

Ivana Šimić^{1,2}

Ana Bonetti¹

Luka Bonetti¹

¹Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

²Adresa za korespondenciju:
ivana.simic.santic@erf.unizg.hr

Utjecaj različitih slušnih tehnoloških intervencija na kvalitetu glasa osoba s oštećenjem sluha

The influence of different auditory technological interventions on the voice quality of people with hearing loss

Pregledni rad

UDK: 612.78-056.263:616.28-76

DOI: <https://doi.org/10.31299/log.14.2.2>

Sažetak

Oštećenje sluha može negativno utjecati na perceptivne i akustičke parametre glasa poput fundamentalne frekvencije, intenziteta, visine formanta, rezonancije. Glas osoba s oštećenjem sluha obično je grub, asteničan i napet, kod nekih i nazalan. Osim toga, oštećenje sluha može rezultirati promjenama u morfološkoj strukturi grkljana i artikulacijskih organa. Ispitivanja kvalitete glasa različitim objektivnim (akustičke analize) i subjektivnim (perceptivne procjene) metodama nisu dala jednoznačan odgovor na pitanje koje tehnološko rješenje za pomoć u slušanju omogućava bolju slušnu povratnu spregu i time bolju kontrolu kvalitete glasa (unutar očekivanja za dob i spol), iako pokazuju tendenciju boljih rezultata procjena glasa kod osoba s kohlearnim implantatom, u usporedbi s osobama koje koriste klasična slušna pomagala. U ovom radu izloženi su neki audiološki, tehnološki ili metodološki razlozi heterogenosti rezultata ranijih istraživanja kojima se željelo naći odgovor na to pitanje.

Ključne riječi: oštećenje sluha, kohlearni implantati, slušna pomagala, kvaliteta glasa

Abstract

Hearing impairment can negatively affect the perceptual and acoustic parameters of the voice, such as the fundamental frequency, intensity, formants and resonance. The voice of persons with hearing impairment is usually harsh, asthenic and strained, and nasal in some cases. In addition, hearing impairment can result in changes in the morphological structure of the larynx and articulating organs. Research of voice quality using different objective (acoustic analysis) and subjective (perceptual evaluation) methods did not give a clear answer to the question which technological solution for listening enables better auditory feedback and thus better control of voice quality (within expectations for age and gender), although they show a tendency for better voice assessment results in people with a cochlear implant, compared to people using classic hearing aids. This paper presents certain audiological, technological or methodological reasons for the heterogeneity of the results of earlier research that sought to find an answer to that question.

Key words: hearing impairment, cochlear implants, hearing aids, voice quality

Uvod

Proizvodnja glasa pod strogom je kontrolom centralnog živčanog sustava i slušnog sustava. To znači da poremećaj u bilo kojem od ovih kontrolnih sustava može dovesti do abnormalnosti u kvaliteti glasa i promjena u njegovoj akustičkoj strukturi (Coelho, i sur, 2015a; Myszel i Skarżyński, 2023). Slušni sustav ključan je za: regulaciju proizvodnje glasa pružanjem informacija o potrebama prilagodbe glasa (važno je za kontrolu tona, glasnoće i drugih atributa), pružanje povratnih informacija o uvjetima okoline (važno je u bučnim situacijama, primjerice, kako bi govornik znao da treba jasnije artikulirati, povećati intenzitet i smanjiti brzinu govora) i pružanjem informacija o motoričkom planiranju proizvodnje glasa (Selleck i Sataloff, 2014). Neadekvatno funkcioniranje bilo kojeg dijela složenog slušnog sustava koji obuhvaća periferni slušni organ, slušni put i slušnu koru, može dovesti do oštećenja sluha (Kral i Lenarz, 2015). S obzirom na to da je slušni sustav ključan za razvoj i održavanje kvalitete glasa, oštećenje sluha, zbog nedostatka slušne povratne informacije, može utjecati na kvalitetu glasa osoba s ovim oštećenjem, jer su pravilna proizvodnja glasa, kontrola fonacije i sposobnost regulacije varijacija glasa u različitim situacijama izravno povezani sa slušnom povratnom informacijom o glasu (Hassan i sur., 2011; Coelho i sur. 2015a; Wang i sur., 2017; Medved i sur. 2021).

Kvaliteta glasa osoba s oštećenjem sluha

Ograničena slušna povratna informacija kod osoba s oštećenjem sluha negativno utječe na akustičke i perceptivne parametre glasa, uključujući odstupanja fundamentalne frekvencije (F0), varijacije u intenzitetu glasa, promjenu frekvencija formanta, te promjenu rezonancije, brzine i trajanja govora (Medved i sur. 2021). Osim nedostatne slušne kontrole oštećenje sluha može dovesti do morfoloških promjena u grkljani i artikulacijskim organima, što dodatno može utjecati na kvalitetu glasa (Coelho i sur. 2015a). Frosolini i sur. (2023) smatraju da viša vrijednost F0 kod osoba s

oštećenjem sluha može biti uzrokovana smanjenom sposobnošću kontrole vertikalnog položaja grkljana, koja nastaje zbog nedostatka neuromišićne kontrole, često je povezana s teškoćama u kontroli subglotičkog tlaka i povećanom napetošću. Osobe s oštećenjem sluha često razvijaju poremećaje u produkciji glasa, kao hrapav i napet glas, a nedostatak jasne percepcije vlastitog glasa može rezultirati nedostatkom kontrole nad jačinom (Baudonck, 2011, Upadhyay i sur. 2019). Lejska (2004) navodi da glas osoba s oštećenjem sluha ima višu fundamentalnu frekvenciju bez obzira na spol, stoga njihova fonacija zahtijeva veći napor. Osim toga, gluhe osobe, unatoč urednim anatomskim laringealnim strukturama, ne mogu modulirati svoj glas u smislu frekvencije i dinamike.

Problemi s glasom kod osoba s oštećenjem sluha povezani su s njegovom vrstom i težinom, vremenom nastanka (prelingvalno ili postlingvalno) i vrstom slušnog pomagala koji koriste (Sarwat i sur. 2013; Campisi i sur. 2005; Hočevār-Boltežar i sur. 2006; Evans i sur. 2007; Holler i sur. 2010; de Souza i sur. 2012; Mora i sur. 2012; Lee i sur. 2013). Dok osobe s blagim i umjerenim gubitkom sluha mogu imati probleme s rezonancijom, osobe s teškim oštećenjem sluha imaju značajno veće probleme s kvalitetom glasa. Za razliku od provodnog oštećenja sluha kod kojeg nisu zabilježena promjene u kvaliteti glasa, one su potvrđene kod zamjedbenog oštećenja sluha u brojnim istraživanjima, posebno ako je u pitanju teži stupanj oštećenja (Coelho i sur, 2015a).

S obzirom na to da oštećenje sluha može ograničiti slušnu povratnu informaciju, potrebnu za razvoj i održavanje optimalne kvalitete glasa, važno je pravodobno prepoznati i tretirati oštećenje sluha radi poboljšanja percepcije vlastitog glasa i omogućavanja adekvatne terapije kojom bi se, među ostalim, poboljšala kvaliteta glasa. Do osamdesetih godina prošlog stoljeća jedino dostupno tehnološko rješenje u tretmanu oštećenja sluha bila su klasična slušna pomagala, unutar kojih mikrofoni pretvaraju zvučne valove u električne signale i šalje ih do pojačala koje povećava snagu signala, te ih putem prijemnika/zvučnika šalje u uho (Hoppe i Hesse, 2017). Razvojem suvremene tehnologije kohlearnih implantata u osamdesetima, ova se

situacija dramatično mijenja jer oni, u odnosu na klasična slušna pomagala, pojačavaju zvuk i omogućuju osobama s teškim oštećenjem sluha i gluhoćom pristup cjelokupnom spektru govornih zvukova, tako da zamjenjuju funkciju slušnih stanica unutarnjeg uha, aktivirajući slušne osjete izravnom električnom stimulacijom slušnog živca (Lenarz, 2017). Tretman klasičnim slušnim pomagalima i kohlearnim implantatima omogućuje auditivnu kontrolu glasa i govora, u skladu s tim može se očekivati i poboljšanje kvalitete glasa i govora osoba s oštećenjem sluha. Međutim, rehabilitacijski proces ovih osoba usmjeren je slušnim, govornim i jezičnim sposobnostima. Promjene u kvaliteti glasa uglavnom nisu u fokusu terapije, iako njegova odstupanja mogu imati negativan utjecaj na tu populaciju - mogu narušiti razumljivost govora, negativno utjecati na slušatelja i bitno ugroziti socijalnu integraciju pojedinca (Coelho i sur, 2015a; Medved i sur. 2021). S obzirom na važnost kvalitete glasa u sposobnosti komunikacije i socijalne integracije, procjena njegove kvalitete kod osoba s oštećenjem sluha je ključna jer omogućuje identifikaciju problema, planiranje terapije, praćenje napretka i poboljšanje komunikacije.

Na osnovi rezultata multidimenzionalne procjene kvalitete glasa, logopedi mogu izraditi individualizirani plan terapije kojim će ciljano odrediti specifične poteškoće u glasu. Redovita procjena kvalitete glasa omogućuje praćenje napretka tijekom terapije i prilagodbu terapijskog plana prema potrebama pojedinca. Praćenje promjena u glasu može pomoći u procjeni učinkovitosti terapije i identifikaciji područja koja zahtijevaju dodatnu pažnju (Coelho i sur. 2015a; Frosolini i sur. 2023).

Utjecaj slušnih tehnoloških intervencija na kvalitetu glasa djece s oštećenjem sluha

Oštećenje sluha može se dogoditi u bilo kojem trenutku života, ako nastane pri rođenju i u ranom djetinjstvu posljedice su ozbiljne i dalekosežne. Kod dojenčadi s oštećenjem sluha, promjene u razvoju glasa mogu se primijetiti u roku od nekoliko mjeseci - glas je obično više frekvencije, a zamjetne su veće fluktuacije u frekvenciji i manja konstantnost u intenzitetu.

Glas djeteta s oštećenjem sluha opisuje se kao glas neregulirane visine, jačine i ritma, grub, praćen visokim mišićnim napetostima, šaptav, slab, bez tonaliteta, monoton, te pretjerano nazalan (Myszel i Skarżyński, 2023). Ranom intervencijom - slušnim pomagalima ili ugradnjom kohlearnog implantata - omogućuje se djeci s oštećenjem sluha odgovarajuće slušanje, time i slušna kontrola glasa.

S obzirom na to da kohlearni implantat omogućuje teško nagluhoj i gluhoj djeci uspostavljanje slušne povratne informacije, koja ima ključnu ulogu u pravilnoj proizvodnji glasa, brojnim je istraživanjima procjenjivana kvaliteta glasa nakon implantacije. Najčešće mjereni parametar je fundamentalna frekvencija (F_0), čija je vrijednosti značajno viša kod djece s kohlearnim implantatom u odnosu na kontrolnu skupinu čujuće djece (De Souza i sur. 2012, Miljković i sur. 2014, Coelho i sur. 2015b, Jafari i sur. 2016, Moein i sur. 2017, Upadhyay i sur. 2019, Umashankar i sur. 2021). Longitudinalna istraživanja prije i nakon implantacije - koja su proveli Hočevar-Boltežar i sur. (2005), na uzorku od 32 djece, i Campisi i sur. (2005), na uzorku od 21 djeteta - nisu pokazala smanjenje fundamentalne frekvencije kroz vrijeme. Istraživanje Wang i sur. (2017), na 30 prelingvalno gluhe djece prije, te 1, 3, 6, 12 i 24 mjeseca nakon implantacije, pokazalo je promjene u fundamentalnoj frekvenciji nakon 12 mjeseci, s tim da statistički značajne razlike nisu primijećene između 12. i 24. mjeseca nakon implantacije. Coelho i sur. (2015b) - ispitujući povezanost različitih demografskih i audioloških čimbenika i akustičkih parametara glasa - ustanovili su da djeca koja imaju lošiji prag sluha s kohlearnim implantatom imaju višu fundamentalnu frekvenciju, što govori u prilog značaja dobre auditivne povratne informacije za kontrolu glasa. Iako istraživanja pokazuju da rehabilitacija kohlearnim implantatom kod djece s oštećenjem sluha dovodi do snižavanja fundamentalne frekvencije, povišene vrijednosti navedenog parametra u odnosu na čujuće vršnjake naglašavaju potrebu za dodatnim rehabilitacijskim strategijama usmjerenim na bolju kontrolu visine glasa.

Kvalitetu glasa, osim fundamentalne frekvencije, određuju još i *jitter* - predstavlja

nepravilnosti u brzini vibracija glasnica, *shimmer* - predstavlja brzo kolebanje amplituda i omjer harmoničnog i šumnog dijela spektra (HNR – Harmonic to Noise Ratio), koji je omjer između harmoničnog i šumnog dijela spektra u glasu (Heðever, 2012). Povišene vrijednosti jittera mogu ukazivati na nepravilnosti u frekvenciji kojom glasnice vibriraju (normalna vrijednost u dječjoj populaciji iznosi 1,24 %) (Campisi i sur. 2002). Istraživanje koje su proveli Hočevār-Boltežar i sur. (2006), na uzorku od 29 prelingvalno gluhe djece, pokazuje da - iako je došlo do smanjenja jittera nakon implantacije (1,54) u odnosu na vrijednosti prije implantacije (2,58) - ona je i dalje povišena u odnosu na norme za urednu čujuću djecu. Više vrijednosti jittera kod djece s kohlearnim implantatom u usporedbi s kontrolnom skupinom djece urednog sluha, potvrdila su i istraživanja Joy i sur. (2017), Upadhyay i sur. (2019), te Umashankar i sur. (2021). Istraživanja Allegro i sur. (2010), De Souza i sur. (2012), Miljković i sur. (2014), Knight i sur. (2016), nisu pronašla razlike u vrijednosti jittera kod djece s kohlearnim implantatom u odnosu na kontrolnu skupinu. Više vrijednosti *shimmera* koje precipiramo kao promuklost, mogu ukazivati na nestabilnost glasa (normalna vrijednost za dječju populaciju je 3,35 %) (Campisi i sur. 2002). U istraživanjima An i sur. (2012), Joy i sur. (2017), te Upadhyay i sur. (2019), utvrđene su više vrijednosti *shimmera* kod djece s kohlearnim implantatom u odnosu na kontrolnu skupinu vršnjaka urednog sluha. Više vrijednosti *shimmera* kod djece s kohlearnim implantatom (4,21 %) u odnosu na norme za čujuću djecu potvrdilo je i istraživanje Hočevār-Boltežar i sur. (2006), s tim da su navedene vrijednosti niže od onih prije implantacije (6,06 %). S druge strane, De Souza i sur. (2012) i Knight i sur. (2016), dobili su podatak da su vrijednosti *shimmera* kod djece nakon kohlearne implantacije unutar normi, a Miljković i sur. (2014) da se podaci ne razlikuju u odnosu na kontrolnu skupinu djece urednog sluha. Niže vrijednosti omjera harmoničnog i šumnog dijela spektra ukazuju na veću prisutnost šuma u glasu (Campisi i sur. 2002). Istraživanja De Souza i sur. (2012) i Coelho i sur. (2015b), nisu pronašla značajne razlike HNR-a između djece s kohlearnim implantatom i kontrolne skupine. S obzirom na to da kod djece s kohlearnim implantatom nisu pronađene više vrijednosti šuma u glasu, a imajući u vidu

činjenicu da degradirana slušna povratna informacija povećava rizik od funkcionalne patologije glasa, ovakav rezultat mogao bi biti indirektna potvrda pozitivnih rezultata u smislu funkcionalnog ishoda kohlearnog implantata (Frosolini i sur. 2023). Pozitivan učinak slušanja pomoću kohlearnih implantata na kvalitetu glasa potvrđuju i longitudinalna istraživanja, kojima je ustanovljeno smanjenje vrijednosti jittera i shimmera, iako one i dalje odudaraju od normi (Hočevār-Boltežar i sur. 2005, Wang i sur. 2017). Naime, Hočevār-Boltežar i sur. (2005) - uspoređujući parametre glasa prelingvalno gluhe djece prije, te 6, 12 i 24 mjeseca nakon implantacije, pa rezultate između djece implantirane prije i nakon 4. godine života - ustanovili su smanjenje vrijednosti jittera i shimmera već 6 mjeseci nakon implantacije. Utvrdili su i razlike u poboljšanju kvalitete glasa u odnosu na dob implantacije. Djeca koja su implantirana prije 4. godine pokazala su značajno poboljšanje u vrijednostima jittera i shimmera već 6 mjeseci nakon implantacije, dok je kod djece implantirane nakon 4. godine jedina značajna promjena u shimmeru uočena tek 24 mjeseca nakon implantacije. Wang i sur. (2017) također su utvrdili značajno smanjenje vrijednosti jittera i shimmera šest mjeseci nakon implantacije.

U odnosu na navedena istraživanja kojima su mjereni pojedinačni glasovni parametri, Baudonck i sur. (2011) objektivnu vokalnu kvalitetu mjerili su Indeks jakosti disfonije. Indeks jakosti disfonije (DSI - Dysphonia severity index) objektivna je i kvantitativna mjera glasovne produkcije, koja obuhvaća najvišu frekvenciju, najniži intenzitet, jitter (%) i maksimalno vrijeme fonacije, a granicu predstavlja rezultat +1,66, odnosno postotak DSI 66 %. Prema DSI-u djeca s kohlearnim implantatom imaju kvalitetu glasa od +1,8, (68 %), što ukazuje na graničnu vokalnu kvalitetu smještenu 2 % iznad granice normalnosti (Baudonck i sur. 2011). Van Lierde i sur. (2005), također su objektivno mjerili kvalitetu glasa djece s kohlearnim implantatom pomoću Indeksa jakosti disfonije (DSI) i ustanovili da je on unutar referentnih vrijednosti.

Iz navedenih istraživanja akustičkih parametara glasa prelingvalno gluhe djece nakon kohlearne implantacije, razvidno je da rezultati

nisu dosljedni niti jednoglasni među autorima. Razlog tomu mogu biti različito vrijeme oštećenja sluha, vrsta i težina, ali i različiti metodološki pristupi s različitim uvjetima procjene, poput različitih tehnika procjene i korištenih softvera, broja sudionika, različitog dobnog raspona.

Iako je u istraživanjima kvalitete glasa prelingvalno gluhe djece nakon kohlearne implantacije uglavnom primijenjena objektivna akustička analiza, u nekoliko je istraživanja kvaliteta glasa ocjenjivana perceptivnom procjenom pomoću skale GRBAS, kojom se ocjenjuje generalni stupanj promuklosti (Grade - G), hrapavost glasa (Roughness - R), šumnost u glasu (Breathiness - B), slabost glasa (Asthenia - A), te napetost glasa (Strain - S) i skale GRBASI, koja je dopunjena parametrom nestabilnosti, odnosno fluktuacija u glasu (Instability - I). Baudonck i sur. (2011) proveli su perceptivnu procjenu glasa primjenjujući skalu GRBASI kod 36 prelingvalno gluhe djece, koja koriste kohlearni implantat prosječne dobi od 9 godina. U ispitivanoj skupini glas je perceptivno karakteriziran prisutnošću vrlo blage razine promuklosti, hrapavosti i napetosti fonacije, te višeg intenziteta. Upadhyay i sur. (2019), koristili su skalu GRBAS za perceptivnu procjenu glasa 42 prelingvalno gluhe djece u dobi od 4 godine, implantirane između 2. i 4. godine. Rezultati procjene pokazali su napetost, hrapavost i šaptavost (zadihanost) u glasu djece s kohlearnim implantatom, s težinom koja se kretala od blage do umjerene. S obzirom na navedene rezultate istraživanja, jedan aspekt vokalnog pristupa kod djece s kohlearnim implantatom trebao bi biti usmjeren poboljšanju karakteristika napetog i hrapavog glasa, te upotrebi nižeg intenziteta. (Baudonck, 2011).

Osim intervencije kohlearnim implantatima, rehabilitacija djece s oštećenjem sluha podrazumijeva i intervenciju klasičnim slušnim pomagalicama. S obzirom na to da i ona omogućuju djeci s oštećenjem sluha uspostavljanje slušne povratne informacije, postavlja se pitanje postoje li razlike u kvaliteti glasa između korisnika ove dvije vrste tehničkog upravljanja oštećenjem sluha. Nekoliko je istraživanja, procjenom akustičkih parametara glasa, nastojalo odgovoriti na ovo pitanje. Lopez i sur. (2013), utvrdili su da su vrijednosti jittera i

shimmera niže kod djece s kohlearnim implantatom nego kod djece koja koriste klasična slušna pomagala, te da su te vrijednosti kao i vrijednosti omjera signal - šum bliže ili unutar normi djece urednog sluha. Horga i Liker (2006), te Jafari i sur. (2016), također su utvrdili niže vrijednosti jittera i shimmera kod djece koja koriste kohlearni implantat u odnosu na djecu koja koriste slušna pomagala, ali su te vrijednosti i dalje bile više u odnosu na kontrolnu skupinu djece urednog sluha. Povišene vrijednosti jittera i shimmera kod djece s oštećenjem sluha povezane su s poremećajima fonacije i neuromuskularnom kontrolom (Jafari i sur. 2016). Niže vrijednosti jittera i shimmera kod djece s kohlearnim implantatom u odnosu na djecu koja koriste klasična slušna pomagala, ukazuju na bolje razvijenu kontrolu fonacije kod ove djece. Hočevar-Boltežar i sur. (2006), smatraju da djeca koja koriste kohlearni implantat imaju bolju slušnu kontrolu, što olakšava poboljšanje kvalitete fonacije, a ovaj trend uglavnom potječe od njihove neuromuskularne kontrole fleksibilnosti fonacije. Istraživanje koje su proveli Szkiełkowska i Myszel (2021), pokazuje da je nakon šest mjeseci korištenja uređaja u skupini djece s kohlearnim implantatom došlo do značajno većeg pada fundamentalne frekvencije u odnosu na skupinu sa slušnim pomagalicama.

Utjecaj slušnih tehnoloških intervencija na kvalitetu glasa odraslih s oštećenjem sluha

Oštećenje sluha kod odraslih, nastalo prelingvalno ili je stečeno u nekoj životnoj dobi, zbog nedostatka slušne povratne informacije, također može dovesti do promjena u kvaliteti glasa (Coelho i sur., 2015a). Kao i kod djece, očekuje se da će intervencija različitim slušnim pomagalicama riješiti ili barem ublažiti ovaj problem. Evans i Deliyski (2007), proveli su Analizu profila glasa (Voice Profile Analysis - VPA), koja uključuje supralaringealne, laringealne i prozodijske postavke, te napetost vokalnog trakta kod 40 mladih odraslih osoba s teškim oštećenjem sluha. Rezultati VPA utvrdili su minimizirane pokrete jezika, čeljusti i usana, uski raspon i nisku varijabilnost visine i intenziteta glasa, te napetost i podignutost larinksa. Uvođenje klasičnih slušnih pomagala, kasnije i kohlearnih implantata kao

rehabilitacijskih opcija kod odraslih osoba s oštećenjem sluha uvelike je poboljšalo slušne sposobnosti, pa se pretpostavlja kako navedena tehnološka rješenja u rehabilitaciji utječu i na kvalitetu glasa kod ovih osoba (Evans i Deliyski, 2007). Wang i sur. (2021) uspoređivali su akustičke i aerodinamičke parametre 17 mladih odraslih muškaraca s prelingvalnim oštećenjem sluha, implantiranih u dobi od 18 do 24 godine, s kontrolnom skupinom od 17 čujućih vršnjaka. Rezultati pokazuju da su fundamentalna frekvencija i jitter kod osoba s kohlearnim implantatom bili značajno veći, dok razlika u srednjim vrijednostima HNR i shimmera nije bila statistički značajna. Evans i Deliyski (2007), longitudinalnim ispitivanjem prelingvalno gluhih odraslih osoba nakon kohlearne implantacije, utvrdili su smanjenje fundamentalne frekvencije 6 mjeseci nakon implantacije.

Ispitujući promjene u kvaliteti glasa kod odraslih postlingvalno gluhih osoba nakon kohlearne implantacije, Schenk i sur. (2003) i Ubrig i sur. (2011) utvrdili su da je došlo do smanjenje vrijednost fundamentalne frekvencije nakon implantacije. Ova istraživanja pokazuju da je regeneracija slušne povratne informacije nakon implantacije pozitivno utjecala na poboljšanje vokalne produkcije. Yuksel i sur. (2017), za analizu glasa primijenili su metodu dugoročnih prosječnih govornih spektara (LTASS - The long-term average speech spectrum), koja omogućuje akustičko prikazivanje govora u svakodnevnoj komunikaciji, a čiji rezultati mogu biti promijenjeni zbog pogoršanja u slušnoj povratnoj informaciji do kojeg dovodi oštećenje sluha u kasnoj fazi života. S obzirom na to da ugradnja kohlearnih implantata može pomoći u regeneriranju slušne povratne informacije, procenjen je LTASS kod 24 korisnika kohlearnih implantata kod kojih je oštećenje sluha nastupilo u kasnoj fazi života i uspoređen s uredno čujućom kontrolnom skupinom. Utvrđeno je da korisnici kohlearnih implantata imaju slične nalaze LTASS-a kao kontrolna skupina, što potvrđuje oporavak slušne povratne informacije nakon implantacije (Yuksel, 2017).

S obzirom na to da istraživanja pokazuju kako kod korisnika kohlearnih implantata dolazi do promjene visine glasa kada se uspostavi

slušna povratna informacija o glasu, Abbs i sur. (2018) željeli su ispitati primjenjivost rezultata na stvarnu vokalnu produkciju. Mjerili su vokalnu kontrolu 10 korisnika kohlearnog implantata u dva zadatka: proizvodnji dugotrajnih vokala i pjevanju. Rezultati su pokazali da je vokalna kontrola, mjerena varijabilnošću fundamentalne frekvencije, značajno korelirala pri proizvodnji dugotrajnih vokala i pri pjevanju, iako je varijabilnost bila značajno veća pri pjevanju. Ovi rezultati sugeriraju da je, unatoč umjetnoj prirodi proizvodnje dugotrajnih vokala, vokalna kontrola u takvim zadacima povezana s vokalnom kontrolom za ekološki valjanije zadatke.

Tehnološka intervencija u rehabilitaciji oštećenja sluha u odrasloj dobi uključuje i korištenje klasičnih slušnih pomagala. Hengen i sur. (2018), istražujući utjecaj oštećenja sluha i korištenja klasičnih slušnih pomagala na fonaciju i samopercipiranu kvalitetu glasa kod starijih odraslih osoba, nisu utvrdili značajne razlike u akustičkim parametrima između skupina. Međutim, obje skupine s oštećenjem sluha (koji koriste i ne koriste slušna pomagala) pokazale su značajno veće rezultate na Indeksu vokalnih teškoća (VHI - Voice Handicap Index) u usporedbi s kontrolnom skupinom. Nadalje, rezultati pokazuju da percepcija vlastitoga glasa, kao iskrivljenog, ima snažnu negativnu povezanost s općim zadovoljstvom zvukom vlastitoga glasa. Ovi rezultati ukazuju na kompleksnu interakciju između oštećenja sluha, korištenja slušnih pomagala i problema s glasom kod starijih odraslih osoba. Bolje razumijevanje ovih odnosa može pridonijeti poboljšanoj skrbi o glasu i sluhu kod ove populacije. Estacio i sur. (2020), analizirali su i usporedili parametre glasa osoba s prelingvalnim i postlingvalnim oštećenjem sluha korisnika kohlearnih implantata i klasičnih slušnih pomagala, te ispitali utjecaj ove tehnologije na auditivnu povratnu informaciju i kvalitetu glasa. Obje skupine imale su slične rezultate u promatranim parametrima glasa, a jedina značajna razlika primijećena je u frekvenciji prva tri formanta nekih samoglasnika i napetosti glasa. S obzirom na sličnost u parametrima glasa u obje skupine, ovim istraživanjem nije bilo moguće zaključiti utjecaj različitih vrsta slušnih pomagala na akustičke i perceptivne parametre glasa.

Medved i sur. (2021) - radeći pregled dosadašnjih istraživanja o perceptivnim i akustičkim karakteristikama glasa odraslih osoba korisnika kohlearnih implantata - zaključuju da su normativni podaci relativno konzistentni samo za fundamentalnu frekvenciju. Autori naglašavaju postojanje heterogenosti među istraživanjima, odnosno varijabilnosti u dizajnu istraživanja, veličinama uzorka, dobnoj raznolikosti sudionika i analiziranim uzorcima glasa, stoga je potrebna oprezna interpretacija zaključaka, a dalja istraživanja trebala bi primijeniti standardizirane metodologije.

Važnost glasovne terapije u procesu rehabilitacije osoba s oštećenjem sluha

Primarne poteškoće djece i odraslih s oštećenjem sluha povezane su sa slušnim sposobnostima i razvojem jezika, koji su stoga u fokusu rehabilitacijskog procesa. Međutim, rezultati istraživanja kvalitete glasa osoba s oštećenjem sluha pokazuju da - unatoč sofisticiranosti tehnologije kohlearnih implantata i slušnih pomagala koji dovode do poboljšanja akustičkih i perceptivnih karakteristika glasa - oni i dalje ne postižu vrijednosti glasovnih parametara u skladu s osobama urednog sluha. Coelho i sur. (2015a), stoga naglašavaju da bi se vokalna terapija trebala provoditi zajedno s rehabilitacijom slušanja i razvojem jezika od samog početka kako bi osobe s oštećenjem sluha postigle razumljivu, ugodnu i društveno prihvatljivu komunikaciju, održavajući ispravnu funkciju disanja, fonacije, artikulacije i rezonancije. Iako je napravljeno tek nekoliko istraživanja o učincima glasovne terapije na kvalitetu glasa osoba s oštećenjem sluha, ona podržavaju ovu tvrdnju. Istraživanje Tejeda-Franco i sur. (2020), koje je obuhvatilo djecu s bilateralnim oštećenjem sluha u dobi od 2 do 5 godina, pokazalo je da auditivno-verbalna terapija uz redovito korištenje slušnih pomagala pomaže u poboljšanju glasovnih parametara. Ubrig i suradnici (2018), ispitivali su promjene u perceptivnim i akustičkim parametrima glasa kod prelingvalno gluhih odraslih osoba s kohlearnim implantatom nakon vokalne rehabilitacije. Odrasle osobe s kohlearnim implantatom koje su bile uključene u vokalnu terapiju pokazale su promjene u auditivno-

perceptivnim parametrima glasa, odnosno smanjenje općeg dojma poremećaja glasa, njegove nestabilnosti i stupnja rezonancije nakon vokalne intervencije. Ovakvi rezultati sugeriraju da samo obnavljanje slušne povratne informacije nakon ugradnje kohlearnog implanta nije dovoljno za poboljšanje kvalitete glasa, već je potrebna ciljana i specifična terapija glasa.

Coelho i sur. (2015a), prikazali su strukturirani program terapije glasa za osobe s oštećenjem sluha i njegov utjecaj na glasovne parametre. Program se sastojao od 16 terapijskih tretmana, provedenih dva puta tjedno u trajanju od 1 sata. U prvom dijelu terapije sudionici su izvodili specifične vokalne vježbe (zagrijavanje glasa, rezonantnu terapiju, vizualno/proprioceptivno praćenje), a u drugom dijelu su korištene računalne igre koje pružaju vizualne povratne informacije za praćenje frekvencije i intenziteta tijekom govornih zadataka. Nakon terapije došlo je do značajnog smanjenja tvrde atake glasa, grubosti i nazalnosti, te poboljšanja akustičkih parametara (F0, jitter, shimmer, HNR), mjerenih pomoću programa MDVP. Autori smatraju da je primjenom različitih tehnika i vježbi moguće modificirati glas osoba s oštećenjem sluha djelujući na mišićnu aktivnost vokalnog trakta, te poboljšanjem odnosa tri podsustava glasovne produkcije - disanja, fonacije i rezonancije. Odabir glasovnih vježbi temelji se na nalazima glasovne procjene i snimki grkljana. Neke od vježbi koje se predlažu za osobe s oštećenjem sluha su manualna laringealna masaža i vježbe zijevanja i žvakanja - za smanjenje F0, te napetosti, grubosti i zadihanosti u glasu, računalnih programa za vizualno praćenje govora - za kontrolu varijacija intenziteta i visine glasa, vizualnog praćenja protoka zraka kroz nos pomoću ogledala i vježbi povezanih s vibracijskim senzacijama u nosnim i facijalnim kostima - za smanjenje nazalnosti. Prilagođavanje konvencionalnih terapija glasa ne bi trebalo biti isključivo oslonjeno na auditivno praćenje, već je potrebno koristiti i vizualni kanal, taktilne i kinestetičke osjete (Coelho i sur., 2015a). Frosolini i sur. (2023), predlažu kliničku evaluaciju glasa u dobi od 4 do 6 godina i/ili 1-2 godine nakon ugradnje kohlearnog implantata, a u slučaju promjena u glasu, dodatno provođenje evaluacije s endoskopskom vizualizacijom

glasnica (uključujući stroboskopiju, ako je moguće), detaljnu evaluaciju parametara glasa, te po potrebi savjetovanje i provođenje logopedске terapije.

Zaključak

Istraživanja kojima se analizira utjecaj različitih slušnih tehnoloških intervencija na kvalitetu glasa djece i odraslih s oštećenjem sluha, pružaju vrijedne uvide u kompleksnu prirodu rehabilitacije i važnost integriranja glasovne terapije u proces rehabilitacije.

Kod djece s oštećenjem sluha kohlearni implantati često predstavljaju ključni alat za uspostavljanje slušne povratne informacije, što pridonosi poboljšanju kontrole glasa. Istraživanja pokazuju da se nakon implantacije bilježi poboljšanje akustičkih parametara glasa, poput fundamentalne frekvencije, jittera i shimmera. Međutim, njihove vrijednosti često ostaju iznad normi za čujuću djecu. To sugerira da, iako kohlearni implantati pomažu u poboljšanju kvalitete glasa, dodatne intervencije, poput glasovne terapije, često su potrebne za bolju kontrolu glasa. Osim toga, istraživanja sugeriraju da je vrijeme implantacije važan čimbenik, tako djeca implantirana prije četvrtе godine često pokazuju brže poboljšanje u akustičkim parametrima glasa od djece implantirane nakon te dobi. Ovo naglašava važnost ranog otkrivanja i intervencije kod djece s oštećenjem sluha.

Kod odraslih osoba, kohlearni implantati također mogu rezultirati promjenama u akustičkim parametrima glasa. Istraživanja sugeriraju da se nakon implantacije često bilježi smanjenje fundamentalne frekvencije jittera i shimmera. Međutim, i dalje postoji heterogenost u rezultatima istraživanja, što može biti posljedica različitih čimbenika - poput dobi nastanka oštećenja sluha, vrste i težine oštećenja, te razlika u metodologiji istraživanja.

Istraživanja, također, pokazuju da su općenito kohlearni implantati učinkovitiji i brže poboljšavaju kvalitetu glasa od klasičnih slušnih pomagala. Bez obzira na učinkovitost ovih sofisticiranih tehnoloških rješenja u rehabilitaciji oštećenja sluha i posljedično kvaliteti glasa njihovih korisnika, glasovna terapija igra važnu

ulogu u rehabilitaciji i djece i odraslih. Istraživanja pokazuju da glasovna terapija može rezultirati poboljšanjem akustičkih i perceptivnih parametara glasa, kao i općeg dojma o kvaliteti glasa. Integracija glasovne terapije u proces rehabilitacije može biti ključna za postizanje bolje komunikacijske sposobnosti i kvalitete života kod osoba s oštećenjem sluha.

Literatura

- Abbs, E., Aronoff, J. M., Kirchner, A., O'Brien, E. i Harmon, B. (2020). Cochlear Implant Users' Vocal Control Correlates Across Tasks. *Journal of Voice*, 34(3), 490e7-490.e10.
- Allegro, J., Papsin, B. C., Harrison, R. V. i Campisi, P. (2009). Acoustic analysis of voice in cochlear implant recipients with post-meningitic hearing loss. *Cochlear Implants International*.
- An, Y. S., Kim, S. T. i Chung, J. W. (2012). Preoperative voice parameters affect the postoperative speech intelligibility in patients with cochlear implantation. *Clinical and Experimental Otorhinolaryngology*, 5(Suppl 1), S69.
- Baudonck, N., D'haeseleer, E., Dhooge, I. i Van Lierde, K. (2011). Objective vocal quality in children using cochlear implants: a multiparameter approach. *Journal of Voice*, 25(6), 683-691.
- Campisi, P., Low, A., Papsin, B., Mount, R. M. L. T., Cohen-Kerem, R. i Harrison, R. (2005). Acoustic analysis of the voice in pediatric cochlear implant recipients: a longitudinal study. *The Laryngoscope*, 115(6), 1046-1050.
- Campisi, P., Tewfik, T. L., Manoukian, J. J., Schloss, M. D., Pelland-Blais, E. i Sadeghi, N. (2002). Computer-assisted voice analysis: establishing a pediatric database. *Archives of*

- Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 128(2), 156-160.
- Coelho, A. C., Medved, D. M. i Brasolotto, A. G. (2015a). Hearing loss and the voice. *An update on hearing loss*, 103-128.
- Coelho, A. C., Brasolotto, A. G. i Bevilacqua, M. C. (2015b). An initial study of voice characteristics of children using two different sound coding strategies in comparison to normal hearing children. *International journal of audiology*, 54(6), 417-423.
- De Souza, L. B. R., Bevilacqua, M. C., Brasolotto, A. G. i Coelho, A. C. (2012). Cochlear implanted children present vocal parameters within normal standards. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 76(8), 1180-1183.
- Estácio, J. C., Pinheiro, M. M. C. i Ghirardi, A. C. D. A. M. (2020). Acoustic and auditory-perceptual parameters of the voice of hearing device users. *Audiology-Communication Research*, 25, e2345.
- Evans, M. K. i Deliyski, D. D. (2007). Acoustic voice analysis of prelingually deaf adults before and after cochlear implantation. *Journal of voice*, 21(6), 669-682.
- Frosolini, A., Fantin, F., Tundo, I., Pessot, N., Badin, G., Bartolotta, P., ... i de Filippis, C. (2023). Voice parameters in children with cochlear implants: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Voice*.
- Hassan, S. M., Malki, K. H., Mesallam, T. A., Farahat, M., Bukhari, M. i Murry, T. (2012). The effect of cochlear implantation on nasalance of speech in postlingually hearing-impaired adults. *Journal of voice*, 26(5), 669-e17.
- Heðever, M. (2012). Osnove fiziološke i govorne akustike. Zagreb: Edukacijsko rehabilitacijski fakultet
- Hengen, J., Hammarström, I. L. i Stenfelt, S. (2018). Perceived voice quality and voice-related problems among older adults with hearing impairments. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 61(9), 2168-2178.
- Hocevar-Boltezar, I., Radsel, Z., Vatovec, J., Geczy, B., Cernelc, S., Gros, A., ... i Zargi, M. (2006). Change of phonation control after cochlear implantation. *Otology & Neurotology*, 27(4), 499-503.
- Hocevar-Boltežar, I., Vatovec, J., Gros, A. i Zargi, M. (2005). The influence of cochlear implantation on some voice parameters. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 69(12), 1635-1640.
- Holler, T., Campisi, P., Allegro, J., Chadha, N. K., Harrison, R. V., Papsin, B. i Gordon, K. (2010). Abnormal voicing in children using cochlear implants. *Archives of Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 136(1), 17-21.
- Hoppe, U. i Hesse, G. (2017). Hearing aids: indications, technology, adaptation, and quality control. *GMS current topics in otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery*, 16.
- Horga, D. i Liker, M. (2006). Voice and pronunciation of cochlear implant speakers. *Clinical linguistics & phonetics*, 20(2-3), 211-217.
- Jafari, N., Izadi, F., Salehi, A., Dabirmoghaddam, P., Yadegari, F., Ebadi, A. i Moghadam, S. T. (2017). Objective voice analysis of pediatric cochlear implant recipients and comparison with hearing aids users and hearing controls. *Journal of Voice*, 31(4), 505-e11. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.10.018>
- Joy, J. V., Deshpande, S. i Vaid, N. (2017). Period for normalization of voice acoustic parameters in Indian

- pediatric cochlear
implantees. *Journal of Voice*, 31(3),
391-e19.
- Knight, K., Ducasse, S., Coetzee, A., Van der
Linde, J. i Louw, A. (2016). The effect
of age of cochlear implantation on
vocal characteristics in
children. *South African Journal of
Communication Disorders*, 63(1), 1-6.
- Kral, A. i Lenarz, T. (2015). How the brain
learns to listen: deafness and the
bionic ear. *e-Neuroforum*, 6(1), 21-28.
- Lee, G. S., Liu, C. i Lee, S. H. (2013). Effects of
hearing aid amplification on voice F0
variability in speakers with
prelingual hearing loss. *Hearing
research*, 302, 1-8.
- 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.
- Lenarz, T. (2017). Cochlear implant—state of
the art. *Laryngo-rhino-otologie*, 96(S
01), S123-S151.
- Lopez, H. A. G., Mondain, M., de la Bretèque,
B. A., Serrafiero, P., Trottier, C. i
Barkat-Defradas, M. (2013).
Acoustic, aerodynamic, and
perceptual analyses of the voice of
cochlear-implanted children. *Journal
of Voice*, 27(4), 523-e1.
- Medved, D.M. de S. , Cavalheri, L.M. da R.,
Coelho, A.C., Fernandes, A.C.N., Da
Silva, E.M. i Sampaio, A.L.L. (2020).
Systematic Review of Auditory
Perceptual and Acoustic
Characteristics of the Voice of
Cochlear Implant Adult Users.
Journal of Voice, online ahead of
print.
<https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.02.023>
- Miljković, M., Veselinović, M., Sokolovac, I.,
Dankuc, D., Komazec, Z. i Mumović,
G. (2014). Acoustic analysis of voice
in children with cochlear
implants. *Medicinski
pregled*, 67(supl. 1), 32-37.
- Moein, N., Khoddami, S. M. i Shahbodaghi,
M. R. (2017). A comparison of speech
intonation production and
perception abilities of Farsi speaking
cochlear implanted and normal
hearing children. *International journal
of pediatric otorhinolaryngology*, 101, 1-
6.
- Mora, R., Crippa, B., Cervoni, E.,
Santomauro, V. i Guastini, L. (2012).
Acoustic features of voice in patients
with severe hearing loss. *J
Otolaryngol Head Neck Surg*, 41(1), 8-
13.
- Myszel, K. i Skarżyński, P. H. (2023). Effect of
Cochlear Implantation on Voice
Quality in Patients with Hearing
Impairment. In *Updates on Hearing
Loss and its Rehabilitation*.
IntechOpen.
- Sarwat, A., Baraka, M., Bassiouny, S., Saleh,
M., Sadek, E. i Saber, A. (2003).
Kinesthetic versus auditory cues in
speech monitoring of post-lingual
cochlear implant patients.
In *International Congress Series* (Vol.
1240, pp. 417-421). Elsevier.
- Schenk, B. S., Baumgartner, W. D. i
Hamzavi, J. S. (2003). Changes in
vowel quality after cochlear
implantation. *ORL*, 65(3), 184-188.
- Selleck, M. A. i Sataloff, R. T. (2014). The
impact of the auditory system on
phonation: a review. *Journal of
voice*, 28(6), 688-693.
- Szkiełkowska, A. i Myszel, K. (2021).
Acoustic voice parameters in
hearing-impaired, school-aged
children. Research study
outcomes. *Journal of Clinical
Otorhinolaryngology*, 3(3).
- Tejeda-Franco, C. D., Valadez-Jimenez, V.
M., Hernandez-Lopez, X., Ysunza, P.

- A., Mena-Ramirez, M. E., Garcia-Zalapa, R. A. i Miranda-Duarte, A. (2020). Hearing aid use and auditory verbal therapy improve voice quality of deaf children. *Journal of Voice*, 34(2), 301-e7.
- Ubrig, M. T., Goffi-Gomez, M. V. S., Weber, R., Menezes, M. H. M., Nemr, N. K., Tsuji, D. H. i Tsuji, R. K. (2011). Voice analysis of postlingually deaf adults pre-and postcochlear implantation. *Journal of voice*, 25(6), 692-699.
- Umashankar, A., Dhandayutham, S., Ramamoorthy, S. i Selvaraj, J. L. (2021). Frequency characteristics in children using cochlear implant: a comparison with normal hearing peers. *The Journal of International Advanced Otology*, 17(5), 393.
- Upadhyay, M., Datta, R., Nilakantan, A., Goyal, S., Gupta, A., Gupta, S. i Sahoo, L. (2019). Voice quality in cochlear implant recipients: an observational cross sectional study. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, 71(Suppl 2), 1626-1632.
- Van Lierde, K. M., Vinck, B. M., Baudonck, N., De Vel, E. i Dhooge, I. (2005). Comparison of the overall intelligibility, articulation, resonance, and voice characteristics between children using cochlear implants and those using bilateral hearing aids: a pilot study: comparación de la inteligibilidad global, la articulación, la resonancia y las características de la voz entre niños con implante coclear y niños con auxiliar auditivo bilateral: un estudio piloto. *International Journal of Audiology*, 44(8), 452-465.
- Wang, Y., Liang, F., Yang, J., Zhang, X., Liu, J. i Zheng, Y. (2017). The acoustic characteristics of the voice in cochlear-implanted children: a longitudinal study. *Journal of Voice*, 31(6), 773-e21.
- Wang, Y., Yang, J., Liang, F., Liu, J., Liang, M., Zhang, X., ... i Zheng, Y. (2021). Acoustic and aerodynamic analyses of the voice of prelingually deaf young men after cochlear implantation. *Journal of Voice*, 35(6), 838-842.
- Yüksel, M. i Gündüz, B. (2019). Long-term average speech spectra of postlingual cochlear implant users. *Journal of Voice*, 33(2), 255-e19.