

# Promjena telemetrijskih podataka umjetne pužnice u razdoblju od godinu dana

---

**Maričević, Marijeta**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2019**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:156081>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-07**



*Repository / Repozitorij:*

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**Marijeta Maričević**

**Promjena telemetrijskih podataka umjetne  
pužnice u razdoblju od godinu dana**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb, 2019.**

Ovaj diplomski rad izrađen je u Klinici za otorinolaringologiju i kirurgiju glave i vrata Kliničkog bolničkog centra „Sestre milosrdnice“, Medicinskog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc.dr.sc. Mihaela Riesa i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2018./2019.

## **Popis oznaka i kratica korištenih u radu**

NRT	prema engl. neural response telemetry, neuralna povratna telemetrija
ECAP	prema engl. electrically evoked compound action potential, evocirani zbirni akcijski potencijal
AGF	prema engl. amplitude growth factor, nagib krivulje prirasta amplitude
dB	decibel
FDA	prema engl. US Agency for the Food and Drug Administration, američka Agencija za hranu i lijekove

## Sadržaj

<b>Sažetak</b> .....	<b>V</b>
<b>Summary</b> .....	<b>VI</b>
<b>1. Uvod</b> .....	<b>1</b>
1.1. Oštećenja sluha .....	1
1.2. Umjetna pužnica .....	2
1.2.1. Dijelovi umjetne pužnice .....	2
1.2.2. Indikacije za implantaciju umjetne pužnice .....	3
1.2.3. Kirurške tehnike .....	4
1.2.3. Postoperativno praćenje pacijenata .....	4
1.3 Telemetrijski podatci .....	5
1.3.1 Povratna neuralna telemetrija slušnog živca i evocirani zbirni akcijski potencijal	5
<b>2. Hipoteza</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Cilj istraživanja</b> .....	<b>7</b>
3.1.1 Opći cilj .....	7
3.1.2 Specifični ciljevi .....	7
<b>4. Ispitanici, materijali i metode</b> .....	<b>8</b>
4.1 Ispitanici .....	8
4.2 Materijali.....	8
4.3 Metode .....	8
<b>5. Rezultati</b> .....	<b>10</b>
5.1 Deskriptivna analiza rezultata .....	10
5.2 Statistička analiza promjena telemetrijskih podataka u godinu dana .....	11
5.2.1 NRT.....	11
5.2.2 AGF.....	12
5.2.3 Impedancija.....	13
5.3 Usporedba stabilnosti objektivnih parametara kroz vrijeme .....	14
<b>6. Rasprava</b> .....	<b>15</b>
6.1 Promjene telemetrijskih podataka .....	15
6.2 Stabilnost objektivnih parametara kroz vrijeme .....	16

<b>4. Zaključak .....</b>	<b>17</b>
<b>5. Zahvale .....</b>	<b>18</b>
<b>6. Literatura .....</b>	<b>19</b>
<b>6.Životopis .....</b>	<b>23</b>

## **Sažetak**

### **Promjena telemetrijskih podataka umjetne pužnice u razdoblju od godinu dana**

Marijeta Maričević

Oštećenja sluha mogu se podijeliti na provodna i senzorneuralna, prelingvalna i postlingvalna te blaga, srednja i teška oštećenja sluha. Kod pacijenata sa senzorneuralnim, teškim oštećenjima radi rehabilitacije sluha i govora moguće je ugraditi umjetnu pužnicu. Umjetna pužnica uređaj je pomoću kojeg se zvuk iz okoline direktno prenosi na slušni živac. Neuralna povratna telemetrija je tehnologija kojom se mjeri odgovor živčanih vlakana na električni podražaj, putem elektroda umjetne pužnice. Ovo istraživanje provedeno je da bi se proučila dinamika promjena telemetrijskih podataka, usporedile se promjene između elektroda i da bi se odredilo koji je od parametara najstabilniji kroz vrijeme. Elektrofiziološki parametri koji su mjereni u ovom istraživanju su ECAP, AGF i impedancija. Promatralo se se promjene na tri elektrode: 5, 11 i 19 koje predstavljaju visokotonsko, srednjetonsko i niskotonsko područje. U studiju je bio uključen 31 pacijent; svi pacijenti su bili mlađi od 18 godina i izmjereni su im telemetrijski podatci intraoperativno i 12 mjeseci kasnije. U sva tri mjerena elektrofiziološka parametra na sve tri elektrode došlo je do pada vrijednosti u godinu dana, ali nije dokazan značajno veći pad ni na jednoj od elektroda. Najstabilnijim parametrom na sve tri elektrode pokazao se ECAP.

Ključne riječi: umjetna pužnica, neuralna povratna telemetrija

## Summary

### Changes in cochlear implant telemetry data in a one-year period

Marijeta Maričević

Hearing impairment can be conductive or sensorineural. It can also be prelingual and postlingual and according to severity mild, moderate or severe. Hearing and speech in patients with sensorineural severe hearing loss can be rehabilitated by means of cochlear implantation. Cochlear implant is a device that transmits environmental sounds to the acoustic nerve. Neural response telemetry is a technology that determines neural response to the electrical stimuli delivered and also recorded by a cochlear implant. This study is conducted to determine dynamic of the telemetry data changes, to compare it among electrodes and to define the most time-stable parameter. This research measures three electrophysiological parameters: ECAP, AGF and impedance. Selected electrodes 5, 11 i 19 are representing apical, middle and basal tonotopic region. The study includes 31 patient; all under 18 years of age. Telemetry data were measured intraoperatively and one year later. All of the electrophysiological parameters declined over a one year period, but measured values showed a statistically significant fall on neither of the electrodes. The most time-stable parameter was ECAP.

Keywords: cochlear implant, neural response telemetry



# 1. Uvod

## 1.1. Oštećenja sluha

Prema lokaciji nastanka, oštećenja sluha mogu se podijeliti na: provodno (oštećenje vanjskog i srednjeg uha) , senzoričko (oštećenje pužnice), neuralno (oštećenje slušnog živca) te centralno (oštećenje na području mozga) (1). Neki od uzroka sensorineuralnog gubitka sluha su genetski poremećaji, infekcije, ototoksičnost, starenje te prekomjerna izloženost buci (2). Ovisno o vremenu nastanka, oštećenje sluha može biti prelingvalno koje podrazumijeva nastanak oštećenja sluha prije razvoja govora te postlingvalno oštećenje koje nastaje nakon već razvijene vještine govora (1). Veoma je važno rano dijagnosticirati prelingvalno oštećenje, te započeti s rehabilitacijom jer se oštećenja sluha nakon osjetljivog perioda ne mogu nadomjestiti (3). Osjetljivi period su prvih par godina života u kojima je mozak najplastičniji, te slušni podražaji iz okoline utječu na sazrijevanje i razvoj slušnog korteksa (4). Brojna istraživanja pokazala su smanjenu kvalitetu života kod ljudi s oštećenim sluhom u usporedbi sa čujućima (5). Dokazana je i povezanost gubitka sluha u odrasloj dobi i razvoja demencije (6). Prag sluha u između 20–40 dB kategorizira se kao blago, 41–70 dB srednje teško, a 71– 90 dB kao teško oštećenje sluha; najčešće su to trajna oštećenja koja se mogu nadomjestiti slušnim aparatima. Prag sluha viši od 90 dB označava gluhoću te se sluh potencijalno može vratiti kohlearnim implantatima (1).

## **1.2. Umjetna pužnica**

Umjetna pužnica je uređaj pomoću kojega zvuk iz okoline zaobilazi receptorske stanice unutarnjeg uha te se prenosi direktno na slušni živac. 1985. godine FDA odobrava uređaj koji od tada postaje standard u rehabilitaciji sluha i govora kod osoba s teškim oštećenjem sluha ili gluhoćom. Danas u svijetu postoje 4 proizvođača umjetnih pužnica: Advanced Bionics Corp, Cochlear Ltd, MED-EL i Neurelec

### **1.2.1. Dijelovi umjetne pužnice**

Umjetna pužnica ima vanjski i unutarnji dio. Vanjski dio čini mikrofoni, izvor energije (baterija), govorni procesor te odašiljač s magnetom. Unutarnji se dio ugrađuje kirurški, iza uha, a sastoji se od prijamnika-stimulatora i elektroda koje se postavljaju u samu pužnicu. Kod nekih modela postoji i jedna povratna elektroda koja omogućava uvid u status unutarnjih elektroda te se postavlja ispod sljepoočnog mišića. Nosači elektroda mogu imati 12-22 elektrode. Mikrofon pretvara akustičke informacije iz okoline u analogni signal koji se digitalizira, obrađuje u govornom procesoru te se kroz intaktnu kožu šalje do unutarnjeg dijela. Električni impulsi pristigli iz vanjskog dijela preko elektroda u pužnici stimuliraju ganglijske stanice u modiolusu, nakon čega se slušnim živcem akcijski potencijali prenose u centralni dio slušnog sustava (7, 8).

### **1.2.2. Indikacije za implantaciju umjetne pužnice**

Umjetna pužnica ugrađuje se pacijentima sa senzoričkim gubitkom sluha, a koji nisu profitirali od uporabe slušnih pomagala. Također ne smije biti zdravstvene kontraindikacije za operaciju te mora biti očuvana kognitivna funkcija zbog rehabilitacije i brige oko uređaja (7). Za liječenje djece bitno je uključiti i educirati roditelje te oformiti multidisciplinarni tim, koji će se sastojati i od profesionalaca uključenih u obrazovanje i rehabilitaciju djeteta (1). Premda su u prošlosti smjernice preporučivale ugradnju umjetne pužnice u osoba s bilateralnim gubitkom sluha, nakon brojnih studija koje su dokazale poboljšanje stanja pacijenta, u praksu je uvedena ugradnja pužnice i kod unilateralnog gubitka sluha (9).

Još uvijek traje rasprava kada je najbolje vrijeme za ugradnju umjetne pužnice kod djece s prelingvalnim oštećenjem sluha. Prerana ugradnja umjetne pužnice može rezultirati gubitkom rezidualnog prirodnog sluha zbog promjena koje dovode do ireverzibilnih oštećenja unutarnjeg uha (10). Međutim, istraživanje koje su proveli Niparko i suradnici dokazalo je poboljšanje u razumijevanju i samoj ekspresiji govora kod djece kojoj je ugrađena umjetna pužnica, te da je poboljšanje veće što se pužnica ranije ugradi (11). Forli u istraživanju dokazuje da su bolji ishodi ugradnje kod djece operirane do godinu dana života, nego djece koja su operirana kasnije (12). Dokazano je i da se ljudima starije životne dobi nakon ugrađene umjetne pužnice značajno poveća kvaliteta života (13). Prednosti bilateralne ugradnje umjetne pužnice nad unilateralnom ugradnjom su uspješnije razlučivanje zvuka u bučnim uvjetima te bolja lokalizacija zvuka (14).

### **1.2.3. Kirurške tehnike**

Cilj ugradnje umjetne pužnice je postavljenje elektroda u pužnicu. Izvodi se u općoj anesteziji. Napravi se rez iza uha te se izbrusi ležište u kosti na mjestu gdje će kasnije biti prijemnik – stimulator. Dvije su kirurške tehnike kojima se prilazi pužnici. Prva započinje kortikalnom mastoidektomijom nakon koje se prikaže kratki krak nakovnja te lateralni polukružni kanal. Stražnja timpanotomija omogućava prikaz stremena, promontorija i okruglog prozora. Tada se izvede kohleostomija nakon koje je moguća insercija elektroda u pužnicu. Drugi pristup je perikanalni u kojem se buši otvor u kosti uz zvukovod sve do srednjeg uha. Nakon što se postave elektrode i učvrste dijelovi uređaja, provodi se elektrofiziološko ispitivanje da bi se ispitala impedancija i telemetrijski odgovori. (7)

### **1.2.3. Postoperativno praćenje pacijenata**

Osobe s ugrađenom umjetnom pužnicom dolaze na preglede na kojima će se pratiti napredak te programirati uređaj. Prvih godinu dana od operacije period je najvećih promjena elektrofizioloških parametara (nakon godinu dana nastupa stabilizacija). Kod pedijatrijskih pacijenata, koji imaju prelingvalno oštećenje sluha često je otežano dobivanje povratne informacije o ishodu operacije te se moraju pognije i duže pratiti (9).

### 1.3 Telemetrijski podatci

Postoperativno programiranje (mapiranje) umjetne pužnice mora se raditi individualno za svakoga pacijenta. Ono uključuje određivanje dinamičkog raspona električne stimulacije za svaku elektrodu. Dinamički raspon je razlika između T-praga (*Threshold*, najniži intenzitet električnog podražaja koji izaziva osjet zvuka) i C-praga (*Comfort*, najviši intenzitet koji još ne izaziva neugodu). Međutim, za određivanje dinamičkog raspona potrebna su mjerenja za koja je preduvjet dobra suradljivost pacijenata, što predstavlja problem kada su pacijenti djeca i ljudi koji su imali malo slušnog iskustva prije operacije. Dodatni parameter koristan u mapiranju je električno pobuđeni zbirni akcijski potencijal slušnog živca (ECAP) (15).

#### 1.3.1 Povratna neuralna telemetrija slušnog živca i evocirani zbirni akcijski potencijal

Sinkronizirana aktivnost živčanih vlakana koja se javi kao odgovor na električni podražaj naziva se evocirani zbirni akcijski potencijal (ECAP) (16). Danas većina umjetnih pužnica pruža mogućnost mjerenja ECAP-a, a proizvođači koriste različite nazive za tu tehniku: *neural response telemetry* (Cochlear Corporation), *neural response imaging* (Advanced Bionics Corporation) i *auditory nerve response telemetry* (MED-EL). (17, 18) NRT tehnologija pomoću jedne od 22 elektrode šalje impuls bifazične struje; ako je dovoljno jaka javit će se odgovor lokalnih ganglijskih živčanih stranica, što će zabilježiti elektroda u neposrednoj blizini te poslati informaciju u govorni procesor koji je međusučeljem

povezan s računalom. (18, 16) Ova metoda služi za provjeru funkcionalnosti implantata, točne pozicioniranosti elektroda te kao pomoć u mapiranju nakon operacije umjetne pužnice (17). Morfološke karakteristike ECAP-a su podjednake u odraslih i u djece. Postoje razni ekstrinzični faktori koji mogu utjecati na izgled ECAP-a: razina stimulacije, smještaj intrakohlearnih elektroda, udaljenost stimulacijskih i testnih elektroda, polaritet stimulusa, prisutnost patoloških promjena uha itd (16). Stabilnost ECAP-a kroz vrijeme bitna je odrednica usklađivanja u postoperativnom periodu (19).

Još jedan od elektrofizioloških parametara je nagib krivulje prirasta amplitude (Amplitude Growth Factor, AGF). Pretpostavlja se da je AGF zajedno s ECAP-om koristan u procjeni funkcije i zdravlja neurona (20). Impedancija označava otpor; ovisi o okolnom tkivu i koristan je pokazatelj statusa površine elektrode (19).

## **2. Hipoteza**

Od mjerenih objektivnih parametara na elektrodama, najveću stabilnost kroz vrijeme pokazuje ECAP.

## **3. Cilj istraživanja**

### **3.1.1 Opći cilj**

Cilj ovoga istraživanja je proučiti promjenu telemetrijskih podataka dvanaest mjeseci nakon implantacije umjetne pužnice.

### **3.1.2 Specifični ciljevi**

- a. odrediti dinamiku promjena telemetrijskih podataka na svakoj od elektroda
- b. odrediti na kojoj je od elektroda došlo do najveće promjene mjerenih parametara
- c. odrediti koji od objektivnih parametara pokazuje najveću stabilnost kroz vrijeme

## **4. Ispitanici, materijali i metode**

### **4.1 Ispitanici**

U studiju je uključen 31 ispitanik. Ispitanici su operirani u Klinici za otorinolaringologiju i kirurgiju glave i vrata KBC Sestre milosrdnice, u periodu od rujna 2002. do listopada 2009. Svim ispitanicima implantirana je umjetna pužnica tvrtke Cochlear. Kriteriji za ulazak u studiju su: dob djece manja od 18 godina, prisutnost ECAP-a na elektrodama 5,11 i 19 intraoperativno i 12 mjeseci nakon operacije te potpuna insercija elektrode u pužnicu. Najmlađe operirano dijete imalo je 15 mjeseci. Medijan dobi je 3,25 godina, a srednja vrijednost dobi 5,8 godina. Devetnaestero djece (61%) operirano je prije dobi od četiri godine.

### **4.2 Materijali**

Za potrebe ove studije korišteni su elektrofiziološki podatci prikupljeni intraoperativno u Klinici za otorinolaringologiju i kirurgiju glave i vrata KBC Sestre milosrdnice i elektrofiziološki podatci prikupljeni 12 mjeseci nakon operacije u Poliklinici SUVAG. Pod elektrofiziološkim podacima podrazumijeva se prag javljanja akcijskog potencijala, nagib krivulje prirasta amplitude i impedancija.

### **4.3 Metode**

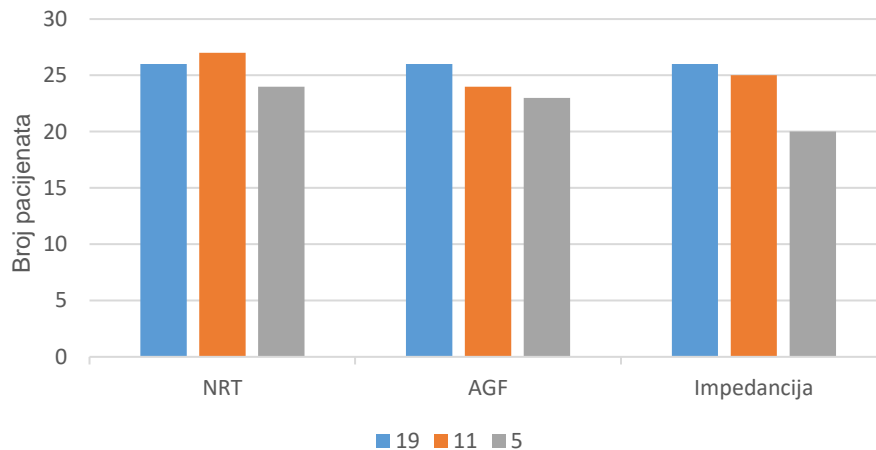
Operacije ugradnje umjetne pužnice izvedene su na Klinici za kirurgiju glave i vrata KBC sestre milosrdnice. Operacija se sastojala od mastoidektomije i stražnje timpanotomije, a pristup pužnici osigurao se kroz kohleostomu iznad ili ispred okruglog prozora ili kroz



okrugli prozor uz brušenje njegovog prednjeg donjeg koštanog ruba. Umjetne pužnice ugrađene pacijentima bile su Cochlear, Nucleus CI 24 R ili RE. Osigurana je potpuna insercija elektrode u pužnicu. Nakon fiksiranja uređaja i elektroda, kirurški tim provodio je intraoperativnu telemetriju. Intraoperativna telemetrija provodi se postavljanjem spojnog kabela i antene na kožni režanj ispod kojega se nalazi ugrađeni uređaj. Elektrode su odabrane u svrhu reprezentativnosti tonotopskih dijelova pužnice. Visokotonsko područje predstavlja 5. elektroda, srednjetonsko područje 11., a niskotonsko područje 19. elektroda. Intraoperativno mjerenje provedeno je uz pomoć prijenosnog računala IBM Lenovo Z61m i međusučelja (interface) Cochlear LTD Programming pod N-530. Korišten je operativni sustav Microsoft Windows XP, SP 3. Programi korišteni pri snimanju su Nucleus NRT Version 3.1 i Nucleus Custom Sound EP 3.2 i Custom sound 3.2. Statistička analiza izvedena je u programu JASP. Testovi koji su korišteni su t-test za zavisne uzorke, složena analiza varijance za zavisne uzorke i Bonferronijev test.

## 5. Rezultati

### 5.1 Deskriptivna analiza rezultata



*Slika 1. Broj pacijenata kod kojih je došlo do smanjenja vrijednosti telemetrijskih podataka po elektrodama; NRT– prag javljanja akcijskog potencijala slušnog živca, AGF–funkcija prirasta amplitude; 19, 11 i 5 označava broj mjerene elektrode*

Kao što i prikazuje slika 1, tijekom 12 mjeseci vrijednost se NRT-a smanjila u 84% ispitanika na elektrodi 19, na elektrodi 11 u 87% i 77% na elektrodi 5. U 84% pacijenata došlo je do pada vrijednosti AGF-a postoperativno na elektrodi 19, 77% na elektrodi 11 i 74% na elektrodi 5. Do pada vrijednosti impedancije došlo je kod 84% na elektrodi 19, 81% na elektrodi 11 i 65% na elektrodi 5.

U ostalih pacijenata došlo je do rasta parametara unutar godine dana.

## 5.2 Statistička analiza promjena telemetrijskih podataka u godinu dana

### 5.2.1 NRT

Tablica 1. prikazuje aritmetičke sredine i standardne devijacije izmjerenih vrijednosti NRT-a .

*Tablica 1. Deskriptivna statistika za NRT.*

<b>Elektroda</b>	<b>Vrijeme</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>N</b>
5	intraoperativno	185.9	27.94	31
	12 mjeseci kasnije	176.6	13.52	31
11	intraoperativno	189.1	27.56	31
	12 mjeseci kasnije	176.7	16.38	31
19	intraoperativno	183.5	19.36	31
	12 mjeseci kasnije	166.9	13.14	31

*Legenda: M-aritmetička sredina, SD-standardna devijacija, N-broj ispitanika*

Složena analiza varijance za zavisna mjerenja pokazala je da postoje glavni efekti točaka mjerenja (vremena). Pacijenti su u periodu od 12 mjeseci postizali statistički značajno niže vrijednosti NRT-a. Ipak, post hoc analize nisu pokazale značajnu razliku s obzirom na poziciju elektrode što se može objasniti ionako nižom razinom značajnosti ( $p=0.031$ ) te strogoćom Bonferronijeve korekcije.

T-test za zavisne uzorke je pokazao da je najveći pad u NRT-u bio na 19. elektrodi ( $p=0,034$ ), pa na 11. elektrodi ( $p=0.003$ ), a najmanji pad u razmaku od godinu dana se dogodio na 5. Elektrodi ( $p < .001$ )

## 5.2.2 AGF

Tablica 2. prikazuje aritmetičke sredine i standardne devijacije izmjerenih vrijednosti AGF-a .

*Tablica 2. Deskriptivna statistika za AGF.*

<b>Elektroda</b>	<b>Vrijeme</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>N</b>
5	intraoperativno	6.286	4.367	31
	12 mjeseci kasnije	5.219	3.990	31
11	intraoperativno	6.488	3.824	31
	12 mjeseci kasnije	5.491	4.681	31
19	intraoperativno	7.677	4.226	31
	12 mjeseci kasnije	5.508	4.118	31

*Legenda: M-aritmetička sredina, SD-standardna devijacija, N-broj ispitanika*

Složena analiza varijance za zavisna mjerenja pokazala je da postoji samo glavni efekt točke mjerenja (vremena). Nakon godinu dana, AGF je bio niži nego u prvoj točki mjerenja.

T-test za zavisne uzorke pokazao je da je jedini statistički značajni pad AGF-a bio na 19. elektrodi ( $p < .001$ ), a na 5. ( $p = 0,197$ ) i 11. ( $p = 0,113$ ) elektrodi nije došlo do statistički značajne razlike između 1. i 2. točke mjerenja.

### 5.2.3 Impedancija

Tablica 3. prikazuje aritmetičke sredine i standardne devijacije izmjerenih vrijednosti impedancije.

*Tablica 3. Deskriptivna statistika za impedanciju.*

<b>Elektroda</b>	<b>Vrijeme</b>	<b>M</b>	<b>SD</b>	<b>N</b>
5	intraoperativno	8.454	3.319	31
	12 mjeseci kasnije	7.114	1.630	31
11	intraoperativno	9.331	3.300	31
	12 mjeseci kasnije	6.135	1.534	31
19	intraoperativno	10.046	3.492	31
	12 mjeseci kasnije	6.721	2.523	31

*Legenda: M-aritmetička sredina, SD-standardna devijacija, N-broj ispitanika*

I za impedanciju je dobiven glavni efekt vremena, a nije dobiven glavni efekt elektrode.

Nakon godinu dana, na sve tri elektrode je došlo do sniženja impedancije.

Najveći pad u impedanciji dogodio se na 19. elektrodi ( $p < .001$ ) pa na 11. elektrodi ( $p < .001$ ), a najmanji pad je bio na 5. elektrodi ( $p = 0,029$ ).

### 5.3 Usporedba stabilnosti objektivnih parametara kroz vrijeme

Tablica 4. prikazuje promjene mjerenih telemetrijskih podataka na pojedinim elektrodama. Na 5. elektrodi je došlo do najveće promjene za AGF, pa za impedanciju, a najmanje za prag javljanja ECAP-a. Na 11. i na 19. elektrodi je došlo do najveće promjene za impedanciju, pa za AGF, a najmanje za prag javljanja ECAP-a.

Tablica 4. Stabilnost promjena telemetrijskih podataka po elektrodama

		5.elektroda	11.elektroda	19.elektroda
ECAP	intraoperativno	185,871	189,129	183,5484
	nakon godinu dana	176,5806	176,7097	166,871
	Razlika i.o. i nakon godinu dana	9,290323	12,41935	16,67742
	Omjer razlike i i.o.	5%	6,57%	9,09%
		5.elektroda	11.elektroda	19.elektroda
AGF	intraoperativno	6,286452	6,487742	7,677419
	nakon godinu dana	5,21871	5,49129	5,508387
	Razlika i.o. i nakon godinu dana	1,067742	0,996452	2,169032
	Omjer razlike i i.o.	16,98%	15,36%	28,25%
		5.elektroda	11.elektroda	19.elektroda
IMP	intraoperativno	8,453871	9,330968	10,04581
	nakon godinu dana	7,113548	6,134516	6,720645
	Razlika i.o. i nakon godinu dana	1,340323	3,196452	3,325161
	Omjer razlike i i.o.	15,85%	34,26%	33,1%

Legenda: plava boja – najveća promjena na elektrodi, crvena boja – najmanja promjena na elektrodi, ECAP– prag javljanja akcijskog potencijala slušnog živca, AGF –funkcija prirasta amplitude, IMP – električni otpor

## 6. Rasprava

### 6.1 Promjene telemetrijskih podataka

Pacijenti su u periodu od 12 mjeseci postizali statistički značajno niže pragove javljanja ECAP-a, stoga se može zaključiti da je prag javljanja akcijskog potencijala pao nakon godinu dana. Ipak, nije dokazana statistički značajna razlika u prosječnim vrijednostima između 5., 11. i 19. elektrode. Najveći pad u NRT-u bio je na 19. elektrodi, pa na 11. elektrodi, a najmanji pad u razmaku od godinu dana se dogodio na 5. elektrodi. Prethodna istraživanja su potvrdila pad vrijednosti telemetrijskih podataka (21,22). Međutim, u drugim istraživanjima nisu dokazali značajnu promjenu praga ECAP-a, što su smatrali korisnim jer je preko stabilnog ECAP-a moguće procijeniti stimulacijske mape (23,24). Spivak i suradnici dokazali su značajnu promjenu ECAP-a tokom vremena. U njihovom istraživanju bazalne elektrode imale su najveće vrijednosti ECAP-a i intraoperativno i postoperativno. Također su dokazali niže vrijednosti ECAP-a za djecu u usporedni s odraslim pacijentima. Elektrode u srednjem tonotopskom području pokazale su najmanju promjenu (25).

U ovome istraživanju, nakon godinu dana nagib krivulje prirasta amplitude je bio niži nego intraoperativno, ali jedini statistički značajan pad za AGF bio je na 19. elektrodi. Prijašnja istraživanja pokazala su najveći pad AGF-a na apikalnim elektrodama (26,27)

Nakon godinu dana, na sve tri elektrode je došlo do sniženja impedancije. Najveći pad u impedanciji dogodio se na 19. elektrodi, pa na 11. elektrodi, a najmanji pad je bio na

5. elektrodi. van Wermeskerken i suradnici dokazali su pad u impedanciji nakon uključanja procesora (najveći pad je zabilježen na apikalnoj elektrodi), objasnivši to nastajanjem hidridnog sloja na površini elektrode koja povećava površinu elektrode, a posljedično smanjuje otpor (28). Busby i Tykocinski pretpostavili su da fibrozno tkivo koje okružuje elektrodu postoperativno može promijeniti tok struje ili poziciju elektrode naspram živca (29,30). Molisz i suradnici prikazali su pad impedancije u prvih 6 mjeseci poslije operacije, nakon toga dolazi do stabiliziranja vrijednosti impedancija (31).

## **6.2 Stabilnost objektivnih parametara kroz vrijeme**

Pragovi javljanja ECAP-a pokazali su se kao najstabilniji i najmanje podložni promjenama od tri mjerena elektrofiziološka parametra. Na 5. elektrodi najnestabilniji je bio AGF, dok je najpodložnija promjenama na elektrodama 11 i 19 bila impedancija. ECAP se zbog svoje slabe podložnosti promjenama kroz vrijeme koristi kao pomoć u mapiranju i postoperativnom programiranju umjetne pužnice. AGF i impedacija korisni su kao dodatni, ali ne i odlučujući parametri u tom procesu. Još je otvoren prostor istraživanju povezanosti objektivnih i subjektivnih parametara (T i C prag), kao i utjecaja intraoperativno postavljenih objektivnih parametara s postoperativnom suradnjom pacijenata i liječnika.



## 4. Zaključak

Hipoteza je potvrđena, od objektivnih parametara najmanju promjenu kroz vrijeme pokazao je ECAP.

Na svim elektrodama vrijednosti ECAP-a, AGF-a i impedancije padale su kroz godinu dana.

Nije dokazana statistički značajno veća promjena vrijednosti ECAP-a, AGF-a ni na jednoj od elektroda.

## **5. Zahvale**

Zahvaljujem se mentoru doc.dr.sc. Mihaelu Riesu na pomoći, pristupačnosti i ljubaznosti.

Zahvaljujem se svojim prijateljima, Marinu i obitelji bez čije bi podrške, ohrabrenja i savjetovanja ovo fakultetsko putovanje bilo neizmjereno teže.

## 6. Literatura

1. Kral A, O'Donoghue GM. Profound deafness in childhood. *N Engl J Med*. 2010 Oct 07;363(15):1438–1450.
2. Brand Y; Senn P; Kompis M; Dillier N; Allum J. Cochlear implantation in children and adults in Switzerland. *Swiss Medical Weekly*, 2014 144:w13909.
3. Kral A. Neuroscience forefront review auditory critical periods: a review from system's perspective I. *Neuroscience* [Internet]. 2013;247:117–33.
4. Kral A, Sharma A. Developmental neuroplasticity after cochlear implantation. *Trends Neurosci* [Internet]. 2012;35(2):111–22.
5. Roland L, Fischer C, Tran K, Rachakonda T, Kallogjeri D, Lieu J. Quality of Life in Children with Hearing Impairment: Systematic Review and Meta-analysis. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2016 Aug; 155(2): 208–219.
6. Zonderman AB, Ferrucci L. *NIH Public Access*. 2012;68(2):214–20.
7. Lalwani AK, Sataloff RT, ur. *Sataloff's Comprehensive Textbook of Otolaryngology: Head & Neck Surgery: Otology/Neurotology/Skull Base Surgery*. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2016.
8. Roche JP. On the Horizon Cochlear Implant Technology. *Otolaryngol Clin North Am*. 2015 Dec;48(6):1097-116.
9. Messersmith JJ. Cochlear Implantation for Children and Adults with Severe-to-Profound Hearing Loss. *Semin Hear*. 2018;1(212):390–404.
10. Russell JL. Pediatric Cochlear Implantation Expanding Applications and Outcomes. *Pediatr Clin NA* [Internet]. 2013;60(4):841–63.

11. Tobey EA, Thal DJ, Eisenberg LS, Wang N, Quittner AL, Fink NE. Spoken Language Development in Children Following Cochlear Implantation. 2015;303(15).
12. Forli F, Arslan E, Bellelli S i sur. Systematic review of the literature on the clinical effectiveness of the cochlear implant procedure in paediatric patients. Acta Otorhinolaryngol Ital 201;31(5):281-98.
13. Clark JH, Yeagle J, Arbaje AI, Lin FR, Niparko JK, Francis HW. Cochlear Implant Rehabilitation in Older Adults : Literature Review and Proposal of a Conceptual Framework. J Am Geriatr Soc. 2012 Oct;60(10):1936-45
14. Berrettini S. Systematic review of the literature on the clinical effectiveness of the cochlear implant procedure in adult patients. Acta Otorhinolaryngol Ital. 2011 Oct;31(5):299-310
15. Thai-van H, Truy E, Charasse B, Boutitie F, Chanal J, Cochard N, et al. Modeling the relationship between psychophysical perception and electrically evoked compound action potential threshold in young cochlear implant recipients : clinical implications for implant fitting. Clin Neurophysiol. 2004 Dec;115(12):2811-24.
16. He S, Teagle HFB, Buchman CA. The Electrically Evoked Compound Action Potential : From Laboratory to Clinic. 2017 Jun;11:1–20.
17. Botros A, Psarros C. Neural Response Telemetry Reconsidered : I . The Relevance of ECAP Threshold Profiles and Scaled Profiles to Cochlear Implant Fitting. Ear Hear. 2010 Jun;31(3):367-79
18. Mens LHM. Trends in Amplification Advances in Cochlear Implant Telemetry : Evoked Neural Responses , Electrical Field Imaging , and Technical Integrity. Trends Amplif. 2007 Sep;11(3):143-59.

19. Paper O. Postimplantation Changes of Electrophysiological Parameters in Patients with Cochlear Implants. *Audiology and Neurotology*, May 2015, 20(4):222-228
20. Schwartz-Leyzac KC, Bryan EP. Across-site patterns of electrically evoked compound action potential amplitude-growth functions in multichannel cochlear implant recipients and the effects of the interphase gap. 2016;341:50–65.
21. Hughes M, Vander Werff K, Brown C, Abbas P, Kelsay D, Teagle H, A longitudinal study of electrode impedance the electrically evoked compound action potential, and behavioral measures in Nucleus 24 cochlear implant users, *Ear Hear* 2001. 22:471–486.
22. Gordon K, Papsin B, Harrison R, Toward a battery of behavioral and objective measures to achieve optimal cochlear implant stimulation levels in children, *Ear Hear* 2004. 25:447–463.
23. Thai Van H, Chanal JM, Coudert C, Veuillet E, Truy E, Collet L, Relationship between NRT measurement and behavioral levels in children with the Nucleus cochlear implant may change over time: preliminary report, *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol* 2001. 58:153–162.
24. Tanamati LF, Bevilacqua MC, Costa OA, Longitudinal study of the ecap measured in children with cochlear implants, *Braz. J. Otorhinolaryngol* 2009. 75(1): 90–96.
25. Spivak L, Auerbach C, Vambutas A, Geshkovich S, Wexler L, Popecki B, Electrical compound action potentials recorded with automated neural response telemetry: threshold changes as a function of time and electrode position, *Ear Hear*. 2010, 32:104–113.

26. Polak M, Hodges AV, King JE, Balkany TJ. Further prospective findings with compound action potentials from Nucleus 24 cochlear implants. *Hear Res.* 2004,188 (1-2), 104-116
27. Brill S, Muller J, Hagen R, Moltner A, Brockmeier SJ, Stark, T., et al. Site of cochlear stimulation and its effect on electrically evoked compound action potentials using the MED-EL standard electrode array. *Biomed. Eng.* 2009 Online 8, 40.
28. Van Wermeskerken GKA, van Olphen A, Smoorenburg GF. Intra- and postoperative electrode impedance of the straight and Contour arrays of the Nucleus 24 cochlear implant: Relation to T and C levels. *International Journal of Audiology* 2006, 45(9), 537–544.
29. Busby P, Plant K, Whitford L, Electrode impedance in adults and children using the nucleus 24 cochlear implant system, *Cochlear Implants Int.* 2002, 3:87–103.
30. Tykocinski M, Cohen LT, Cowan R, Measurement and analysis of access resistance and polarization impedance in cochlear implant recipients, *Otol. Neurotol.* 2005, 26:948–956.
31. Molisz A, Zarowski A, Vermeiren A, Theunen T, De Coninck L, Siebert J, Offeciers EF. Postimplantation Changes of Electrophysiological Parameters in Patients with Cochlear Implants. *Audiology and Neurotology* 2015, 20(4), 222–228.

## 6. Životopis

Rođena sam 1995. godine u Novoj Gradiški. Pohađala sam Osnovnu školu Antuna Mihanovića u Novoj Kapeli te Gimnaziju Nova Gradiška.

Srednjoškolsko obrazovanje završavam 2013. godine i odmah upisujem Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studiranja demonstriram na kolegiju Histologija i embriologija u akademskoj godini 2015./2016.

Aktivno se služim engleskim jezikom te pasivno njemačkim i francuskim jezikom. Završila sam osnovnu glazbenu školu za klavir, a od šeste godine sam aktivni član raznih pjevačkih zborova.