava iz socijalne skrbi i drugih prava po posebnim propisima (NN 79/2014, 1477). Prema tom članku, stupanj jakosti oštećenja sluha na pojedinom uhu određen je prosječnim, audiometrijski utvrđenim pragom čujnosti na četiri govorne frekvencije: 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz i 4000 Hz. Klasifikacija oštećenja sluha prema tako izračunatom prosječnom pragu sluha je kako slijedi:

- a) između 26 i 35 dB – blaga naglušost
- b) između 36 i 60 dB – umjerena naglušost
- c) između 61 do 93 dB – teška naglušost

Prag sluha viši od 93 dB naziva se kliničkom gluhoćom.

Oštećenje sluha prema vrsti dijelimo na provodno, zamjedbeno i mješovito (Bradarić-Jončić, 2016): anatomske-fiziološke promjene u vanjskom ili srednjem uhu uzrokuju provodno oštećenje sluha, dok je zamjedbeno uzrokovano promjenama građe i funkcije unutarnjeg uha i dijelova slušnog puta od pužnice prema mozgu. Ako osoba ima oštećenja i u vanjskom ili srednjem i unutarnjem uhu, radi se o mješovitom oštećenju sluha.

Ovisno o tome je li oštećenjem zahvaćeno samo jedno ili oba uha, oštećenje sluha može biti unilateralno ili bilateralno.

### 1.3.1. UZROCI OŠTEĆENJA SLUHA

Američko udruženje logopeda (American Speech-Language-Hearing Association – ASHA, n.d.) ističe sljedeće najčešće uzroke provodnog oštećenja sluha:

- tekućina u srednjem uhu (npr. od infekcija gornjih dišnih putova, otitisa ili seroznog otitisa);
- loša funkcija Eustahijeve tube;
- perforacija opne bubnjića;
- benigni tumori;
- trauma glave-fizička ozljeda glave može dovesti do prijeloma lubanje, rupe u bubnjiću i oštećenja struktura srednjeg uha;
- otoskleroza;
- zahvaćen cerumen;
- infekcija u ušnom kanalu
- otitis externa; prisutnost stranog tijela;
- odsutnost ili malformacija vanjskog uha, ušnog kanala ili srednjeg uha.

Konduktivni gubitak sluha blage je do umjerene težine, a medicinski ili kirurški tretman većine uzroka dovodi do poboljšanja sluha (Bradarić-Jončić, 2016).

Isto udruženje ističe sljedeće najčešće uzroke zamjedbenog oštećenja sluha (ASHA, n.d.):

- Buka – vrsta, kao i razina buke i duljina vremena provedenog u slušanju buke mogu stvoriti rizik od gubitka sluha uzrokovanog bukom. Procijenjuje se da je više od milijardu mladih ljudi u opasnosti od razvoja gubitka sluha zbog navike slušanja glazbe na glasnoj razini i dulje vrijeme (WHO, 2015);
- Genetski poremećaji – mogu biti autosomno recesivni ili autosomno dominantni. Druge, rjeđe, vrste genetskog gubitka sluha uključuju X-povezane (povezane sa spolnim kromosomom) ili obrasce nasljeđivanja mitohondrija. Genetski poremećaji koji uključuju gubitak sluha uključuju neurofibromatozu 2 i Waardenburgov sindrom;
- Ototoksični lijekovi za koje je poznato da su ototoksični uključuju lijekove koji se koriste u kemoterapiji (cisplatin, karboplatin), aminoglikozidni antibiotici (streptomycin, neomicin i kanamicin), salicilati u velikim količinama (aspirin);

- Trauma glave-fizička ozljeda glave može dovesti do traumatske ozljede mozga, prijeloma lubanje i oštećenja unutarnjeg uha;
- Autoimuna bolest unutarnjeg uha – nastaje kada imunološki sustav tijela napadne stanice u unutarnjem uhu koje se pogrešno smatraju virusom ili bakterijom i mogu se dogoditi izolirano (kao samo bolest) ili kao dio drugih sustavnih autoimunih poremećaja. Sustavne imunološke bolesti za koje se zna da su uzrokovale ovu bolest unutarnjeg uha uključuju Coganov sindrom, lupus, Sjogrenov sindrom;
- Bakterijske, virusne ili parazitske infekcije, uključujući meningitis, zaušnjaci, ospice, herpes, toksoplazmoza, sifilis;
- Meniereova bolest;
- Vaskularni deficiti, uključujući vaskularne bolesti povezane s mitohondriopatijom, vertebrobazilarna insuficijencija (visoki krvni tlak i dijabetes), deformabilnost crvenih krvnih zrnaca, bolest srpastih stanica, kardiopulmonalna premsnica.

Ova vrsta oštećenja sluha općenito je trajna pa se njeno liječenje prvenstveno provodi (re)habilitacijom sluha korištenjem slušnih pomagala ili kohlearnih implantata.

Većina ljudi poslije 65. godine života ima obostrano slabiji sluh, što se naziva staračkom nagluhošću (Gortan, 1995). Gubitak sluha povezan s dobi posljedica je kombinacije degenerativnih učinaka na stanice pužnice i spiralnih neurona ganglija, smanjenog djelovanja stria vascularis koja metabolički podržava osjetljive stanice osjetnih dlačica te kumulativnih učinaka buke i ototoksične izloženosti (Lee i Bance, 2018). Prezbakuzija je obično zamjedbena (senzorineuralna), obostrana i simetrična, postupna i progresivna i lošija na višim frekvencijama (Gortan, 1995). Istaknuta značajka je smanjenje percepcije govora (Marn, 1999).

Audiološko testiranje provodi se radi procjene pragova sluha u rasponu frekvencija važnih za ljudsku komunikaciju.

Slušni pragovi obično se mjere zračnim i koštanim podražajima čistim tonom radi razlikovanja provodnog od zamjedbenog oštećenja sluha i karakteriziranja obrasca oštećenja sluha na različitim frekvencijama (Michels i sur., 2019). Izraz „pomak praga“ odnosi se na promjenu praga sluha između uzastopnih audioloških testova; može odražavati poboljšanje ili pogoršanje sluha (Ryan, Kujawa, Hammil, Le Prell i Kil, 2016). Testiranje percepcije govornih signala niske redundancije (jednosložnih riječi) prikazanih na ugodnoj razini



slušanja u odsutnosti pozadinske buke još je jedna metoda procjene sluha kod odraslih (Cunningham i Tucci, 2017).

Kliničari su koristili široki izraz „senzorineuralni gubitak sluha“ jer donedavno dijagnostički testovi nisu mogli utvrditi je li lezija u osjetnom ili neuralnom dijelu perifernog slušnog sustava (Michels i sur., 2019). Ova se razlika sada pravi mjerenjem otoakustičke emisije, izvedenom istovremenim predstavljanjem tonova različitih frekvencija i zvučnih pritisaka vanjskom kanalu te otkrivanjem emisije zvuka iz same pužnice; rezultati odražavaju funkcioniranje osjetnih dlačica u pužnici.

### **1.3.2. POSLJEDICE OŠTEĆENJA SLUHA**

Gubitak sluha najčešći je senzorni deficit u starijih pacijenata. Pogađa 37% odraslih osoba u dobi od 61-70 godina i više od 80% onih starijih od 85 godina (Phan, McKenzie, Huang, Whitfield i Chang 2016). U starijih pacijenata posljedice gubitka sluha su značajne i uključuju socijalnu povučenost i izolaciju, teškoće u izvršavanju svakodnevnih trivijalnih zadataka s povećanim rizikom od padova i depresije te lošu kvalitetu života (Pacala i Yueh, 2012). Budući da gubitak sluha utječe na međuljudsku komunikaciju i percepciju značajnih zvukova iz okoline, neki pojedinci doživljavaju različite razine stresa zbog svojih problema s čujnosti. Na primjer, neki izvori govore o neugodnosti i samokritičnosti osoba koje su izgubile osjetljivost sluha zbog poteškoća s razumijevanjem drugih ili zbog perceptivnih pogrešaka (National Research Council (US) Committee on Disability Determination for Individuals with Hearing Impairments, 2004); drugi teško prihvaćaju gubitak sluha i ne žele drugima priznati svoje probleme sa sluhom. Ljutnja i frustracija mogu se pojaviti kada se pojave komunikacijski problemi, a mnogi pojedinci dožive obeshrabrenje, krivnju i stres u vezi sa gubitkom sluha. Ove negativne reakcije također su povezane s negativnim stavovima i nekooperativnom ponašanjem drugih (Demorest i Erdman, 1989).

Unatoč tome, gubitak sluha često se nedovoljno prepoznaje i tretira, vjerojatno zbog uvriježenog mišljenja da je to dio normalnog starenja (Walling i Dickson, 2012). Netretiranje oštećenja sluha rezultat je nedostatka znanja i uvažavanja mogućnosti poboljšanja sluha (Phan i sur., 2016).

## **1.4. GLAS OSOBA SA OŠTEĆENJEM SLUHA**

### **1.4.1. RAZVOJ GLASA DJECE SA OŠTEĆENJEM SLUHA**

U prvim mjesecima života, djeca sa oštećenjem sluha proizvode manje vokalizacija koje su ograničene u usporedbi sa vokalizacijom svojih vršnjaka koji normalno čuju. Brbljanje se pojavljuje kasnije (Maskarinec, Cairns i Weamer, 1981; Moeller i sur., 2007a), kao i prijelaz s brbljanja na riječi (Moeller i sur., 2007b). Analiza akustičkih i aerodinamičkih parametara tih vokalizacija pokazuje mnoge razlike između djece s oštećenjem sluha i čujuće djece (Myszel i Szkiełkowska, 2020). Dok djeca koja čuju proizvode vokalizacije niže frekvencije, djeca sa oštećenjem sluha pokazuju povećanja frekvencije (Manning, Moore, Dunham, Lu i Domico, 1992; Campisi, Low, Papsin, Mount, Cohen-Kerem i Harrison, 2005). Varijacije frekvencije i varijacije amplitude također su češće među djecom s oštećenjem sluha, u odnosu na čujuću djecu. U ranom razvoju, glas djece s oštećenjem sluha je viši, drhtaviji i siromašniji u melodiji, za razliku od djece koja čuju, čiji je glas melodičan, niži, stabilniji i sadrži manje glasovnih prekida (Oller, Eilers, Bull i Carney, 1985; Campisi i sur., 2005.)

U usporedbi sa čujućom djecom, djeca sa oštećenjem sluha pokazuju idstupanja u rezonanciji u obliku nazalnosti (Baudonck, Van Lierde, D'haeseleer i Dhooge, 2015). Povećana nosna rezonancija posljedica je oslabljene funkcije mišića ždrijela, što omogućuje da male količine zraka iz usne šupljine uđu u nos, dajući tako glasu nazalni ton (Lock i Seaver, 1984). Čujuća djeca imaju ispravnu koordinaciju unutarnjih i vanjskih mišića larinksa, dok je koordinacija slaba kod djece s oštećenjem sluha. Myszel i Szkiełkowska (2020) spominju da Handzel (1969) navodi kako djeca s oštećenjem sluha također pokazuju morfološke abnormalnosti u larinksu, uključujući asimetriju hrskavice, mišića i piriformne udubine, kao i funkcionalne promjene (npr. edematozne glasnice, hipertrofija vestibularnog nabora). Ove funkcionalne promjene nisu prisutne u larinksu djece koja čuju, osim ako su uzrokovane drugim čimbenicima (npr. urođene abnormalnosti, funkcionalne promjene, vokalni noduli, poremećaji slušnog procesiranja).

Myszel i Szkiełkowska (2020) navode da djeca bez oštećenja sluha proizvode glas tiho i bez napetosti, a ton je lagan i zvučan. U slučaju djece s oštećenjem sluha, nekoordinirani mišići rezultiraju napetim, tvrdim glasom, koji je tipično tamniji i grub. Ukratko, glas te djece razvija se s vremenom; međutim, tempo ovog razvoja je sporiji i manje dinamičan u

usporedbi s djecom koja čuju. Nadalje, većina mjerljivih glasovnih parametara kod djece s oštećenjem sluha postiže vrijednosti koje se značajno razlikuju od onih uočenih kod čujuće djece. Mahmoudi i sur. (2011) navode da takve karakteristike glasa mogu smanjiti slušateljevo razumijevanje govornika s oštećenjem sluha za 20-25%.

Postoji kritično razdoblje u razvoju osjetilnih sustava poput slušnog sustava. Kritično razdoblje za usvajanje govora i jezika smatra se od rođenja do 3 godine (Kovačević, 1996). Neuspjeh u postizanju učinkovite slušne stimulacije tijekom kritičnog razdoblja dovest će do hipoplazije slušnog sustava i srodnih struktura te će utjecati na razvoj slušne središnje kore (Hassanzadeh, Farhadi i Daneshi, 2002). Dakle, rano djetinjstvo najvažnije je razdoblje za razvoj govora i sluha, a posljedično, veliki broj istraživanja sugerira da što je mlađa dob kohlearne implantacije, to je bolji učinak na rehabilitaciju slušanja i govora. Rana dodjela slušnog pomagala podržava razvoj glasa i govora te time povećava šanse da se održi korak s čujućim vršnjacima. Rana intervencija slušnim pomagalom sada se smatra standardnim postupkom (Skarzynski i sur., 2018; Skarzynski, Lorens, Dziendziel i Skarzynski, 2019).

#### **1.4.2. SLUŠNI SUSTAV ODRASLIH OSOBA S OŠTEĆENJEM SLUHA**

Slušni sustav je bitan ne samo za razvoj, već i za održavanje kvalitete glasa i govora. Odrasle čujuće osobe prilagođavaju svoju vokalnu produkciju kako bi kompenzirale pogreške ili alternacije putem informacija koje stižu slušnom povratnom spregom. Mehanizam slušne povratne sprege omogućuje praćenje i kalibraciju artikulacije i točne akustičke proizvodnje govornih segmenata. Ona je također odgovorna za trenutačno i odgođeno praćenje govora i produkcije glasa, iako su mehanizmi u pozadini još uvijek nepoznati (Hickok, Houde i Rong, 2011). Promjene u sluhu mogu ometati odgovarajuću upotrebu struktura uključenih u govor i glasovnu produkciju zbog nedostatka slušnih povratnih informacija. Vokalne promjene kod oštećenja sluha povezane su s disanjem, fonacijom i artikulacijom (Hinderink, Mens, Broek i van den Broek, 1995).

Ograničena slušna povratna informacija negativno utječe na proizvodnju segmentnih aspekata govora i na vokalne parametre osoba s oštećenjem sluha, kao što su odstupanja u fundamentalnoj frekvenciji (F0), promjene u formantnim frekvencijama, varijacije vokalnog intenziteta i promjene rezonancije, duljine i trajanja govora (Monsen, Engebretson i Vemula, 1979; Lane i Webster, 1991). Osobe s prelingvalnim oštećenjem sluha nisu imale slušno

iskustvo koje bi pogodovalo razvoju odgovarajuće govorne produkcije, dok su osobe s postlingvalnim oštećenjem sluha bile izložene nekom slušnom iskustvu i podvrgnute sazrijevanju neuromuskulatorne kontrole fonacije, što uključuje kontrolu mišića potrebnih za proizvodnju glasa (Hocevar- Boltezar, Vatovec, Gros i Zargi, 2005). No, ako te osobe steknu oštećenje sluha u nekom životnom razdoblju, bez obzira na već stabilan glas i govor, mogu razviti glasovne promjene zbog nedostatka nadzora njihove proizvodnje, koji pružaju slušne povratne informacije (Ubrig i sur., 2011).

Slušna percepcija glasa može biti smanjena ili odsutna, što stvara neadekvatne uzorke govorne produkcije. Osoba može imati teškoće u ponovnom uspostavljanju ili poboljšanju kvalitete glasa, čak i u procesu rehabilitacije glasa (Coelho, Brasolotto i Bahmad, 2020). Osobe s oštećenjem sluha općenito govore glasnije nego čujuće osobe, pokušavajući poboljšati samopercepciju glasa (Pörschmann, 2000)

Oštećenje sluha može utjecati na prilagodbu ili odgovarajuću upotrebu organa uključenih u produkciju glasa i govora zbog odsutnosti slušne povratne informacije koja normalno omogućuje praćenje i kalibraciju govorne produkcije (Medved, Cavalheri i Coelho, 2020). Ograničena slušna spregakod osoba s oštećenjem sluha ima negativni utjecaj na segmentalne aspekte govora, kao i na akustičke i perceptualne parametre glasa, uključujući devijacije u fundamentalnoj frekvenciji, promjenu u frekvenciji formanta, varijacije u intenzitetu glasa, promjene u rezonanciji, brzini i trajanju govora (Lejska, 2004). Nedostatak slušnog monitoriranja može ugroziti različite razine fonacijskog sustava pa se zato glas ljudi s oštećenjem sluha, u odnosu na čujuće osobe, razlikuje u kvaliteti, uključujući segmentalnu i suprasegmentalnu razinu govora (Coelho, Brasolotto i Bahmad, 2020).

Već je navedeno da kvaliteta glasa osoba s oštećenjem sluha može biti narušena uslijed nedostatka trajne i točne akustičke provjere fonacijskih funkcija. Stoga se njihov glas često opisuje kao glas na izdisaju (glasnice vibriraju normalno, ali propuštaju više zraka), hrapav, ili suprotno kao slab i bezvučan glas kojem nedostaje melodije i dinamike, zbog povećanog mišićnog napora i napetosti pri ispravljanju i održavanju odgovarajuće kvalitete glasa uslijed nedostatka slušnog praćenja produkcije glasa (Lejska, 2004). Teškoće u održavanju pravilne napetosti glasnice mogu objasniti nestalnost i varijacije glasa. Hipertenzija glasnice, povećanje subglotičkog tlaka i ekstralaringalna hipertenzija vode do povećanja fundamentalne frekvencije, te je glas u tom slučaju viši, nesiguran, proizveden s više napora (Medved, Cavalheri i Coelho, 2020).

Oštećenje sluha može narušiti oralnu komunikaciju, uzrokujući društvena, obrazovna i govorna ograničenja, sa specifičnim odstupanjima komunikacije povezanima s govorom i glasom. Obično, rehabilitacijski (a pogotovo rehabilitacijski) proces daje prioritet slušnim sposobnostima pa stoga glas nije glavni fokus jezičnih i govornih vježbi za osobe s oštećenjem sluha. Njegova odstupanja, međutim, mogu predstavljati toliko negativan utjecaj na ovu populaciju da mogu utjecati na razumljivost govora, uzrokovati negativan utjecaj na slušatelja i ključno ugroziti društvenu integraciju pojedinca (Coelho, Medved i Brasolotto, 2015).

Problemi glasa kod osoba s oštećenjem sluha izravno su povezani s njegovom vrstom i težinom, dobi, spolom i vrstom slušnog pomagala (Hassan i sur., 2012). Dok se kod osoba s blagim i umjerenim oštećenjem sluha mogu samo prezentirati problemi s rezonancijom, osobama s teškom nagluhošću i gluhoćom, između ostalih promjena, može nedostajati kontrola intenziteta i frekvencije (Behlau, Thomé, Azevedo, Rehder i Thomé, 2005, prema Coelho, Medved i Brasolotto, 2015). Stoga je razvoj razumljivog govora s dobrom kvalitetom glasa kod osoba s oštećenjem sluha izazov, unatoč sofisticiranom tehnološkom napretku slušnih pomagala i kohlearnih implantata.

Aspekti disanja povezanih s fonacijom također se mogu primijetiti u populaciji osoba s oštećenjem sluha. Das, Chatterjee i Kumar (2013) uspoređivali su aerodinamiku larinksa kod djece s obostranim teškim zamjedbenim gubitkom sluha koja koriste slušno pomagalo i čujuće djece. Aerodinamika je ispitana mjerenjem vitalnog kapaciteta, protoka zraka, maksimalnog trajanja fonacije i omjerom abdukcija-addukcija glasnica. Autori su otkrili značajne razlike između svih navedenih parametara osim protoka zraka, čime zaključuju da su pluća djece s oštećenjem sluha fiziološki zdrava i funkcionalna za opskrbu protokom zraka koji je potreban za proizvodnju govora, ali daje potreba volumena pluća ograničena te da su upravljanje dovodom zraka i kontrola larinksatijekom fonacije – lošiji.

Drugi potencijalni čimbenik koji utječe na razumljivost glasa i govora kod osoba s oštećenjem sluha je artikulacijska točnost suglasnika i samoglasnika (Van Lierde, Vinck, Baudonck, De Vel i Dhooge 2005). Coelho, Medved i Brasolotto (2015) navode da je „važno uzeti u obzir da su glas i artikulacija blisko povezani jer se zvuk koji dolazi iz larinksa transformira u riječi svojom kombinacijom s dinamičkim i statičkim strukturama gornjeg vokalnog trakta“. Adekvatna produkcija samoglasnika ovisi o obliku usana i položaju jezika, a na nju utječe i

nedostatak slušnog monitoriranja glasa (Baudonck, Van Lierde, Dhooge i Corthals, 2011). Fonetski repertoar suglasnika osoba s oštećenjem sluha može biti ugrožen distorzijama, supstitucijama i omisijama, a mogu se dogoditi i neki fonološki ispadi poput omisije finalnih suglasnika, redukcije klastera, te zaustavljanja i obezvučavanja, osobito zvučnih konsonanata i visokofrekventnih frikativa (Baudonck, Van Lierde, D'haeseleer i Dhooge, 2011). Prema Van Lierde i sur (2005), artikulaciju osoba s oštećenjem sluha karakterizira odsutnost nekih frikativa, prisutnost distorzija i fonoloških poremećaja.

## 2. PROBLEMSKA PITANJA I CILJ RADA

Oštećenje sluha može uzrokovati teškoće u svim aspektima života, ali najveći naglasak u literaturi stavlja se na komunikaciju. Poteškoće u komunikaciji očekivano mogu dovesti do smanjenja kvalitete života, a s povećanjem očekivanog životnog vijeka i sve većim brojem osoba treće životne dobi, sve veći broj pojedinaca bit će prisiljen trpjeti gubitak sluha tijekom starijih godina (Dalton i sur., 2003).

Glas je temeljna komponenta govora, najčećeg komunikacijskog sredstva. Smatra se dijelom identiteta osobe s obzirom da je glas individualan i odgovara osobi po spolu, dobi, psihosocijalnim faktorima te fizićkim karakteristikama (Lavan, Burton, Scott i McGettigan, 2019). U širem, lingvistićkom smislu, uz pomoć glasa prenose se ideje, poruke i misli, dok u užem, paralingvistićkom smislu, naćin na koji se poruka prenosi daje joj znaćenje. S obzirom na njegovu važnost, postavljaju se pitanja odnosa kohlearne implantacije, kao standardne (re)habilitacijske opcije za odrasle osobe s oštećenjem sluha, i akustićke kvalitete glasa korisnika tih uređaja, zatim osviještenosti utjecaja kvalitete glasa na komunikaciju među odraslim korisnicima kohlearnih implantanata, te doprinosa objektivne i subjektivne kvalitete njihovog glasa doživljaju uspješnosti komunikacije.

S obzirom na postavljena problemska pitanja, cilj ovog preglednog rada je: a) dati uvid u akustićke parametre glasa odraslih korisnika kohlearnog implantata i b) utvrditi kako odrasle osobe koje koriste kohlearni implantat doživljavaju svoj glas. Svrha rada je steći uvid u perspektivu odraslih korisnika kohlearnih implantata o kvaliteti njihovog glasa i njegovoj ulozi u uspješnosti komunikacije, što je klinićki bitno jer je izravno povezano s njihovim (re)habilitacijskim potrebama, odnosno planiranjem (re)habilitacije i savjetovanja.

Sukladno cilju i svrsi rada, formirana je pretpostavka da će se akustićki parametri glasa kohlearnom implantacijom približiti standardu te da će samopercepcija glasa odraslih korisnika tih uređaja biti povoljnija, nego prije implantacije.

### **3. PREGLED DOSADAŠNJIH SPOZNAJA O GLASU IMPLANTIRANIH OSOBA**

Kohlearni implantat je elektronički uređaj koji izravno stimulira slušni živac kroz male elektrode koje su u pužnici, što omogućuje živcu da prenosi signal do mozga, čime ovaj uređaj zapravo djelomično zamjenjuje funkciju slušnih stanica unutarnjeg uha (Lenartz, 2018). Teško nagluhe i gluhe osoba kohlearnom implantacijom stječu mogućnost recepcije čitavog frekvencijskog spektra govornih zvukova (Zwolan, 2008), odnosno frekvencija presudnih za percepciju govornog jezika (Driver i Jiang, 2017). Kohlearni implantat sastoji se od unutarnjeg niza kohlearnih elektroda s prijemnikom, vanjskog govornog procesora i odašiljača. Vanjski procesor prima zvuk i pretvara ga u električne impulse koji su šalju prijemniku i usmjeravaju na više elektroda unutar pužnice. Električni impulsi koji dopiru do pužnice depolariziraju kohlearna živčana vlakna kako bi se recipirao podražaj.

Za pacijente koji nemaju koristi od slušnih pomagala zbog stupnja oštećenja i/ili loše sposobnosti diskriminacije govora, kohlearni implantati standardna su opcija, ukoliko ne postoje predoperativne kontraindikacije (Phan i sur., 2016). S obzirom da se tehnologija kohlearnih implatata razvija brzo, događa se i stalno povećanje broja istraživanja koja pokazuju pozitivne ishode kohlearne implantacije, a kriteriji za njezino obavljanje se mijenjaju. Trenutni kandidati uključuju osobe s obostranim teškim zamjedbenim oštećenjem sluha, osobe s boljim ostacima sluha, jednostranom gluhoćom i asimetričnim oštećenjem sluha te osobe s atipičnom etiologijom gubitka sluha (npr. vestibularni švanom, Ménièreova bolest, otoskleroza) (Varadarjan, Sydlowski, Li, Anne i Adunka, 2020).

Heterogenost populacije odraslih osoba sa kohlearnim implantatom čini njezine ishode ovisnima o različitim čimbenicima, a najupečatljiviji među njima su vrijeme nastanka oštećenja sluha – pre- ili postlingvalno – te trajanje oštećenja sluha prije implantacije. Općenito se može reći da je ustanovljeno kako kohlearni implantati u populaciji osoba s postlingvalnim oštećenjem sluha poboljšavaju percepciju govora, komunikaciju općenito i time socijalno i psihološko funkcioniranje, odnosno kvalitetu života (Cunningham i Tucci, 2017), bez obzira na dob u trenutku implantacije (Mosnier i sur., 2014). No, slušni, jezični i govorni ishodi u populaciji korisnika kohlearnih implantata s prelingvalnim oštećenjem sluha su znatno varijabilniji. Probir na prirodno oštećenje sluha, koji je doveo do mogućnosti vrlo rane intervencije u vidu rane dodjele slušnih pomagala te moguće rane kohlearne implantacije



zaista daje odličnu priliku za ranu stimulaciju slušnih centara u mozgu (Wieringen i Wouters, 2015). U usporedbi s klasičnim slušnim pomagalicama, moderni kohlearni implantati djeci s teškim oštećenjima sluha višestruko pojačavaju potencijal za učenje govornog jezika, odnosno uspješnu komunikaciju s čujućom okolinom te funkcionalan život u čujućem svijetu (Pisoni, Kronenberger, Harris i Moberly, 2017). Međutim, činjenica jest da su ishodi kohlearne implantacije nepredvidivi u populaciji osoba s prelingvalnim oštećenjem sluha – u rasponu od receptivnih i ekspresivnih jezičnih i govornih vještina nedostatnih za učinkovitu komunikaciju govorom, do istih vještina na razini čujućih parova (Lin i Nipako, 2006; Peterson, Pisoni i Miyamoto 2010; Boons, Brokx i Frijns, 2012; Driver i Jiang, 2017; Pisoni i sur., 2017), s procijenjenim omjerom od 50 % (Wieringen i Wouters, 2015).

U obje spomenute populacije analizirani su mnogi aspekti govorne komunikacije pa tako i kvaliteta glasa. Objektivne analize kvalitete glasa provedene su u više vremenskih točaka, većinom uz kontrolnu skupinu. Metodologija je većinom uključivala računalnu numeričku i grafičku analizu zadržane fonacije glasa /a/, čitanje rečenica i uzorak spontanog govora. Subjektivne analize temeljene su na perceptivnim procjenama i znatno više samoprocjenama glasa pomoću upitnika, i to pogotovo kod odraslih osoba sa kohlearnim implantatom, no u usporedbi s objektivnim analizama one su – rijetke. Procjena ishoda implantacije većinom je usmjerena na slušne sposobnosti, a budući da vokalna komunikacija, uz percepciju glasa, zahtijeva i preciznu i točnu govornu produkciju, moguće je uočiti nesrazmjer između velikog tijela istraživanja perceptivnih, naspram govornih sposobnosti odraslih osoba sa kohlearnim implantatom (Gautam, Naples i Eliades, 2019).

### **3.1. PREGLED SUSTAVNIH ISTRAŽIVANJA**

Gautam i sur. (2019) su pregledom publikacija koje raspravljaju ishode govora i glasa nakon kohlearne implantacije zaključili da nedavna istraživanja pokazuju da korekcija čujnosti kohlearnom implantacijom ima značajne pozitivne učinke na mnoge aspekte proizvodnje glasa i govora. To uključuje promjene u visini i glasnoći glasa, kao i poboljšanu kontrolu izgovora glasova. Unatoč tim promjenama, međutim, govor mnogih korisnika kohlearnih implantata i dalje nije podjednak govoru osoba koje čuju. Takve razlike vjerojatno proizlaze iz osiromašene slušne povratne informacije koju daje kohlearni implantat. Velika individualna

varijabilnost u visini i glasnoći povezuje se s naglim promjenama u slušnoj povratnoj informaciji (primjerice, uključivanje ili isključivanje kohlearnog implantata), no kontrola visine i glasnoće glasa se nakon dužeg korištenja kohlearnog implantata stabilizira pa su i istraživački dokazi o pozitivnom njegovom utjecaju na kvalitetu glasa – konzistentniji. Istraživanja pokazuju poboljšanja visine i glasnoće čak i dva tjedna nakon implantacije kod osoba sa postlingvalnim, ali i kod osoba sa prelingvalnim oštećenjem sluha, i nastavljaju se poboljšavati najmanje 6 mjeseci nakon implantacije (Evans i Deliyski, 2007). Jitter i shimmer, parametri koji određuju stabilnost glasa, također se smanjuju (Hocevar- Boltezar i sur. 2006; Wang i sur., 2017, Eskander i sur., 2014), ali ta dva parametra su uglavnom ispitivana kod malog broja djece, pa se postavlja pitanje generalizacije rezultata (Gautam i sur., 2019)

Recentan sustavan pregled literature o perceptivnim i akustičkim karakteristikama glasa odraslih osoba koje koriste kohlearni implantat u različitim bazama podataka (Virtual Health Library, Web of Science, Science Direct, SciELO, SCOPUS) daju Medved i sur. (2020). Prema tom pregledu, jedini parametar koji pokazuje konzistentno poboljšanje bila je fundamentalna frekvencija, budući da je u svim istraživanjima nakon implantacije bila u okviru koji odgovara normalnim vrijednostima za dob i spol; ostali parametri (jitter, shimmer, HNR, formanti) imali su varijabilne rezultate i bilo je teško odrediti koliko je kohlearna implantacija na njih utjecala.

### **3.2. AKUSTIČKA ANALIZA GLASA**

Akustička analiza je instrumentalna procjena procjena koja nadopunjuje procjenu slušne percepcije i pruža objektivne informacije o glasu (Texeira i Fernandes, 2015). Ova procjena povećava razumijevanje ponašanja glasa i omogućuje dokumentiranje ishoda liječenja (Coelho, Medved i Brasolotto, 2015).

Akustičkom analizom moguće je jasno prikazati koji se od fizikalnih parametara glasa mijenjaju uslijed promjene čujnosti ugradnjom kohlearnog implantata. S obzirom da kohlearni implantat ne obnavlja sluh u potpunosti, ne očekuje se da u svakom slučaju rezultira kvalitetom glasa sukladnom dobi i spolu, no taj uređaj ipak pruža slušnu povratnu informaciju

u domeni vremena, intenziteta i frekvencije pa se, stoga, očekuje da će izazvati pozitivne promjene u vokalnim i govornim vještinama (Hocevar-Boltezar, Boltezar i Zargi 2008).

Karakteristike glasa osoba s oštećenjem sluha mogu se vizualno izmjeriti ili brojčano dokazati u akustičnoj analizi i ovise o anatomiji i fiziologiji cijelog vokalnog trakta. Na primjer, na fundamentalnu frekvenciju može utjecati duljina, elongacija, masa i napetost glasnica, a integrirana je s subglotičkim tlakom (Zhang, 2016). Veća vrijednost fundamentalne frekvencije opažena kod osoba s oštećenjem sluha povezana je s većom napetošću tijekom vokalne produkcije kao rezultat potrage za kinestetičkim monitoriranjem (Lejska, 2004).

Alternacije govora i glasa kod osoba s prelingvalnim oštećenjem sluha izraženije su od onih koje se javljaju kod osoba s postlingvalnim oštećenjem sluha. Pojedinci s prelingvalnim oštećenjem sluha nisu imali slušno iskustvo i zrelu neuromišićnu kontrolu fonacije, kojom se koordinira mišiće uključene u vokalnu produkciju, pogodujući odgovarajućoj proizvodnji glasa, fonema i artikulacije (Hinderink i sur., 1995).

Ubrig i sur. (2018) provjeravali su dolazi li do promjena perceptivnih i akustičkih parametara glasa odraslih osoba s prelingvalnim oštećenjem sluha koje koriste kohlearni implantat, i to nakon vokalne rehabilitacije. U istraživanju je sudjelovalo dvadeset odraslih osoba s teškim prelingvalnim obostranim zamjedbenim oštećenjem sluha, kasno implantiranih, koji su prethodno koristili slušno pomagalo, s pragom sluha nakon kohlearne implantacije većim od 40 dB HL i tečnih u govornom jeziku, čija se dob kretala od 17 do 48 godina. Svi sudionici imali su uredne rezultate u laringoskopiji. Pojedinci su nasumično raspoređeni u dvije skupine izjednačene po prosječnoj dobi i trajanju deprivacije sluha prije kohlearne implantacije: eksperimentalnu (grupa 1) i kontrolnu (grupa 2) skupinu, obje s po pet muškaraca i pet žena. Ispitanici iz prve grupe podvrgnuti su protokolu vokalne terapije koji je uključivao 12 individualnih tretmana s istim kliničarom. Grupa 2 prošla je samo vokalno snimanje. Snimanje se provelo prije i nakon sudjelovanja u terapijskom protokolu za grupu 1 i nakon istog razdoblja, 3 mjeseca kasnije, bez ikakve intervencije, za grupu 2. Za snimani uzorak koristile su se rečenice iz CAPE-V protokola te fonacija produženog samoglasnika /a/ tri puta. Auditivno-perceptivnu analizu glasova provela su tri procjenjivača, a u akustičkoj analizi korišten je program Praat (Boersma, 2001). Auditivno-perceptivna analiza je pokazala da grupa 1 pokazuje statistički značajno smanjenje u sveukupnom stanju glasa, vokalnoj

nestabilnosti i stupnju rezonancije, čime se naglašava važnost vokalne terapije u ovoj populaciji. Također, u grupi 1 nisu pronađene statistički značajne razlike u modifikaciji akustičkih parametara. Grupa 2 nije pokazala značajne promjene u analiziranim parametrima.

Wang i sur. (2020) uspoređivali su akustičke i aerodinamičke parametre 17 mladih odraslih muškaraca s prelingvalnim oštećenjem sluha, koji koriste kohlearni implantat, s kontrolnom skupinom od 17 vršnjaka bez kohlearnog implantata. Ispitanici su implantirani u dobi od 18 do 24 godine te nisu imali povijest laringalnih poremećaja. Svi su ispitanici bili korisnici kohlearnog implantata duže od godinu dana. Akustička analiza provedena je u Multi-Dimensional Voice programu (MDVP Kay Elemetrics Corporation). Ispitanici su fonirali glas /a/ stabilnom visinom i intenzitetom 3 sekunde. Aerodinamička analiza provedena je produkcijom seta od 8 slogova /pa/ te foniranjem glasa /a/ na ugodnoj visini i intenzitetu što je duže moguće, tri puta, a vokalni uzorci analizirani su aerodinamičkim sustavom (model 6600, KayPENTAX). Rezultati su pokazali da su fundamentalna frekvencija i jitter u eksperimentalnoj skupini bili veći od vrijednosti navedenih parametara u kontrolnoj skupini te su razlike bile statistički značajne. Vrijednosti fundamentalne frekvencije eksperimentalne skupine dosezale su vrijednosti koje odgovaraju rasponu fundamentalne frekvencije žena. Razlika u srednjim vrijednostima HNR omjera i shimmera između eksperimentalne i kontrolne skupine nije bila statistički značajna. Subglotički tlak i aerodinamička snaga eksperimentalne skupine bili su značajno veći od onih kontrolne skupine, dok je maksimalno vrijeme fonacije bilo znatno kraće, čime autori zaključuju da zbog prekomjernog stresa na mišićima larinksa i ograničene respiratorno-fono-artikulacijske koordinacije, mladići u eksperimentalnoj skupini imaju lošu kontrolu glasa i koordinaciju mišića te su pokazali prekomjeran laringalni otpor.

Evans i Deliyiski (2007) su akustičkom analizom istraživali promjene u glasu i govoru za tri prelingvalno gluha muškarca prije i nakon kohlearne implantacije tijekom 6 mjeseci. Jedan ispitanik je komunicirao znakovnim jezikom, a dva govorom. Sva tri sudionika istraživanja koristili su kohlearni implantat Nucleus 24. U istraživanju je sudjelovala i kontrolna skupina koja je odgovorala ekperimentalnoj po dobi koja je snimana u istim vremenskim točkama. Za akustičku analizu koristili su se The Computerized Speech Lab (CSL) koji je uključivao programe Motor Speech Profile (MSP) i Multidimensional Voice Program te Nasometer II (Kay Elemetrics Corporation). Ispitanici su snimani odmah nakon kohlearne implantacije te s vremenskim vremenskom razmakom od dva tjedana te jednog, tri i šest mjeseci nakon aktivacije uređaja. Ispitanici su fonirali glas /a/ tri puta, a sniman je i uzorak govora čitanja te

spontani govor. Karakteristike proizvodnje samoglasnika mjerene su određivanjem prvog formanta (F1) i drugog formanta (F2) samoglasnika u različitim kontekstima, veličine varijacije F2 i brzine varijacije F2. Za usporedbu su dobivena perceptivna mjerenja visine tona, varijabilnosti visine tona, varijacije jačine zvuka, brzine govora i intonacije. Rezultati su pokazali obrasce promjene nekih parametara, dok su postojale značajne varijacije među ispitanicima. Svi su sudionici pokazali smanjenje fundamentalne frekvencije u barem jednom kontekstu (osoba koja je komunicirala znakovnim jezikom pokazala je smanjenje fundamentalne frekvencije tijekom fonacije samoglasnika, dok su ostala dva ispitanika pokazala smanjenu fundamentalnu frekvenciju u kontekstu povezanog govora) i pokazali su promjenu nazalnosti prema normi, u usporedbi s njihovom kontrolnom skupinom. Za dva sudionika koji su komunicirali govorom procijenjeno je da proizvode samoglasnike s prosjekom od 97,2% točnosti, dok je korisnik znakovnog jezika pokazao nizak postotak točnosti u produkciji samoglasnika.

Gubitkom sluha u odrasloj dobi pojedinčeva sposobnost praćenja i provjere govorne produkcije je ugrožena. Akustički ciljevi govorne produkcije i robusne rutine koje ih postižu ostaju uglavnom netaknuti, što doprinosi značajnom očuvanju razumljivog govora (Vick i sur., 2001). Bez obzira na to, govor se pogoršava zbog nemogućnosti govornikove provjere proizvodnje akustičkih ciljeva pa nakon implantacije dolazi do globalnih subfonemskih promjena s obzirom da se obnavlja slušna povratna informacija, a njihova je priroda ovisna o brojnim čimbenicima, uključujući vrste promjena koje su se ranije dogodile u produkciji govora kao posljedica oštećenja sluha, točnost „električnog“ sluha i sposobnosti govornika da koristi informacije u tom degradiranom signalu (Vick i sur., 2001).

Kishon-Rabin, Taitelbaum, Tobin i Hildesheimer (1999) naglasili su da se većina istraživanja učinaka slušne povratne informacije nakon kohlearne implantacije opisuje prema normama engleskog jezika pa su navedeni autori istraživali njezine učinke na produkciju govora kod pet govornika hebrejskog jezika (4 muškarca i 1 žena, prosječna dob 50.2 godine) s postlingvalnim oštećenjem sluha, koji su implantirani 22-kanalnim Nucleus uređajem. Promjene u produkciji govora mjerene su prije kohlearne implantacije te jedan mjesec, pola godine i dvije godine nakon implantacije. Analizirani uzorci glasa i govora obuhvatili su 50 monosilabičkih minimalnih parova riječi koje su sadržavale 17 konsonanata i 5 samoglasnika

hebrejskog jezika, 12 svakodnevnih rečenica (7 deklarativa, tri pitanja i 2 imperativa) te spontani govor. Akustička mjerenja uključivala su: prvi (F1) i drugi formant (F2) samoglasnika u izoliranoj riječi te u riječi u kontekstu rečenice, vrijeme uključivanja glasnica (VOT), spektralni raspon sibilanata, fundamentalnu frekvenciju (F0) izolirane riječi i riječi u kontekstu rečenice, trajanje riječi i rečenice. Perceptivne ocjene kvalitete govora dalo je deset slušatelja. Značajne promjene nakon kohlearne implantacije uključivale su: smanjenje F0, trajanja riječi i rečenice te vrijednosti F1 za vokale /i,a,e/, te povećanje vremena uključivanja glasnica za okluzive (s pozitivnih na negativne vrijednosti) i spektralnog raspona frikativa. Značajne promjene događale su se do druge godine korištenja implantata kada je većina izmjerenih vrijednosti bila unutar normi za hebrejske okluzive. Utvrđeno je da su slušatelji osjetljivi na akustičke promjene u govoru od pre-implantacije do svih mjernih točaka nakon implantacije. Rezultati ukazuju da kada se sluh obnovi u postlingvalno gluhih osoba, kalibracija govora nije trenutna i događa se s vremenom, ovisno o dobi u kojoj je nastupio gubitak sluha, trajanju gluhoće i sposobnosti percepcije. Rezultati se također slažu s hipotezom da su uočene promjene nekih parametara govora neizravna posljedica namjernih promjena drugih artikulacijskih parametara.

Hassan i sur. (2012) željeli su proučiti učinak kohlearne implantacije praćene postoperativnom rehabilitacijom na govornu akustiku odraslih osoba sa postlingvalnim oštećenjem sluha s različitim trajanjem gubitka sluha. Ispitano je 35 odraslih osoba (prosječne dobi od 36 godina) s oštećenjem sluha, koje su podvrgnute kohlearnoj implantaciji. Ispitanici su podijeljeni u dvije skupine prema trajanju gubitka sluha. Grupa A uključivala je 17 ispitanika (10 muškaraca i 7 žena) čije je trajanje oštećenja sluha bilo kraće od 6 godina, a Grupa B je uključivala 18 ispitanika (11 muškaraca i 7 žena) s trajanjem oštećenja sluha dužim od 6 godina. Svi ispitanici imali su bilateralno teško zamjedbeno oštećenje sluha i bili su implantirani uređajem Nucleus 24. Svaka je skupina dalje podijeljena u dvije podskupine u odnosu na (ne)primanje rehabilitacije slušanja. Ispitanici su procijenjeni opsežnim protokolom prije operacije, 3 mjeseca nakon operacije neposredno prije početka rehabilitacije i 9 mjeseci nakon operacije i nakon 6 mjeseci rehabilitacije. Korištenjem MDVP programa, napravljene su usporedbe između svake podskupine ispitanika i saudijske baze podataka standardnih MDVP vrijednosti, te između podskupina ispitanika. Većina ispitanika u dvije skupine imalo je značajno poboljšanje MDVP parametara nakon implantacije, posebice vrijednosti fundamentalne frekvencije i jittersa koji su se značajno smanjili i bez rehabilitacije. Nadalje, značajno odstupajući MDVP parametri su zabilježeni u skupini s dužim trajanjem

oštećenja sluha. Ispitanici koji su primili rehabilitaciju imali su značajnije poboljšanje akustičkih parametara glasa u odnosu na one koji nisu prošli rehabilitaciju. Zaključno, autori navode da kohlearna implantacija poboljšava slušnu kontrolu vokalne produkcije odraslih osoba s postlingvalnim oštećenjem sluha, osobito trenutnu kontrolu visine i glasnoće, što se odražava na dugotrajne akustičke parametre glasa. Također, autori naglašavaju da kohlearna implantacija u ranoj fazi gubitka sluha daje bolje rezultate kontrole glasa, osobito ako su nadopunjeni rehabilitacijom slušanja.

Ubrig i sur. (2018) su ispitivali akustičke parametre odraslih osoba sa postlingvalnim oštećenjem sluha prije implantacije i nakon 6 do 9 mjeseci korištenja kohlearnog implantata. U longitudinalnom ispitivanju je sudjelovalo 20 muškaraca i 20 žena s postlingvalnim oštećenjem sluha, a kako bi se izbjeglo da se promjene vokalnih karakteristika pripisuju snimanjima u različitim danima i različitim trenucima, regrutirano je 6 muškaraca i 6 žena s postlingvalnim oštećenjem sluha koje su odgovarale eksperimentalnoj skupini po karakteristikama, ali nisu imale kohlearni implantat. Sudionici su u svrhu akustičke analize maksimalno fonirali glas /a, čitali 6 rečenica iz CAPE-V protokola adaptiranog na portugalski jezik, te čitali odlomak teksta. Sudionici nisu bili uključeni u vokalnu terapiju nakon implantacije. Tri vokalna profesionalca koja su prošla trening o protokolu i njegovoj svrsi procjenjivala su snimljene glasove koristeći CAPE-V protokol procjene. Akustička analiza provodila se u programu PRAAT. Perceptivna analiza glasa korisnika kohlearnog implantata pokazala je statistički značajne promjene u općoj jakosti poremećaja, glasnoći, napetosti i hrapavosti glasa nakon 6 mjeseci korištenja. Akustičkom analizom pronađeno je statistički značajno smanjenje vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških ispitanika i varijabilnosti fundamentalne frekvencije kod obje skupine. Kontrolna skupina nije pokazala statistički značajne promjene u većini parametara, osim u visini i fundamentalnoj frekvenciji (i to samo kod ženskih ispitanika). Usporedbom varijacije rezultata između grupa nisu pronađene statistički značajne razlike, osim u varijabilnosti fundamentalne frekvencije muških ispitanika.

U istraživanjima se uglavnom ispituje vokalna produkcija koja traje par sekundi ili minutu i na osnovu tih produkcija donose se općeniti zaključci o kvaliteti glasa. Uz to, korelacija akustičkih parametara i rezultata dobivenih na upitniku samoprocjene su rijetka. Jedno takvo istraživanje, koje ispituje vokalnu produkciju tijekom prosječnog dana odraslih osoba s kohlearnim implantatom, je istraživanje Mozzanica, Schindlera, Iacone i Ottaviana iz 2019. godine. Ovi autori koristili su novu tehnologiju – Ambulatory Phonation Monitoring (APM,

KayPENTAX) – kako bi izmjerili prosječno vrijeme fonacije i intenzitet glasa prije i nakon implantacije te povezali dobivene rezultate sa samopercepcijom glasa i promjenama na kvalitetu života. APM koristi prijenosnu vokalnu dozimetriju sastavljenu od akcelerometra postavljenog duž prednjeg vrata koji mjeri vibracije glasnica kroz tkivo vrata i pretvara ih u razinu zvučnog pritiska govora (SPL). Ovako izmjerena fonacija pokazala se relativno neosjetljivom na okolne zvukove. Osim toga, dozimetrija omogućuje kvantificiranje svih vrsta stvaranja zvuka, prepoznajući tako voljni glas iz drugih ponašanja, kao što su pročišćavanje grla ili kašalj. Štoviše, bilježi samo količinu izraženog glasa, ali ne i stvarni sadržaj govora, olakšavajući kvantifikaciju bez ugrožavanja privatnosti. Osim toga, ispitivali su i odnos AMP rezultata i mjera upitnika o kvaliteti života. U istraživanju je sudjelovalo 8 žena i 4 muškarca s postlingvalnim obostranim oštećenjem sluha, korisnika kohlearnog implantata. Svaki sudionik je procijenjen prije implantacije i 6 mjeseci nakon implantacije na način da je čitav dan nosio APM, a mjere kvalitete života ispitane su korištenjem upitnika the Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire (I-NCIQ) ( Hinderink Krabbe i van den Broek, 2000) u istim vremenskim točkama. I-NCIQ je upitnik za samoocjenjivanje sastavljen od šest različitih poddomena: osnovna percepcija zvuka, napredna percepcija zvuka, produkcija govora, samopoštovanje, ograničenja aktivnosti i društvene interakcije. Odgovori na upitnik dati su na Likertovoj ljestvici od 5 bodova, s ocjenama u rasponu od 0 do 100 za svaku poddomenu, a viši rezultati znače bolju kvalitetu života. Rezultati APM-a su pokazali da dolazi do značajnog smanjenja intenziteta glasa i povećanja vremena fonacije tijekom dana nakon kohlearne implantacije, te autori pretpostavljaju da su osobe čiji je glas analiziran sudjelovale u više dnevnih aktivnosti koje uključuju govor jer su bili samopouzdaniji tijekom konverzacija s drugim osobama. Također, pronađena su statistički značajna poboljšanja u rezultatima I-NCIQ upitnika 6 mjeseci nakon implantacije, kao i statistički značajna korelacija između APM parametara i rezultata upitnika o kvaliteti života, što je objašnjeno pozitivnim djelovanjem poboljšane čujnosti i na kvalitetu života, i na vokalnu produkciju. Autori naglašavaju da ta korelacija može imati značajnu ulogu u planiranju terapije te savjetovanju prije i nakon implantacije.

Najčešći zadatak kojim se ispituju akustički parametri implantiranih osoba je produžena fonacija vokala /a/. Međutim, iako rezultati fonacije mogu biti informativni o tome kako su povezane percepcija i produkcija osoba sa kohlearnim implantatom, postavlja se pitanje kao se ti rezultati mogu primijeniti u stvarnim vokalnim produkcijama. Abbs, Aronoff, Kirchner, O'Brien i Harmon (2020) su istraživali odnos vokalne kontrole tijekom fonacije i vokalne



kontrole tijekom pjevanja. U istraživanju je sudjelovalo 10 obostrano kohlearno implantiranih osoba s postlingvalnim oštećenjem sluha, koje su fonirale glas /a/ i pjevale pjesmu „Happy birthday“, s obzirom da je to pjesma s kojom su svi ispitanici upoznati. Rezultati su otkrili da je varijabilnost fundamentalne frekvencije tijekom produžene fonacije glasa /a/ statistički značajno povezana s varijabilnošću fundamentalne frekvencije tijekom pjevanja. Iako postoji korelacija, varijabilnost fundamentalne frekvencije je bila veća u zadacima pjevanja, s obzirom da u tom zadatku fokus nije na kontinuiranoj fundamentalnoj frekvenciji, već na prijelazu na odgovarajuću frekvenciju. Autori zaključuju da zadatak produžene fonacije glasa /a/ možda može precijeniti analizu vokalne kontrole.

Zamani (2021) je ispitivao 48 odraslih jednostranih korisnika kohlearnih implantata kojima je perzijski jezik materinski i usporedio ih je s 50 govornika bez oštećenja sluha. Svi korisnici kohlearnog implantata su ispunili tri faze uzorkovanja govora, uključujući govor s uključenim uređajem, bez uključenog uređaja (razdoblje od 5 sati) i još jednom sa uključenim uređajem. Za obje skupine procijenjena je njihova fundamentalna frekvencija, jitter, shimmer, HNR, hipernazalnost i postotak razumljivosti govora. Rezultati su otkrili da su uvjeti uključivanja/isključivanja kohlearnog implantata značajno promijenili vrijednosti F0, shimmera, HNR omjera i hipernazalnosti kohlearno implantiranih sudionika. Međutim, između eksperimentalne i kontrolne skupine nisu primijećene statističke razlike u jitteru i postotku razumljivosti govora.

### **3.3. PREGLED ISTRAŽIVANJA USMJERENIH NA SPECIFIČNE AKUSTIČKE PARAMETRE**

Određena istraživanja glasa odraslih osoba koje koriste kohlearni implantat usmjerena su na specifične akustičke parametre, kako bi se provjerilo je li specifični akustički parametar potencijalna učinkovita mjera za ispitivanje utjecaja kohlearne implantacije na kvalitetu glasa.

Dalgic (2014) je ispitivao vrijednosti vremena oključivanja glasnica (VOT) za turske okluzive kod 15 odraslih muškaraca i 11 odraslih žena s kohlearnim implantatom, u dobi između 18 i 48 godina. Svi sudionici istraživanja imali su oštećenje sluha najmanje 10 godina prije imlantacije. Sudionici su bili podijeljeni u dvije grupe kako bi se utvrdio utjecaj kohlearne

implantacije i sekvencijalne rehabilitacije na vrijednosti VOT-a: prva grupa (7 muškaraca i 6 žena) je koristila kohlearni implantat manje od 4 godine, a druga (8 muškaraca i 5 žena) više od 4 godine. Svaki sudionik je izgovarao 6 glasova (/p/, /t/, /k/, /b/, /d/ i /g/) u kombinaciji s osam turskih samoglasnika. Za snimanje i analizu korišten je program Multi-Speech (Kay Elemetrics). Pronađene su statistički značajne razlike između dvije grupe za određene slogove i u muškaraca i u žena, ali usporedba vrijednosti VOT-a u istraživanju s prosječnim VOT vrijednostima u turskom jeziku je pokazala da VOT vrijednosti osoba koje koriste kohlearni implantat ne dosežu prosječne vrijednosti odraslih čujućih osoba. Navedeni rezultati akustičke analize indiciraju da VOT može biti učinkovita mjera za ispitivanje učinka kohlearne implantacije na artikulacijsku točnost.

Roman, Canévet, Lorenzi, Triglia i Liégeois-Chauvel (2004) su uspoređivali diskriminaciju okluziva 7 osoba (proječna dob 52 godine) s postlingvalnim oštećenjem sluha, koje koriste kohlearni implantat na jednom uhu te 8 čujućih osoba (prosječna dob 42 godine). S obzirom da se dosadašnjim istraživanjima pokazalo da lijeva kortikalna slušna područja igraju dominantnu ulogu u enkodiranju temporalnih akustičkih elemenata govornih signala kao što je VOT, pretpostavlja se da će osobe implantirane na lijevom uhu pokazati manje uspješnu diskriminaciju okluziva, nego osobe implantirane na desnom uhu, stoga je cilj ovog istraživanja bio ispitati utjecaj strane implantacije na enkodiranje VOT-a i ispitati odnos enkodiranja VOT-a i sposobnosti diskriminacije zvučnih i bezvučnih okluziva. Mjerenja koja su se koristila su bihevioralna diskriminacija jednosložnih francuskih riječi /bain/ i /pain/ i niz elektrofizioloških snimanja (evocirani potencijali). Rezultati su pokazali da se oporavak slušne funkcije nakon kohlearne implantacije može objektivno procijeniti pomoću evociranih potencijala snimljenih u slobodnom polju. Prema dobivenim elektrofiziološkim i psihoakustičkim podacima, strana implantacije nije presudna za kortikalno kodiranje VOT-a i sposobnost diskriminacije suglasnika te su anomalije u kortikalnoj vremenskoj obradi kod korisnika kohlearnih implantata povezane sa sposobnostima diskriminacije suglasnika. Navedeno sugerira da bi se snimanje evociranih potencijala moglo koristiti u pedijatriji za dobivanje pouzdane mjere sposobnosti percepcije govora.

Lane i Perkell (2005) su istraživali kontrolu VOT-a kod osoba s postlingvalnim oštećenjem sluha koje koriste kohlearni implantat, uzimajući u obzir učinak uređaja na brzinu govora. Četiri osobe s postlingvalnim oštećenjem sluha su, u usporedi s odraslim čujućim osobama, prije implantacije imale kratak VOT, a nakon implantacije vrijednosti VOT-a u govoru čak tri osobe dosezale su vrijednosti čujućih govornika, čime autori zaključuju da su osobe s

postlingvalnim oštećenjem sluha s kohlearnim implantatom mijenjale mapiranje internih modela između artikulacijskih rutina i senzornih posljedica, kako bi fonemi koje produciraju što bliže odgovarali njihovim pohranjenim reprezentacijama, odnosno, njihovo prethodno slušno iskustvo utjecalo je na poboljšanje navedenog akustičkog parametra.

Langereis, Bosman, van Olphen i Smoorenburg (1997) ispitivali su utjecaj kohlearne implantacije na produkciju samoglasnika kod 20 nizozemskih korisnika kohlearnog implantata (8 muškaraca i 12 žena) s poslingvalnim oštećenjem sluha. Svi ispitanici koristili su implantat Nucleus 22, a trajanje oštećenja sluha variralo je od jedne do 47 godina. Njihov govor snimao se prije implantacije te u dvije vremenske točke: 3 mjeseca i 12 mjeseci nakon implantacije, u uvjetima uključenog i isključenog implantata. Frekvencije prvog i drugog formanta mjerile su se za 11 nizozemskih samoglasnika u kontekstu /h-samoglasnik-t/. Godinu dana nakon implantacije rezultati su pokazali povećanje raspona frekvencija prvog i drugog formanta i njihovo približavanje normativnim vrijednostima, što dokazuje poboljšanje produkcije fonološkog kontrasta između samoglasnika. Autori su izdvojili i dva individualna slučaja na osnovu trajanja gluhoće prije implantacije i vremena potrebnog za distinkciju govornih segmenata nakon implantacije. Jedan ispitanik je imao oštećenje sluha 40 godina prije implantacije i počeo je diskriminirati segmentalne aspekte govora nakon 7 mjeseci korištenja implantata, dok je trajanje gluhoće drugog ispitanika bilo 7 godina, a diskriminacija segmentalnih aspekata javila se već dva tjedna nakon implantacije, čime autori naglašavaju utjecaj trajanja gluhoće na akustičke parametre.

### **3.4. SAMOPROCJENA GLASA**

Perceptivna procjena glasa ključni je element za razumijevanje vokalne produkcije osoba te se smatra zlatnim standardom u dokumentaciji poremećaja glasa (Oates, 2009) . Iako je subjektivna i ovisi o iskustvu slušatelja, slušna percepcija glavni je parametar koji pokazuje ishod vokalne terapije i može se povezati sa svim procjenama. Percepcija pojedinca o glasu, kao i utjecaj poremećaja glasa na kvalitetu života, upotpunjuju percepciju kliničara u pogledu ozbiljnosti promjene.

Glas osoba s oštećenjem sluha perceptivno je okarakteriziran upotrebom nekoliko ljestvica (Coelho, Medved i Brasolotto, 2015): Voice Profile Analysis (Webb i sur., 2004), GRBAS (grade, roughness, breathiness, asthenia, strain) ljestvica (Yamaguchi, Shrivastav, Andrews i Niini, 2003), Prosody-Voice Screening Profile (Shriberg, Kwiatkowski i Rasmussen, 1990), Consensus Auditory-Perceptual Evaluation of Voice (CAPE-V) (Kempster, Gerratt, Abbott, Barkmeier-Kraemer i Hillman, 2009)., te vizualne analogne ljestvice specifičnih parametara, ali standardizirani test za procjenu glasa ove specifične populacije ne postoji.

Dosadašnja istraživanja pokazuju da karakteristike glasa pojedinaca s oštećenjem sluha mogu varirati ovisno o vrsti, ozbiljnosti i početku oštećenja sluha (Santos i sur., 2019). Glasovne promjene navedene u literaturi uključuju naprezanje, zadihanost, monotonost, nedostatak ritma, smanjeni intenzitet, neugodnu kvalitetu glasa, promuklost, vokalni umor, visoku visinu glasa, nisku intonaciju, glasnoća s pretjeranim varijacijama, neuravnoteženu rezonanciju, promijenjeno disanje, jaku glotalnu ataku i nerazumljivu artikulaciju (Coelho, Bevilacqua, Oliveira i Behlau, 2009).

Cysneiros, Leal, Lucena i Muniz (2016) proveli su sustavni pregled znanstvene literature koja proučava odnos vokalne produkcije i slušne percepcije korisnika kohlearnih implantata. Korištene baze podataka uključivale su Bireme, SciELO, Cochrane, Scopus i Web of Science, a korištene ključne riječi bile su glas, kohlearni implantat i auditivna percepcija. Odabrani su izvorni radovi objavljeni na engleskom, francuskom, španjolskom ili portugalskom koji se bave proučavanjem vokalne produkcije i slušne percepcije korisnika kohlearnih implantata i nije bilo ograničenja za godinu objavljivanja članaka. Odabrani članci analizirani su prema autoru, mjestu, godini pisanja i godini objavljivanja članka, kao i prema veličini uzorka, vrsti procjene vokalne produkcije i slušne percepcije te prema glavnim rezultatima/otkrićima i ocjeni preporuke/razini znanstvene dokazanosti. Rezultati ukazuju na postojanje pozitivnog odnosa između vokalne produkcije i slušne percepcije kod korisnika kohlearnih implantata, te ukazuju na to da vrijeme implantacije pozitivno utječe na ovaj odnos. Nijedno od odabranih istraživanja nije ocijenjeno na razini 1 znanstvenih dokaza ili stupnju preporuke A, što je povezano s metodološkim pristupom ove teme. Postoji veliki nedostatak publikacija koje se odnose na slušnu percepciju i produkcija govora kod korisnika kohlearnih implantata. Taj je jaz još veći kad je u pitanju odrasla populacija.

Santos i sur. (2019) istraživali su prisutnost simptoma vokalnih teškoća u 27 odraslih osoba u dobi od 19 do 57 godina koje koriste kohlearni implantat. Ispitanici su ispunjavali brazilsku

inačicu upitnika Voice Handicap Indeks (VHI, Jacobson i sur.,1997) te Voice Symptoms Scale (VoiSS) (Deary, Wilson, Carding i MacKenzie, 2003), a uz to su morali odgovoriti na dodatno pitanje u kojem su morali zaokružiti kako bi ocjenili svoj glas na skali 1-5. VHI je protokol samoprocjene koji mjeri kako poremećaji glasa utječu na život pojedinca. Sastoji se od 30 čestica koje uključuju tri podskale: funkcionalnu, fizičku i emocionalnu. Rezultat se izračunava jednostavnim zbrajanjem i može varirati od 0 do 120. Što je veći rezultat, to je veća teškoća. VoiSS donosi informacije o teškoćama u komunikaciji, faringalnim simptomima i psihosocijalnim teškoćama koje problemi sa glasom mogu uzrokovati u životu pojedinca. Sadrži 30 čestica podijeljenih u tri podskale: oštećenje (15 čestica), emocionalni odgovor (8 čestica) i fizički simptomi (7 čestica). Ovo je istraživanje potvrdilo prisutnost simptoma i nedostataka povezanih s glasom kod sudionika istraživanja, osobito u vezi s funkcionalnim problemima. Postoji pozitivna i umjerena korelacija između rezultata protokola za procjenu glasa i samoprocjene kvalitete glasa sudionika. Autori zaključuju da odrasle osobe s kohlearnim implantatima imaju malo samoprijavljenih nedostataka u vezi sa svojim glasom. Pažnju istraživača privukli su rezultati u vezi pitanja s upotrebom telefona u oba protokola. Za česticu „Imate li problema s telefonom?“ u VoiSS -u, dodajući ocjene „ponekad“, „većinu vremena“ i „cijelo vrijeme“, ukupno je dobiveno 66% pozitivnih odgovora. U protokolu VHI, dodajući ocjene „ponekad“, „gotovo uvijek“ i „uvijek“, 85,1% odgovora je bilo pozitivno. Iako su sudionici dobili upute da ne razmatraju probleme sa sluhom, ovo je pitanje imalo najviše ocjena, otkrivši da sudionici ovog istraživanja imaju poteškoća u komunikaciji telefonom jer slušatelj možda neće jasno razumjeti ono što se govori zbog odstupanja u produkciji glasa. Autori također naglašavaju da se, čak i uz upotrebu kohlearnog implantata, mora uzeti u obzir da neki korisnici, osobito osobe sa prelingvalnim oštećenjem sluha, možda neće primijetiti promjenu, jer su uvijek imali neadekvatan glasovni model.

Uz akustičku i aerodinamičku analizu spomenutu prije, Wang i sur. (2020) ispitivali su i percepciju glasa mladih kineskih muškaraca s oštećenjem sluha koji komuniciraju znakovnim jezikom i govorom, nakon provedene kohlearne implantacije. Svi sudionici ispunili su upitnik VHI-10 (verziju skraćenu na 10 čestica). Rezultat „znakovne“ skupine bio je značajno veći od onog u kontrolnoj skupini, indicirajući manje zadovoljstvo kvalitetom glasa. Nekoliko čestica ostvarilo je visok rezultat, uključujući čestice koje ispituju osjećaje vezane za glas (osjećaj naprezanja pri proizvodnji, osjećaj uznemirenosti i hendikepiranosti zbog kvalitete glasa). Također, tijekom praćenja autori su primijetili da čak i ako su neki sudionici postigli

učinkovitu slušnu kompenzaciju, nisu se usudili govoriti te su čak odbili sudjelovati u rehabilitaciji govora. Ti ispitanici su navikli komunicirati znakovnim jezikom i izgovaranje riječi smatrali su teškim, a neki su čak smatrali da je njihov glas vrlo čudan. Prema autorima, glas tih osoba utjecao je na samopouzdanje, što može dovesti do prekomjerne napetosti glasnica i slabog glasa.

Domingo Benito (2012) je prikupljao podatke o samopercepciji glasa 10 odraslih korisnika kohlearnog implnatata (nije navedena prosječna dob niti vrijeme nastanka oštećenja) pomoću VHI-10 upitnika. Prije implantacije, osobe su opisivale svoj glas kao „tih“ i „jedva primjetan“, a rezultati na VHI-10 upitniku su bili značajno veći (prosječni rezultat za funkcionalnu domenu je bio 10,5 od mogućih 16, fizička domena je imala 14,7 od mogućih 24, a emocionalna domena je pokazala najveći utjecaj sa 6,7 prosječnih bodova od mogućih 8). Nakon implantacije rezultati različitih domena su znajčno pali (3,1 za funkcionalnu, 3,7 za fizičku i 0,7 za emocionalnu), a autor navodi da je 9 od 10 ispitanika navelo važnost kvalitete glasa nakon implantacije te da je svih 10 promjene u svom glasu označilo kao pozitivne 6 mjeseci nakon implantacije, kada su svoj glas označili kao „normalan“.

#### **4. VOKALNI TRENING**

Slušna rehabilitacija ima za cilj omogućiti osobama s oštećenjem sluha razvoj slušnih sposobnosti i oralne komunikacije te zahtijeva aktivno sudjelovanje pojedinca (Stropahl, Besser i Launer, 2020). Međutim, budući da glasovne karakteristike osoba s oštećenjem sluha mogu uvelike ugroziti oralnu komunikaciju, glasovni trening je, uz rehabilitaciju slušanja, jezika i govora, bitan za postizanje standardne kvalitete glasa. I prelingvalno i postlingvalno oštećenje sluha u odraslih osoba treba obuhvatiti intervenciju za postizanje standardne kvalitete glasa i sprečavanje razvoja neodgovarajuće produkcije glasa. Brojni autori naglašavaju važnost vokalnog treninga za ovu populaciju, ali ne daju uvid u strukturu treninga i tehnike koje se u takvim treninzima koriste za populaciju osoba s oštećenjem sluha.

Jedini opisani pregled vokalnog treninga i njegov utjecaj na glas osobe s oštećenjem sluha u pregledanoj literaturi nude Coelho, Medved i Brasolotto (2015), opisujući program rehabilitacije govora i jezika nastavne bolnice Brasilia (Hospital Universitário de Brasília [HUB]) koja pruža liječenje djeci, adolescentima i odraslima s umjerenim do teškim

oštećenjem sluha, koji su korisnici slušnih pomagala i/ili kohlearnih implantata. Autorice navode da cilj terapije nadilazi percepciju govora. U terapijskom planu, glasovni trening smatra se elementom jednako važnim kao i slušni trening pa se stoga smatra dijelom opsežnog procesa rehabilitacije osoba s oštećenjem sluha. Vokalni trening obuhvaća mnoge pristupe: univerzalne metode koje mijenjaju kvalitetu glasa u cjelini i posebne tehnike koje se oslanjaju na snimanje larinksa i imaju za cilj rad s određenim skupinama mišića. Korištenjem različitih tehnika i vježbi moguće je modificirati glas djelujući na mišićnu aktivnost vokalnog trakta, poboljšati odnos tri podsustava glasovne produkcije (disanje, fonacija i rezonancija), te pokazati pacijentu brojne mogućnosti motoričkih prilagodbi proizvodnje glasa. Na temelju nalaza procjene glasa i snimanja larinksa, kad god je to moguće, kliničar može odabrati niz vokalnih vježbi opisanih u literaturi, kako bi se poboljšala pronađena vokalna odstupanja. Neke od vježbi predloženih za osobe s oštećenjem sluha su (Coelho, Medved i Brasolotto, 2015):

- produžavanje glasa / b /
- manualna cirkularna masaža povezana s emisijom samoglasnika i riječi
- emisija zatvorenih samoglasnika /o/ i /u/ dok se savija glava, kako bi se larinks našao u donjem položaju
- žvakanje
- vibracije usana

Prilagodba konvencionalne terapije glasa vrlo je korisna, osobito za osobe s teškim do umjerenim oštećenjem sluha, s obzirom da se trening ne bi trebao oslanjati isključivo na slušno monitoriranje. Među metodama koje se koriste za rehabilitaciju sluha je multisenzorna metoda koja koristi slušni kanal, vizualni kanal i taktilni/kinestetički znakovi (Sarwat, Bakara Bassiouny, Saleh i Saber, 2003). U klinici za glas upotreba vizualnih, kinestetičkih i proprioceptivnih znakova iznimno je korisna za razvoj parametara kao što su frekvencija i intenzitet (Behlau i. sur, 2005), što je posljedica činjenice da su vizualne i taktilne/kinetičke povratne informacije vokalnog aparata očuvane u populaciji osoba s postlingvalnim oštećenjem sluha i da ih treba istraživati uz slušni trening (Pinho, 1990). Sposobnosti poput čitanja s usana ilustriraju uporabu vizualnih znakova za razvoj govora i glasa, a uz to, vizualni znakovi također uključuju i spektrograme, dijagrame, nazalno zrcalo, čak i računalni softver za djecu radi promicanja razigranog okruženja tijekom treninga vokalne produkcije. (Lopes, 2004, prema Coelho, Medved i Brasolotto, 2015).

Taktilno/kinestetičko praćenje teže je razviti. Pacijenti moraju identificirati proprioceptivne simptome i osjećaje koji ukazuju na abnormalnu produkciju glasa, poput stezanja, prisutnosti sekreta, boli, suhoće, nelagode itd. Postupak korištenja ovih znakova uključuje emisiju pri dodiru glave, čela, lica i rezonantnih šupljina, uključujući nos, vrat i prsni koš (Behlau i sur., 2005).



## 5. RASPRAVA

Glavni fokus rada logopeda s pojedincima koji su (na)gluhi ne uključuje uvijek kvalitetu glasa. Međutim, promjene u kvaliteti glasa mogu imati negativan utjecaj na komunikaciju, ometajući razumljivost govora i ugrožavajući društvenu integraciju (Coelho, Bevilacqua, Oliveira i Behlau, 2009) .

Kohlearni implantat pruža globalne prednosti za slušnu percepciju, a posljedično i za ekspresivni i receptivni jezik, uključujući poboljšanu kvalitetu glasa koja je rezultat optimizacije percepcije govora i nadziranja njegove proizvodnje, a time i ukupne govorne komunikacije korisnika (Coelho, Brasolotto i Bevilacqua, 2012).

Kvaliteta glasa odraslih osoba koje koriste kohlearne implantate proučavana je u malom opsegu, posebice u populaciji odraslih sa prelingvalnim oštećenjem sluha, implantiranih kasnije u životu. Ne postoji učinkovit broj istraživanja s visokom razinom dokaza koji točno pokazuju učinke kohlearnog implantata na kvalitetu glasa.

Iako sva istraživanja jednoglasno izvještavaju da uporaba kohlearnog implantata donosi određene koristi za vokalnu produkciju, izvješća o tim prednostima nisu dosljedna. Takva raznolikost rezultata o kvaliteti glasa vjerojatno je posljedica različitih metodoloških pristupa s različitim uvjetima ocjenjivanja, kao što su različiti govorni materijal, različite tehnike ocjenjivanja, različiti softveri za akustičku analizu, različiti perceptualni protokoli, različit broj sudionika i njihov dobni raspon, različiti modeli kohlearnih implantata, različita dob pri aktiviranju implantata te prisutnost ili odsutnost kontrolne skupine za utvrđivanje normativnih podataka (Higgins, Carney i Schulte, 1994). Prednosti koje pruža kohlearni implantat za vokalnu produkciju i poboljšanje oralne komunikacije, njihova iskoristivost u terapijskom procesu, te njihov potencijal kao kriterija za odlučivanje koji će se uređaj koristiti u (re)habilitaciji, nisu dobro opisani.

Iako su istraživanja akustičkih parametara i samopercepcija glasa odraslih osoba s kohlearnim implantatom općenito rijetka, istraživanja glasa kohlearno implantiranih osoba s postlingvalnim oštećenjem sluha ipak su konzistentnija i navode više pozitivnih ishoda u vokalnoj produkciji u odnosu na prelingvalna oštećenja, vjerojatno zbog već ranije razvijenih vokalnih sposobnosti.

Pregledom istraživanja utvrđeno je da među promjenama akustičkih parametara glasa odraslih implantiranih osoba određenu konzistentnost pokazuje smanjenje fundamentalne frekvencije, s obzirom da obnova slušnog monitoriranja omogućuje lakšu kalibraciju govora i glasa i omogućuje prilagođavanje visine glasa okolinskim uvjetima (Hocevar- Boltezar i sur., 2005), čime je prvi cilj ovog rada ostvaren.

Istraživanja samopercepcije odraslih osoba s kohlearnim implantatom su rijetka, uzimajući u obzir da ne postoje standardizirani testovi samoprocjene, usmjereni specifično na ovu populaciju. Istraživanja navedena u ovom radu pokazuju da odrasle osobe koje koriste kohlearni implantat navode određene teškoće s glasom u komunikaciji, ali je broj tih teškoća manji nakon implantacije, što je klinički važno u smislu savjetovanja i rehabilitacije. Pitanje koje se postavlja jest mogu li osobe uključene u istraživanja napraviti distinkciju između govora i glasa, s obzirom da su usko vezani (Gautam i sur., 2019). Iako oskudne, dostupne informacije o tome kako odrasle osobe koje koriste kohlearni implantat doživljavaju svoj glas upućuju da one prijavljuju pozitivniju percepciju vlastitog glasa sa sve većim iskustvom korištenja uređaja te da formiraju spoznaju o važnosti kvalitete glasa za komunikaciju, što se može vidjeti po prijavama specifičnih teškoća u specifičnim komunikacijskim situacijama (na primjer, u razgovoru telefonom), čime je ostvaren i drugi cilj ovog rada.

## 6. ZAKLJUČAK

Pregledom rezultata istraživanja može se zaključiti da postoje određena poboljšanja akustičkih parametara glasa nakon kohlearne implantacije odraslih osoba s postlingvalnim oštećenjem, dok osobe s prelingvalnim oštećenjem ne pokazuju značajnije promjene u istim parametrima. Istraživanja o samopercepciji glasa odraslih kohlearno implantiranih osoba pokazuju da one prepoznaju teškoće sa vlastitim glasom, no generalizaciju ometa tek mali broj istraživanja samoprocjene glasa tih osoba. Temeljem iznesenog, pretpostavka ovog rada da će akustički parametri glasa kohlearnom implantacijom biti bliski standardu te da će samopercepcija glasa odraslih korisnika tih uređaja biti povoljnija, nego prije implantacije – tek se djelomično prihvaća.

Daljna istraživanja akustičkih obilježja glasa, a pogotovo samopercepcije glasa osoba koje koriste kohlearni implantat nužna su zbog predlaganja terapijskih pristupa koji će dopuniti spoznaje o učincima ove tehnologije na govornu komunikaciju. Objektivno utvrđivanje odstupanja u kvaliteti glasa u ovoj populaciji te standardizirano utvrđivanje njihovog dojma vlastitog glasa čini temelj konzultativnog kredibiliteta kliničara, budući da jedino razumijevanje ukupne perspektive korisnika kohlearnih implantata o oralnoj komunikaciji daje mogućnost predlaganja najboljih terapijskih rješenja i dokumentacije uspjeha ove (re)habilitacijske metode, objektivno, ali i analizom individualnog zadovoljstva. Uzimajući navedeno u obzir, logopedi i drugi stručnjaci koji provode intervenciju za odrasle korisnike kohlearnih implantata trebaju prihvatiti njihove vokalne vještine kao sastavni dio terapijskih izazova, koji zahtijeva vlastite evaluacijske protokole.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Abbs, E., Aronoff, J.M., Kirchner, A., O'Brien, E., Harmon, B.(2020). Cochlear Implant Users' Vocal Control Correlates Across Tasks. *J Voice*, 34(3), 490.e7-490.e10. doi: 10.1016/j.jvoice.2018.10.008.
2. Abramson, A.S., Whalen, D. H. (2017). Voice Onset Time (VOT) at 50: Theoretical and practical issues in measuring voicing distinctions. *Journal of Phonetics*, 63, 75–86. doi:10.1016/j.wocn.2017.05.002
3. Baraldi, G.S, Castro de Almeida, L., Calais, L.L., Borges, A.C., Gielow, I., Raymundo DeCunto, M. (2007). Study of the fundamental frequency in elderly women with hearing loss *Braz J Otorhinolaryngol*, 73(3), 378–83. doi: 10.1016/s1808-8694(15)30082-3.
4. Baudonck, N., Van Lierde, K., D'haeseleer, E., Dhooge, I. (2011). A comparison of the perceptual evaluation of speech production between bilaterally implanted children, unilaterally implanted children, children using hearing aids, and normal-hearing children. *Int J Audiol*, 50(12), 912–9. doi: 10.3109/14992027.2011.605803
5. Baudonck, N., Van Lierde, K., D'haeseleer, E., Dhooge, I. (2015). Nasalence and nasality in children with cochlear implants and children with hearing aids. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 79(4),541-45 DOI: 10.1016/j.ijporl.2015.01.025
6. Baudonck, N., Van Lierde, K., Dhooge, I., Corthals, P.(2011). A comparison of vowel productions in prelingually deaf children using cochlear implants, severe hearing-impaired children using conventional hearing aids and normal-hearing children. *Folia Phoniatr Logop*, 63(3), 154–60.
7. Behlau, M., Madazio, G., Feijó, D., Azevedo, R., Gielow, I., Rehder, M.I.(2005). Vocal Improvement and Speech Therapy for Dysphonia (str.409-525) . In: Behlau M (ur.). *Voz: O livro do especialista*. Rio de Janeiro: Revinter.
8. Boersma, P. (2001). Praat, a system for doing phonetics by computer. *Glott International* 5 (9/10), 341-345
9. Boons T., Brokx J.P., Frijns, J.H. (2012). Effect of pediatric bilateral cochlear implantation on language development. *Archives of Pediatrics and Adolescent Medicine*, 166, 28–34. doi: 10.1001/archpediatrics.2011.748.
10. Bradarić-Jončić, S. (2016). Oštećenja sluha. Zagreb: Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

11. Campisi, P., Low, A., Papsin, B., Mount, R., Cohen-Kerem, R., Harrison, R.(2005). Acoustic analysis of the voice in pediatric cochlear implant recipients: a longitudinal study. *Laryngoscope*, 115(6), 1046-1050 doi: 10.1097/01.MLG.0000163343.10549.4C
12. Coelho, A. C., Brasolotto, A. G., Bahmad, F. (2020). Development and validation of the protocol for the evaluation of voice in patients with hearing impairment (PEV-SHI). *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, 86(6), 748–762. doi:10.1016/j.bjorl.2019.05.007
13. Coelho A.C, Brasolotto A.G, Bevilacqua M.C, Moret A.L.M, Bahmad F.B Jr.(2016). Hearing performance and voice acoustics of cochlear implanted children.*Rev Bras Otorrinolaringol*,82(1), 70-75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2015.11.002>.
14. Coelho, A. C., Medved, D. M., Brasolotto, A. G. (2015). Hearing Loss and the Voice. U: Update On Hearing Loss. InTech. doi:10.5772/61217
15. Coelho, A.C, Bevilacqua M.C., Oliveira, G., Behlau M.(2009). Relationship between voice and speech perception in children with cochlear implants. *Pró-Fono*, 21(1),7-12 doi: 10.1590/s0104-56872009000100002
16. Coelho, A.C., Brasolotto, A.G., Bevilacqua, M.C.(2012). Systematic analysis of the benefits of cochlear implants on voice production. *J Soc Bras Fonoaudiol*, 24(4), 395-402
17. Cunningham, L. L., Tucci, D. L. (2017). Hearing Loss in Adults. *New England Journal of Medicine*, 377(25), 2465–2473
18. Cysneiros, H.R.S., Leal, M. de C., Lucena, J.A, Muniz, L.F. (2016). Relationship between auditory perception and vocal production in cochlear implants: a systematic review. *CoDAS*, 28(5), 634–639. doi:10.1590/2317-1782/20162015165
19. Dalgic, A., Kandogan, T., Aksoy, G. (2014). Voice Onset Time for Turkish Stop Consonants in Adult Cochlear Implanted Patients. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 67(3), 308–313. doi:10.1007/s12070-014-0784-5
20. Dalton, D.S. , Cruickshanks K.J. , Klein, B.E.K, Klein, R., Wiley T.L., Nondahl, D.M. (2003). The Impact of Hearing Loss on Quality of Life in Older Adults. *The Gerontologist*, 43 (5), 661–668
21. Das, B., Chatterjee, I., Kumar, S. (2013). Laryngeal aerodynamics in children with hearing impairment versus age and height matched normal hearing peers. *ISRN Otolaryngol*, 1-7. doi: 10.1155/2013/394604

22. Deary, I.J., Wilson, J.A., Carding, P.N., MacKenzie, K. (2003). VoiSS: A patient-derived Voice Symptom Scale. *Journal of Psychosomatic Research*, 54(5), 483-489
23. Demorest, M.E., Erdman, S.A. (1989). Factor Structure of the Communication Profile for the Hearing Impaired. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 54, 541-549
24. Domingo Benito, C. (2012). Valoración subjetiva de la voz en pacientes con hipoacusia neurosensorial bilateral poslocutiva después de implantación coclear. *Boletín de AELFA*, 12(2), 41-44. doi:10.1016/s1137-8174(12)70060-2
25. Driver, S., Jiang, D. (2017). Paediatric cochlear implantation factors that affect outcomes. *European journal of pediatric neurology*, 104-108.
26. El Sabeela, R.A, Azab, S.N. (2019) Can Cochlear Implantation Improve Voice in Speaking Children?. *Preuzeto* 28.8. s  
<https://clinmedjournals.org/articles/iacod/international-archives-of-communication-disorder-iacod-2-010.php?jid=iacod> doi.org/10.23937/iacod-2017/1710010
27. Eskander, A., Gordon, K. A., Tirado, Y., Hopyan, T., Russell, L., Allegro, J., Papsin, B. C., Campisi, P. (2014). Normal-like motor speech parameters measured in children with long-term cochlear implant experience using a novel objective analytic technique. *JAMA otolaryngology-head & neck surgery*, 140(10), 967-974. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2014.1730>
28. Evans, M.K., Deliyski, D.D. (2007). Acoustic Voice Analysis of Prelingually Deaf Adults Before and After Cochlear Implantation. *Journal of Voice* , 21(6), 669-682. doi:10.1016/j.jvoice.2006.07.005
29. Fernandes, J., Teixeira, F., Guedes, V., Junior, A., Teixeira, J. P. (2018). Harmonic to Noise Ratio Measurement - Selection of Window and Length. *Procedia Computer Science*, 138, 280-285 doi:10.1016/j.procs.2018.10.040
30. Ferrand, C.T (2002). Harmonics-to-noise ratio: an index of vocal aging. *J Voice*, 16(4), 480-487
31. Gautam, A., Naples, J. G., Eliades, S. J. (2019). Control of speech and voice in cochlear implant patients. *The Laryngoscope*, 129(9), 2158-2163 doi:10.1002/lary.27787
32. Gortan, D. (1995). *Audiologija*. Zagreb: Impresum
33. Hassan, S.M., Malki, K.H., Mesallam, T.A, Farahat, M., Bukhari, M., Murry, T. (2012). The effect of cochlear implantation on nasalance of speech in postlingually hearing-impaired adults. *J Voice*, 26(5), 669.e17-669.e22.

34. Hassanzadeh, S., Farhadi, M., Daneshi, A. (2002). The effects of age on auditory speech perception development in cochlear-implanted prelingually deaf children. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 126(5), 524–527 doi: 10.1067/mhn.2002.125110.
35. Heđever, M. (2012). *Osnove fiziološke i govorne akustike*. Zagreb: Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet
36. Hickok G, Houde J, Rong F. (2011). Sensorimotor integration in speech processing: computational basis and neural organization. *Neuron*, 69(3), 407–422. doi: 10.1016/j.neuron.2011.01.019
37. Higgins, M.B, Carney, A.E, Schulte, L. (1994). Physiological assessment of speech and voice production of adults with hearing loss. *J Speech Hear Res*, 37(3), 510–21.
38. Hinderink, J.B, Krabbe, P.F.M, van den Broek, P. (2000). Development and application of a health-related quality-of-life instrument for adults with cochlear implants: The Nijmegen Cochlear Implant Questionnaire. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 123(6), 756-65. <http://dx.doi.org/10.1067/mhn.2000.108203>
39. Hinderink, J.B, Mens, L.H., Brokx, J.P, van den Broek, P. (1995). Performance of prelingually and postlingually deaf patients using single-channel or multichannel cochlear implant. *Laryngoscope*, 105(6), 618- 622. doi: 10.1288/00005537-199506000-00011
40. Hocevar-Boltezar, I., Boltezar, M., Zargi, M. (2008). The influence of cochlear implantation on vowel articulation. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 120(7-8), 228–233 doi: 10.1007/s00508-008-0944-2
41. Hocevar-Boltezar, I., Radsel, Z., Vatovec, J., Geczy, B., Cernelc, S., Gros, A., Zupancic, J., Battelino, S., Lavrencak, B., Zargi, M. (2006). Change of phonation control after cochlear implantation. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 27(4), 499–503. <https://doi.org/10.1097/01.mao.0000224083.70225.b7>
42. Hocevar-Boltezar, I., Vatovec, J., Gros, A., Zargi, M. (2005). The influence of cochlear implantation on some voice parameters. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol*, 69(12), 1635-1640. doi: 10.1016/j.ijporl.2005.03.045
43. Jacobson, B.H., Johnson, A., Grywalski, C., Silbergleit, A., Jacobsen, G., Benninger, M.S. (1997). The Voice Handicap Index (VHI): Development and Validation. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 6(3), 66-70 <https://doi.org/10.1044/1058-0360.0603.66>

44. Jesus, L., Martinez, J., Hall, A., Ferreira, A. (2015). Acoustic correlates of compensatory adjustments to the glottic and supraglottic structures in patients with unilateral vocal fold paralysis. *BioMed Research International*, 2015, 1-9
45. Jones, J.A, Keough, D. (2008). Auditory-motor mapping for pitch control in singers and nonsingers. *Exp Brain Res*, 190(3), 279–287. doi: 10.1007/s00221-008-1473-y
46. Kempster, G. B., Gerratt, B. R., Abbott, K. V., Barkmeier-Kraemer, J., & Hillman, R. E. (2009). Consensus auditory-perceptual evaluation of voice: Development of a standardized clinical protocol. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 18(2), 124-132. [https://doi.org/10.1044/1058-0360\(2008/08-0017](https://doi.org/10.1044/1058-0360(2008/08-0017)
47. Kishon-Rabin, L., Taitelbaum, R., Tobin, Y., Hildesheimer, M. (1999). The effect of partially restored hearing on speech production of postlingually deafened adults with multichannel cochlear implants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 106(5), 2843–2857. doi:10.1121/1.428109
48. Knight, K., Ducasse, S., Coetzee, A., Van der Linde, J., Louw, A. (2016). The effect of age of cochlear implantation on vocal characteristics in children. *South African Journal of Communication Disorders*, 63(1),142. doi:10.4102/sajcd.v63i1.142
49. Kovačević, M. (1996). Pomaknute granice ranoga jezičnoga razvoja: okvir za novu psiholingvističku teoriju. *Suvremena lingvistika*, 41-42 (1-2), 309-318. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/24214>
50. Lane H., Webster J.W.(1991). Speech deterioration in postlingually deafened adults. *J Acoust Soc Am*, 89(2) ,859- 866. doi: 10.1121/1.1894647
51. Lane, H., Perkell, J. S. (2005). Control of Voice-Onset Time in the Absence of Hearing. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 48(6), 1334. doi:10.1044/1092-4388(2005/093)
52. Langereis, M.C., Bosman, A.J., van Olphen, A.F., Smoorenburg, G.F. (1997). Changes in Vowel Quality in Post-lingually Deafened Cochlear Implant Users, *Audiology*, 36(5), 279-297 doi: 10.3109/00206099709071980
53. Lasak, J.M., Allen, P., McVay, T., Lewis, D.(2014). Hearing loss: diagnosis and management. *Prim Care*, 41(1), 19-31. doi: 10.1016/j.pop.2013.10.003.
54. Lathadevi, H.T., Gugarigoudar, S.P. (2018). Objective Acoustic Analysis and Comparison of Normal and Abnormal Voices. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 12(12), 1-4 DOI: 10.7860/JCDR/2018/36782.12310



55. Lavan, N., Burton, A., Scott, S.K., McGettigan (2019).. Flexible voices: Identity perception from variable vocal signals. *Psychon Bull Rev* 26, 90–102  
<https://doi.org/10.3758/s13423-018-1497-7>
56. Lee, J. W., Bance, M. L. (2018). Hearing loss. *Practical Neurology*, 19(1), 28-35
57. Lejska, M. (2004). Voice field measurements—a new method of examination: the influence of hearing on the human voice. *Journal of Voice*, 18(2), 209–215.  
doi:10.1016/j.jvoice.2003.08.002
58. Lenarz, T. (2018). Cochlear implant—state of the art. *GMS Curr. Top. Otorhinolaryngol. Head Neck Surg.* 16:Doc04. doi: 10.3205/cto000143
59. Lin, F.R., Niparko, J.K. (2006). Measuring health-related quality of life after pediatric cochlear implantation: a systematic review. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 70 (10), 1695-1706.
60. Lisker, L., Abramson, A.S. (1964). A cross-language study of voicing in initial stops: Acoustical measurements. *Word*, 20, 384–422
61. Lock, R., Seaver, E.(1984). Nasality and velopharyngeal function in five hearing impaired adults. *J Commun Disord*, 17(1), 47-64. DOI: 10.1016/0021-9924(84)90025-x
62. Ludlow C. L. (2015). Central Nervous System Control of Voice and Swallowing. *Journal of clinical neurophysiology : official publication of the American Electroencephalographic Society*, 32(4), 294–303.  
<https://doi.org/10.1097/WNP.0000000000000186>
63. Mahmoudi, Z., Rahati, S., Ghasemi, M.M., Asadpour, V., Tayarani, H., Rajati, M. (2011). Classification of voice disorder in children with cochlear implantation and hearing aid using multiple classifier fusion. *BioMed Eng OnLine*, 10(3),1-18  
<https://doi.org/10.1186/1475-925X-10-3>
64. Manning, W., Moore, J., Dunham, M., Lu, F., Domico, E. (1992). Vowel production in a prelinguistic child following cochlear implantation, *J Am Acad Audiol*, 3(1), 16-21.
65. Marn, B. (1999). Zašto slabija razumljivost kod prezbiakuzije ?. *Govor*, 16 (1), 45-55.  
Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/174192>
66. Maskarinec, A., Cairns, E., Weamer, D. (1981). Longitudinal observations of individual infant's vocalizations. *J Speech Hear Disord*, 46, 267-273. doi: 10.1044/jshd.4603.267

67. Medved, D.M. de S. , Cavalheri, L.M.da R., Coelho, A.C., Fernandes, A.C.N., Da Silva, E.M., Sampaio, A.L.L. (2020). Systematic Review of Auditory Perceptual and Acoustic Characteristics of the Voice of Cochlear Implant Adult Users. *J Voice*, online ahead of print. doi: 10.1016/j.jvoice.2020.02.023
68. Michels, T.C., Duffy, M.T., Rogers, D.J. (2019). Hearing Loss in Adults: Differential Diagnosis and Treatment. *American Family Physician*, 100(2), 98-108
69. Moeller, M., Hoover, B., Putman, C., Arbataitis, K., Bohnenkamp, G., Peterson, B., Stelmachowicz, P. (2007a). Vocalizations of infants with hearing loss compared with infants with normal hearing. Part I: Phonetic development. *Ear Hear*, 28(5), 605-627. doi: 10.1097/AUD.0b013e31812564ab
70. Moeller, M., Hoover, B., Putman, C., Arbataitis, K., Bohnenkamp, G., Peterson, B., Stelmachowicz, P. (2007b). Vocalizations of infants with hearing loss compared with infants with normal hearing. Part II: Transition to words. *Ear Hear*, 28(5), 628-642. doi: 10.1097/AUD.0b013e31812564c9
71. Monsen, R.B, Engebretson, A.M., Vemula, N.R. (1979). Some effects of deafness on the generation of voice. *J Acoust Soc Am*, 66 (6), 1680-1690. doi: 10.1121/1.383640
72. Mosnier, I., Bebear, J. P., Marx, M., Fraysse, B., Truy, E., Lina-Granade, G., Mondain, M., Sterkers-Artières, F., Bordure, P., Robier, A., Godey, B., Meyer, B., Frachet, B., Poncet, C., Bouccara, D., Sterkers, O. (2014). Predictive Factors of Cochlear Implant Outcomes in the Elderly. *Audiology and Neurotology*, 19(1), 15–20. <https://doi.org/10.1159/000371599>
73. Mozzanica, F., Schindler, A., Iacona, E., Ottaviani, F. (2019). Application of Ambulatory Phonation Monitoring (APM) in the measurement of daily speaking-time and voice intensity before and after cochlear implant in deaf adult patients. *Auris Nasus Larynx*, 46(6), 844-852 doi:10.1016/j.anl.2019.03.009
74. Myszel K., Szkiełkowska A.(2020): Development of voice in hearing-impaired individuals: overview of physiopathological aspects. *J Hear Sci*, 10(3), 19–23 DOI: 10.17430/JHS.2020.10.3.2
75. Oates, J. (2009). Auditory-Perceptual Evaluation of Disordered Voice Quality. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 61(1), 49–56. doi:10.1159/000200768
76. Oller D, Eilers R, Bull D, Carney A. (1985). Prespeech vocalizations of a deaf infant: a comparison with normal metaphonological development. *J Speech Hear Res*, 28(1), 47-63 doi: 10.1044/jshr.2801.47

77. Pacala J.T, Yueh B. (2012). Hearing deficits in the older patient: ‘I didn’t notice anything’ . *JAMA*, 307(11), 1185–94. doi: 10.1001/jama.2012.305
78. 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.
79. Phan, N.T., McKenzie, J., Huang, L., Whitfield, B., Chang, A. (2016). Diagnosis and management of hearing loss in elderly patients. *AFP*, 45 (6), 366-369
80. Pinho, S.(1990) Proposal of voice evaluation in hearing impaired. *Pró-fono*, 2(1), 17–9
81. Pisoni, D.B., Kronenberger, W.G., Harris, M.S., Moberly, A.C. (2017). Three challenges for future research on cochlear implants. *World Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 3, 240-254
82. Pörschmann, C. (2000). Influences of bone conduction and air conduction on the sound of one’s own voice. *Acta Acustica*, 86(6), 1038-1045.
83. Roman, S., Canévet, G., Lorenzi, C., Triglia, J.-M., Liégeois-Chauvel, C. (2004). Voice onset time encoding in patients with left and right cochlear implants. *NeuroReport*, 15(4), 601–605. doi:10.1097/00001756-200403220-00006
84. Ryan, A. F., Kujawa, S. G., Hammill, T., Le Prell, C., Kil, J. (2016). Temporary and Permanent Noise-induced Threshold Shifts: A Review of Basic and Clinical Observations. *Otology & neurotology : official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 37(8), 271–275. <https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001071>
85. Santos, A. R. da S., Batista, N. G. L., Silva, D. B. da, Sampaio, A. L. L., Medved, D. M. de S., Coelho, A. C. (2019). Voice symptoms and handicap in adults with cochlear implants. *Revista CEFAC*, 21(2), 4-12 <https://doi.org/10.1590/1982-0216/20192121511>
86. Sarwat, A., Baraka, S., Bassiouny, M., Saleh, E., Saber, A.(2003). Kinesthetic versus auditory cues in speech monitoring of post-lingual cochlear implant patients. *International Congress Series*, 1240, 417–21.
87. Selleck, M.A., Sataloff, R.T. (2014). The impact of the auditory system on phonation: a review. *J Voice*, 28(6), 688–93. doi: 10.1016/j.jvoice.2014.03.018
88. Shriberg, L.D, Kwiatkowski, J., Rasmussen, C. (1990). *The Prosody-Voice Screening Profile*. Tucson, AZ: Communication Skill Builders.

89. Skarzynski, H., Lorens, A., Dziendziel, B., Skarzynski, P.H. (2019). Electronatural Stimulation (ENS) in Partial Deafness Treatment: Pediatric Case Series, *Otol Neurotol*, 40(2), 171-76 doi: 10.1097/MAO.0000000000002074
90. Skarzynski, H., Mielnik-Niedzielska, G., Kochanek, K., Niedzielski, A., Skarzynski, P.H., Lorens, A.(2018). Quality standards of use of cochlearimplants in newborns, children and youth. Standpoint of The Polish Society of Otorhinolaryngologists, Phoniatriestsand Audiologists and Polish Society of Childrens' Otolaryngologists, *Nowa Audiofonologia*, 7 (1), 7-15.
91. Stropahl, M., Besser, J. Launer, S. (2020). Auditory Training Supports Auditory Rehabilitation: A State-of-the-Art Review. *Ear and Hearing*, 41(4), 697-704 doi: 10.1097/AUD.0000000000000806
92. Škarić, I. (1991). Fonetika hrvatskoga književnog jezika. U: S. Babić, D. Brozović, M. Moguš, S. Pavešić, I. Škarić, S. Težak: Povijesni pregled, glasovi i oblici hrvatskoga književnoga jezika. Zagreb: HAZU, Globus.
93. Teixeira, J. P., & Fernandes, P. O. (2015). Acoustic Analysis of Vocal Dysphonia. *Procedia Computer Science*, 64, 466–473. doi:10.1016/j.procs.2015.08.544
94. Teixeira, J. P., Oliveira, C., Lopes, C. (2013). Vocal Acoustic Analysis – Jitter, Shimmer and HNR Parameters. *Procedia Technology*, 9, 1112–1122. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.124>
95. Tiwari, M., Tiwari, M. (2012). Voice - How humans communicate?. *Journal of natural science, biology, and medicine*, 3(1), 3–11. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.95933>
96. Trošelj, D. (2016). Vrijeme uključivanja glasa bezvučnih okluzivakod hrvatsko-madarskih bilingvala i hrvatskihmonolingvala, *Govor*, 33 (2), 143-166
97. Ubrig, M. T., Goffi-Gomez, M. V. S., Weber, R., Menezes, M. H. M., Nemr, N. K., Tsuji, D. H., Tsuji, R. K. (2011). Voice Analysis of Postlingually Deaf Adults Pre- and Postcochlear Implantation. *Journal of Voice*, 25(6), 692–699. doi:10.1016/j.jvoice.2010.07.001
98. Ubrig, M.T., Tsuji, R.K., Weber, R., Menezes, M.H.M, Barrichelo, V.M.O., da Cunha, M.G.B., Tsuji, D.H., Goffi-Gomez, M.V.S. (2019). The Influence of Auditory Feedback and Vocal Rehabilitation on Prelingual Hearing-Impaired Individuals Post Cochlear Implant. *J Voice*, 33(6), 947.e1-947.e9. doi: 10.1016/j.jvoice.2018.07.004
99. Van Lierde, K.M., Vinck, B.M., Baudonck, N., De Vel, E., Dhooge, I. (2005). Comparison of theoverall intelligibility, articulation, resonance, and voice

- characteristics between children using cochlear implants and those using bilateral hearing aids: a pilot study. *Int J Audiol*, 44(8), 452–65. doi: 10.1080/14992020500189146
100. Varadarajan, V., Sydlowski, S.A., Li, M.M., Anne, S., Adunka, O.F. (2021). Evolving Criteria for Adult and Pediatric Cochlear Implantation. *Ear, Nose & Throat Journal*, 100(1), 31-37 doi: 10.1177/0145561320947258
  101. Vasilakis, M., Stylianou, Y. (2009). Voice Pathology Detection Based on Short-Term Jitter Estimations in Running Speech. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, 61(3), 153–170. doi:10.1159/000219951
  102. Vick, J. C., Lane, H., Perkell, J. S., Matthies, M. L., Gould, J., Zandipour, M. (2001). Covariation of Cochlear Implant Users' Perception and Production of Vowel Contrasts and Their Identification by Listeners With Normal Hearing. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 44(6), 1257-1267. doi:10.1044/1092-4388(2001/098)
  103. Walling, A.D., Dickson, G.M. (2012). Hearing loss in older adults. *Am Fam Physician*, 85(12), 1150–56.
  104. Wang, Y., Yang, J., Liang, F., Liu, J., Liang, M., Zhang, X., Chen, W., Zheng, Y. (2020). Acoustic and Aerodynamic Analyses of the Voice of Prelingually Deaf Young Men After Cochlear Implantation. *Journal of Voice*, online ahead of print doi:10.1016/j.jvoice.2020.03.007
  105. Webb, A. L., Carding, P. N., Deary, I. J., MacKenzie, K., Steen, N., Wilson, J. A. (2004). The reliability of three perceptual evaluation scales for dysphonia. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 261, 429–434
  106. Wieringen, A., Wouters, J. (2014). What can we expect of normally-developing children implanted at a young age with respect to their auditory, linguistic and cognitive skills?. *Hearing Research*, 322(171), 171-179. doi: 10.1016/j.heares.2014.09.002
  107. Yamaguchi, H., Shrivastav, R., Andrews, M. L, Niini, S. (2003): A Comparison of Voice Quality Ratings Made by Japanese and American Listeners Using the GRBAS Scale. *Folia Phoniatr Logop.*, 55 (3), 147-157 doi: 10.1159/000070726
  108. Zamani P., Bayat A., Saki N., Elahe A., Bagheripour, H. (2021) Post-lingual deaf adult cochlear implant users' speech and voice characteristics: cochlear implant

turned-on versus turned-off. *Acta Oto-Laryngologica*, 141(4), 367-373 DOI:  
10.1080/00016489.2020.1866778

109. Zhang Z. (2016). Mechanics of human voice production and control. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(4), 2614.  
<https://doi.org/10.1121/1.4964509>
110. Zwolan, T.A. (2008). Recent advances in cochlear implants. *Contemporary Issues in Communication Science and Disorders*, 35, 113-121.

## MREŽNI IZVORI

1. American Speech-Language-Hearing Association (n.d.). Hearing Loss: Ages 5+ (Practice Portal). [https://www.asha.org/practice-portal/clinical-topics/hearing-loss/#collapse\\_9](https://www.asha.org/practice-portal/clinical-topics/hearing-loss/#collapse_9) Pristupljeno 12.8.2021.  
dostupno na <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK207838/>
2. <http://www.foni.mef.hr/Prirucnik/Fonijatrija.htm> pristupljeno 30.07.2021.
3. National Research Council (US) Committee on Disability Determination for Individuals with Hearing Impairments; Dobie RA, Van Hemel S, editors. Hearing Loss: Determining Eligibility for Social Security Benefits. Washington (DC): National Academies Press (US); 2004. doi: 10.17226/11099
4. WHO (2015) Hearing loss due to recreational exposure to loud sounds - A review. [http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/154589/9789241508513\\_eng.pdf;jsessionid=3A0366235E891C27FF3407EF7338F5BF?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/154589/9789241508513_eng.pdf;jsessionid=3A0366235E891C27FF3407EF7338F5BF?sequence=1) Pristupljeno 12.8.2021.
5. WHO(2017). Gluhóća i gubitak suha <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> Pristupljeno 13.8.2021.